

3 Titrage et équivalence

► Objectif d'un titrage

Titrer une espèce chimique en solution, c'est déterminer sa **quantité de matière** ou sa **concentration** à l'aide d'une réaction chimique.

Pour réaliser le titrage (FIG. 4), on utilise une solution dont la concentration en quantité de matière est connue, c'est la **solution titrante**. La solution dont on cherche la concentration en quantité de matière est la **solution titrée**.

► Équivalence d'un titrage colorimétrique

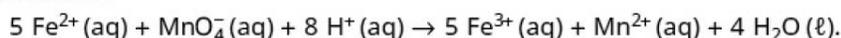
Lors d'un **titrage par colorimétrie**, un **changement de couleur** du milieu réactionnel se produit à l'**équivalence**.

L'équivalence est l'état final du système pour lequel il y a **changement de réactif limitant**. Avant l'équivalence, le réactif titrant est le réactif limitant, après l'équivalence c'est le réactif titré. À l'équivalence, les réactifs ont été introduits en **proportions stœchiométriques**.

L'avancement de la réaction à l'équivalence est noté $x_{\text{éq}}$. Le volume équivalent, noté $V_{\text{éq}}$, est le volume de solution titrante versé à l'équivalence.

EXEMPLE

Le titrage d'un volume V d'une solution de sulfate de fer ($\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$) de concentration inconnue c par une solution de permanganate de potassium acidifiée ($\text{K}^+(\text{aq}) + \text{MnO}_4^-(\text{aq})$) de concentration connue c' a pour support la réaction :



Tous les ions en solution sont incolores sauf les ions permanganate, qui sont violets (FIG. 5). Le tableau d'avancement est le suivant :

sont violets (FIG. 5). Le tableau d'avancement est le suivant :

Équation de la réaction		$5 \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{MnO}_4^-(\text{aq}) + 8 \text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow 5 \text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + \text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 4 \text{H}_2\text{O}(\ell)$					
État du système	Avancement x (en mol)	Quantités de matière présentes dans le système (en mol)					
initial	$x = 0$	$n_i(\text{Fe}^{2+}(\text{aq})) = c \cdot V$	$n_i(\text{MnO}_4^-(\text{aq})) = c' \cdot V'$		0	0	
Si $V' < V_{\text{éq}}$	x	$c \cdot V - 5x$	$c' \cdot V' - x = 0$	excès	$5x$	x	excès
Si $V' = V_{\text{éq}}$	$x = x_{\text{éq}}$	$c \cdot V - 5x_{\text{éq}} = 0$	$c' \cdot V_{\text{éq}} - x_{\text{éq}} = 0$		$5x_{\text{éq}}$	$x_{\text{éq}}$	

À l'équivalence, on a versé à la goutte près la quantité nécessaire pour consommer entièrement tous les ions fer $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$. Étant donné que les ions permanganate $\text{MnO}_4^-(\text{aq})$ ne réagissent plus avec les ions fer $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$, qui ont été entièrement consommés, le mélange change de couleur : il passe de l'incolore au violet. On peut donc écrire :

$$x_{\text{éq}} = n_i(\text{MnO}_4^-(\text{aq})) = \frac{n_i \text{Fe}^{2+}(\text{aq})}{5} \text{ ou } c' \cdot V_{\text{éq}} = \frac{c \cdot V}{5}.$$

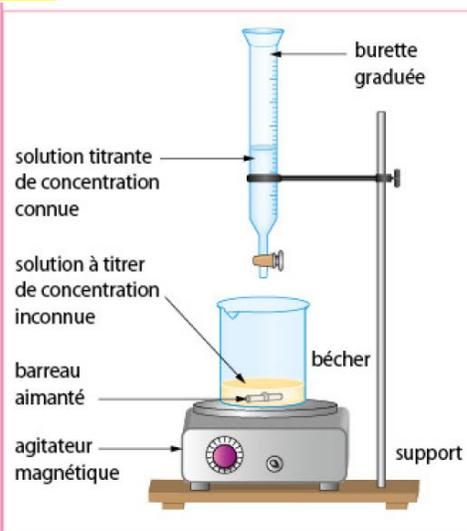


FIG. 4 Montage utilisé lors d'un titrage.

