

Fiche

Les équations des réactions permettent de modéliser une transformation chimique, et ainsi de prévoir la composition finale du système. Elles permettent également de déterminer une quantité de matière initiale en connaissant la composition finale du système. Ainsi on pourra effectuer des titrages dans le domaine de la santé (pour effectuer des analyses sanguines, établir un diagnostic) et de l'environnement (pour quantifier un polluant), ainsi que pour le contrôle qualité des produits d'usage courant (aliments, boissons, produits ménagers ou pharmaceutiques), afin de garantir au consommateur un produit conforme.

I. Qu'est-ce qu'un dosage ? Un titrage ?

• Définition :

- Lorsque l'on cherche à déterminer la concentration ou la quantité de matière d'une espèce en solution, on réalise **un dosage**.
- La technique utilisée pour déterminer la concentration ou la quantité de matière d'une espèce en solution est **le titrage**.

• Lors du titrage, un volume précis (prise d'essai) de la **solution titrée** (espèce à doser) est placé dans un bécher, puis on ajoute progressivement la **solution titrante** de **concentration connue** placée dans la burette. La réaction chimique se produisant entre les espèces titrante et titrée est appelée réaction support du titrage.

• **Exemple** : Lors d'un dosage par titrage colorimétrique, la réaction de titrage se caractérise par un changement de couleur.

 [Exercice n°1](#)

II. Quelle est la réaction support ?

• La **réaction support** est la réaction chimique qui se produit entre l'espèce titrée et l'espèce titrante.

• La réaction chimique utilisée est choisie de telle sorte que :

- la réaction soit **totale** : le réactif limitant doit être entièrement consommé ;
- la réaction soit **rapide** ;
- la réaction soit **unique** : les réactifs ne doivent pas intervenir dans une autre réaction.

• L'espèce dont on veut déterminer la concentration ou la quantité de matière intervient dans la réaction chimique.

 [Exercice n°2](#)

III. Qu'est-ce que l'équivalence ?

• **Définition** : l'**équivalence** d'un titrage correspond à l'état final du système chimique pour lequel les réactifs (espèces titrée et titrante) ont été introduits en **proportions stœchiométriques** et sont donc entièrement consommés. Le volume total de solution titrante versée pour atteindre l'équivalence est appelé **volume équivalent** V_E .

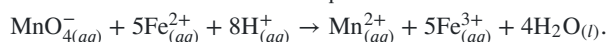
• Si l'une des espèces intervenant dans la réaction support du titrage est colorée, l'équivalence peut être visualisée par disparition d'une coloration ou apparition d'une coloration persistante : on parle de **dosage colorimétrique**. Si toutes les espèces sont incolores, il est possible de repérer l'équivalence à l'aide d'un **indicateur coloré**.

 [Exercice n°3](#)

IV. Quelle est l'évolution du système lors d'un dosage par titrage colorimétrique ?

Quelle est l'évolution de la couleur du système ?

• On ajoute progressivement une solution d'ions permanganate (solution titrante) à une solution d'ions fer (II) (solution titrée) en milieu acide. Le volume initialement prélevé de solution d'ions fer (II) est noté : $V_{sol, Fe^{2+}}$. La réaction a pour équation-bilan :



• On suit l'évolution de la couleur de la solution, au fur et à mesure de l'ajout d'ions permanganate :

Avant l'équivalence	À l'équivalence	Après l'équivalence
La solution passe progressivement du vert très pâle (la couleur des ions Fe^{2+}) au jaune (la couleur	La solution est jaune	La solution prend une teinte violette persistante (la

des ions Fe^{3+} . Les ions fer (II) Fe^{2+} sont en excès par rapport aux ions permanganate (MnO_4^-). Les ions permanganate sont le réactif limitant.	pâle. Il n'y a plus d'ions fer (II) ni d'ions permanganate.	couleur des ions permanganate, les ions manganèse Mn^{2+} étant incolores). Les ions permanganate sont en excès et les ions fer (II) sont le réactif limitant.
---	--	--

- Par conséquent, avant l'équivalence le réactif limitant est l'espèce titrante et après l'équivalence il y a **changement de réactif limitant** puisque ce sera l'espèce titrée.
- L'équivalence est atteinte lorsque la goutte versée de permanganate modifie la couleur de la solution. De manière générale, lors des dosages par titrage colorimétrique, on pourra déterminer l'équivalence :
 - par la disparition de la couleur initiale de l'espèce titrée due à sa consommation totale ;
 - par l'apparition d'une coloration due à la présence de l'espèce titrante dans la solution.
- On lira directement sur la burette graduée le volume versé de solution titrante. Dans la suite, il sera noté : V_{eq} .

