

**Cours**

« Suivi et modélisation de l'évolution d'un système chimique »

Les compétences à acquérir...

- À partir de données expérimentales, identifier le transfert d'électrons entre deux réactifs et le modéliser par des demi-équations électroniques et par une réaction d'oxydo-réduction.
- Établir une équation de la réaction entre un oxydant et un réducteur, les couples oxydant-réducteur étant donnés.
- Mettre en œuvre des transformations modélisées par des réactions d'oxydo-réduction. une réaction d'oxydo-réduction : oxydant, réducteur, couple oxydant-réducteur, demi-équation électronique.
- Décrire qualitativement l'évolution des quantités de matière des espèces chimiques lors d'une transformation.
- Établir le tableau d'avancement d'une transformation chimique à partir de l'équation de la réaction et des quantités de matière initiales des espèces chimiques.
- Évolution des quantités de matière lors d'une transformation : État initial, notion d'avancement tableau d'avancement, état final.

**I- Etude d'une famille de transformation chimique : les réactions d'oxydoréduction****1-Etude expérimentale entre l'élément Cuivre et l'élément Fer :****Document 1**

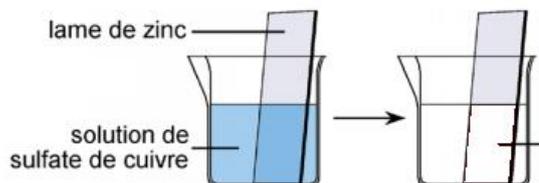
| L'élément cuivre peut se trouver ... | | L'élément fer peut se trouver ... | |
|---|---|--|--|
| sous forme ionique en une solution de sulfate de cuivre $\text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$ | sous forme atomique dans le cas du métal cuivre Cu | sous forme atomique dans le cas du métal fer Fe | sous forme ionique en une solution de sulfate de fer $\text{Fe}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$ |
|  |  |  |  |

Document 2 : 2 tests d'identifications des ions Cu^{2+} et Fe^{2+} L'ajout d'hydroxyde de sodium $\text{Na}^+ + \text{HO}^-$ entraîne, dans une solution

| | |
|---|---|
| de sulfate de cuivre $\text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$, un précipité bleu | de sulfate de fer $\text{Fe}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$, un précipité vert |
|  |  |

Expériences :

- Introduire une lame de fer dans un bécher contenant environ 50 mL de solution de sulfate cuivre. Compléter le schéma après quelques minutes

**Notez vos observations :**

-
-
-
-

Questionnement : Comment interpréter cette transformation chimique ?

- Que sont devenus les ions cuivre Cu^{2+} ?

Comment peuvent-ils se transformer en?

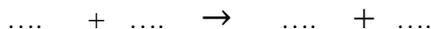
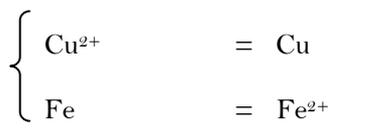
Compléter la « **demi équation** » suivante $\text{Cu}^{2+} = \text{Cu}$

- Quels sont les ions présents, maintenant dans la solution ? Un test dans un tube à essais s'impose !

Comment peuvent-ils se transformer en?

Compléter la « demi équation » suivante $\text{Fe} = \text{Fe}^{2+}$

Conclusion :



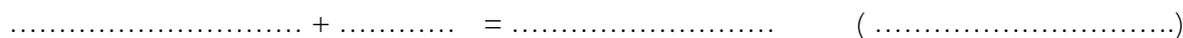
Lors de cette transformation, ont été échangés entre les ions et les atomes de

Cette transformation fait partie des réactions d'oxydoréduction

Remarque : Dans cette équation bilan de la réaction, on a bien un dépôt de cuivre et l'apparition d'ion fer II dans la solution.

2- Couple oxydant/réducteur :

Un oxydant est une espèce chimique susceptible de un ou plusieurs électrons.



Si un oxydant capte des électrons, il se transforme en réducteur : on dit qu'il subit une **réduction**

Dans la réaction précédente, est l'oxydant

Un réducteur est une espèce chimique susceptible de un ou plusieurs un électrons.