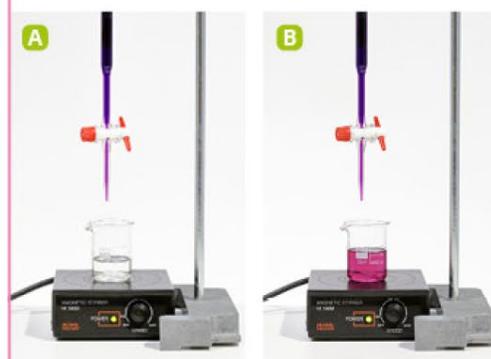
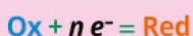


FIG. 5 La solution de sulfate de fer à titrer :
A avant l'équivalence ;
B après l'équivalence.

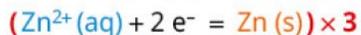
1 Réactions d'oxydoréduction

- Un **oxydant** est une espèce chimique susceptible de capter un ou plusieurs électrons.
- Un **réducteur** est une espèce chimique susceptible de céder un ou plusieurs électrons.
- Une **demi-équation électronique** d'oxydoréduction relie l'oxydant (Ox) et le réducteur (Red) d'un **couple oxydant/réducteur** (noté Ox/Red) :



nombre d'électrons échangés

- Une **réaction d'oxydoréduction** est un transfert d'électrons entre l'oxydant et le réducteur de deux couples oxydant/réducteur différents.
- L'**équation de la réaction d'oxydoréduction** est obtenue en combinant les demi-équations électroniques des couples en jeu, de façon à égaliser les électrons cédés et captés.

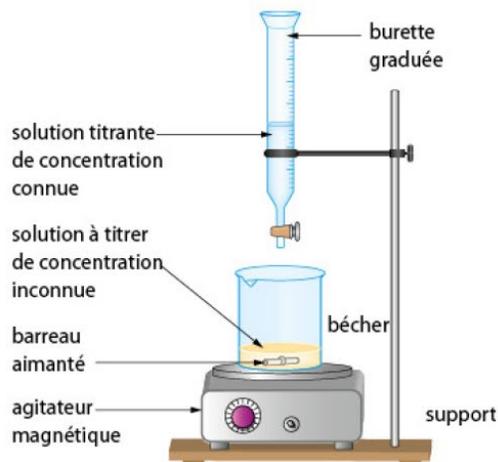


2 Étude de l'évolution d'un système chimique

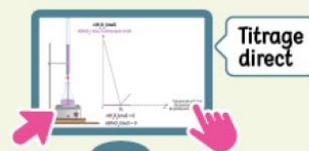
- L'évolution du système est caractérisée par l'**avancement x** de la réaction, qui s'exprime en **mole**.
- Une **transformation totale** s'arrête quand un des réactifs est entièrement consommé. On dit qu'il est le **réactif limitant**.
- Si les réactifs ne sont pas entièrement consommés, on parle de **transformation non totale**. Dans ce cas, on mettra une double flèche \rightleftharpoons dans l'équation de la réaction.
- Le **mélange** des réactifs à l'état initial est dit **stœchiométrique** lorsqu'à la fin de la transformation tous les réactifs ont été consommés.
- Un **tableau d'avancement** permet de suivre l'évolution de la quantité de matière de chaque espèce au cours d'une transformation chimique.

3 Titrage et équivalence

- Titrer** une espèce chimique en solution consiste à déterminer sa quantité de matière ou sa concentration en utilisant une réaction chimique.
- Le dispositif utilisé pour le titrage est :

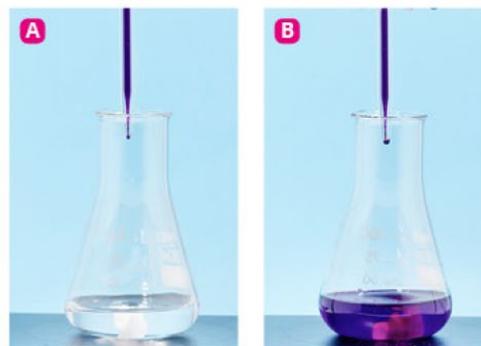


POUR VISUALISER



Voici une vidéo qui présente le titrage de l'eau oxygénée par les ions permanganate.

- L'**équivalence** d'un titrage est l'état final du système pour lequel les réactifs ont été introduits en proportions stœchiométriques.
- Lors d'un **titrage colorimétrique**, on repère l'équivalence par un changement de couleur du milieu réactionnel.



Titrage d'eau oxygénée par une solution violette de permanganate de potassium

- A** Avant l'équivalence
- B** Après l'équivalence