Quelle est l'évolution de la composition du système ?

- La transformation chimique a pour équation : $\text{MnO}_4^-(\text{aq}) + 5\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 8\text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 5\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l})$.
Les ions hydrogène sont en excès et l'eau est le solvant : les ions hydrogène et l'eau n'influencent pas la composition du système final. La réaction est totale.
- Le tableau d'avancement est :

Toutes les quantités en mol	Avancement	$\text{MnO}_4^-(\text{aq}) + 5\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 8\text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 5\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l})$					
État initial	$x = 0,0$	$n_{\text{verse}}(\text{MnO}_4^-)$	$n_0(\text{Fe}^{2+})$	Excès	0,0	0,0	Solvant
En cours de transformation	x	$n_{\text{verse}}(\text{MnO}_4^-) - x$	$n_0(\text{Fe}^{2+}) - 5x$	Excès	x	$5x$	Solvant

- Avant l'équivalence, les ions permanganate constituent le réactif limitant $x_{\text{max}} = n_{\text{verse}}(\text{MnO}_4^-)$.
- À l'équivalence, les ions fer (II) et permanganate sont dans les proportions stœchiométriques :
 $x_{\text{equiv}} = n_{\text{verse}}(\text{MnO}_4^-) = \frac{n_0(\text{Fe}^{2+})}{5}$.
- Après l'équivalence, les ions fer (II) constituent le réactif limitant $x_{\text{max}} = \frac{n_0(\text{Fe}^{2+})}{5}$.
- Par conséquent, l'équivalence est obtenue pour le volume versé de solution titrante pour lequel **les réactifs sont en proportions stœchiométriques**.

Exercice n°4

Quelle relation a-t-on à l'équivalence ?

- La concentration des ions permanganate est connue avec précision : c'est le réactif titrant. Elle sera notée $[\text{MnO}_4^-]$. La réaction chimique précédente permet de déterminer la quantité de matière, inconnue, des ions fer (II). L'équivalence est repérée par la persistance de la teinte violette à la goutte près. La **lecture directe** du volume versé de permanganate se fait sur les graduations de la burette. Ce **volume à l'équivalence** est V_{eq} .
- On sait qu'à l'équivalence, les ions fer (II) et permanganate sont dans les proportions stœchiométriques :
 $n_{\text{verse}}(\text{MnO}_4^-) = \frac{n_0(\text{Fe}^{2+})}{5}$
soit :
 $n_0(\text{Fe}^{2+}) = 5 \cdot n_{\text{verse}}(\text{MnO}_4^-)$.
Comme la quantité de matière d'ions permanganate versés à l'équivalence est :
 $n_{\text{versé}}(\text{MnO}_4^-) = [\text{MnO}_4^-] \times V_{\text{eq}}$,
à l'équivalence, on a :
 $n_0(\text{Fe}^{2+}) = 5 \cdot [\text{MnO}_4^-] \times V_{\text{eq}}$.
On peut également chercher la concentration de la solution d'ions fer (II). Comme le volume initialement prélevé de solution d'ions fer (II) est $V_{\text{sol,Fe}^{2+}}$, on aura :
 $n_0(\text{Fe}^{2+}) = [\text{Fe}^{2+}] \times V_{\text{sol,Fe}^{2+}}$
soit avec la relation obtenue à l'équivalence :
 $[\text{Fe}^{2+}] \times V_{\text{sol,Fe}^{2+}} = 5 \cdot [\text{MnO}_4^-] \times V_{\text{eq}}$.

On isole à présent la concentration en ions fer (II) :

$$[\text{Fe}^{2+}] = \frac{5 \cdot [\text{MnO}_4^-] \times V_{\text{eq}}}{V_{\text{sol,Fe}^{2+}}}$$

• Ainsi, le dosage réalisé permet de déterminer la **quantité de matière ou la concentration** en ions fer (II), c'est-à-dire de déterminer la quantité de matière ou la concentration de la **solution titrée**.

Exercice n°5

À savoir et savoir réaliser :

- Savoir définir ce qu'est un titrage avec suivi colorimétrique.
- Savoir déterminer les réactions d'oxydoréduction support du titrage.
- Relier qualitativement l'évolution des quantités de matière de réactifs et de produits à l'état final au volume de solution titrante ajoutée.
- Relier l'équivalence au changement de réactif limitant et à l'introduction des réactifs en proportions stœchiométriques.
- Connaître la définition de l'équivalence.
- Établir la relation entre les quantités de matière de réactifs introduites pour atteindre l'équivalence.
- Expliquer ou prévoir le changement de couleur observé à l'équivalence d'un titrage mettant en jeu une espèce colorée.