Si un **réducteur cède des électrons**, il se transforme en **oxydant** : on dit qu'il subit une **oxydation**

Dans la réaction précédente, est le réducteur.

Un couple oxydant / réducteur noté (Ox / Red) est constitué par un oxydant et un réducteur conjugués qui peuvent échanger des électrons suivant la demi-équation d'oxydoréduction :



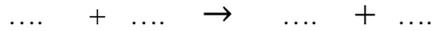
Cette demi-équation est une écriture formelle car elle ne représente pas une transformation chimique réelle.

Dans la réaction précédente, les couples mis enjeu sont / et /

3- Réaction d'oxydoréduction

Une réaction d'oxydoréduction met en jeu un **transfert d'électrons** entre deux couples oxydant /réducteur.

Le **réducteur du couple 1** oxydant /réducteur (**Ox1 / Red 1**) **cède** des électrons à l'oxydant du couple 2 (**Ox2 / Red 2**).



Dans la réaction précédente,

le réducteur du couple / cède électrons à l'oxydant ... au couple /

4- Pour écrire le bilan de la réaction d'oxydoréduction, vous devez :

Pour équilibrer les 2 demi-équations d'oxydoréduction :

- Ecrire les 2 demi-équations d'oxydoréduction en écrivant à gauche les 2 réactifs (un oxydant et un réducteur)
- Vérifier la conservation des éléments autres que O et H en ajoutant des coefficients stoechiométriques
 - Vérifier la conservation de l'élément O grâce à l'ajout éventuel de molécules d'eau H₂O.
 - Vérifier la conservation de l'élément H grâce à l'ajout éventuel de protons H⁺_(aq).
- Assurer la conservation de la charge électrique grâce à l'ajout d'électrons e⁻.

Pour écrire l'équation bilan de la réaction d'oxydoréduction :

- Multiplier les demi-équations d'oxydoréduction pour qu'elles aient le même nombre d'électrons.
- Ajouter membre à membre et simplifier, éventuellement, ce bilan, en supprimant les molécules d'eau et les protons excédentaires.

En aucun cas, des électrons ne doivent apparaître dans le bilan.

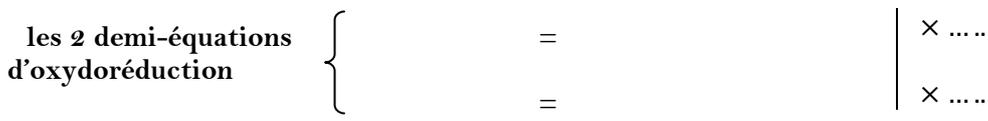
Vérifier que tous les éléments sont équilibrés ainsi que toutes les charges.

Un exemple simple :

La réaction entre les ions argent Ag⁺ en solution et le cuivre à l'état solide Cu met en jeu les couples Ag⁺ /Ag et Cu²⁺/Cu

L'oxydant qui réagit est ici

Le réducteur qui réagit est ici



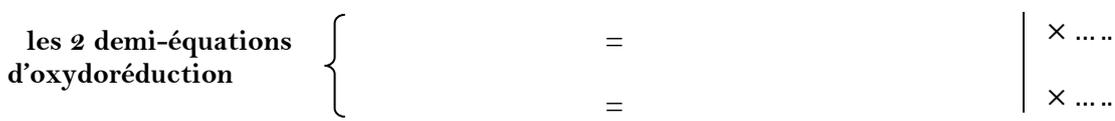
l'équation bilan de la réaction d'oxydoréduction ... + ... → ... + ...

Un exemple plus complexe :

La réaction entre les ions fer II Fe²⁺ en solution et les ions hypochlorite ClO⁻ met en jeu les couples Fe³⁺ / Fe²⁺ et ClO⁻ / Cl₂

L'oxydant qui réagit est ici

Le réducteur qui réagit est ici



l'équation bilan de la réaction d'oxydoréduction →

II- Comment suivre l'évolution d'un système chimique ?

Système chimique :
ensemble d'espèces chimiques susceptibles de réagir entre elles.

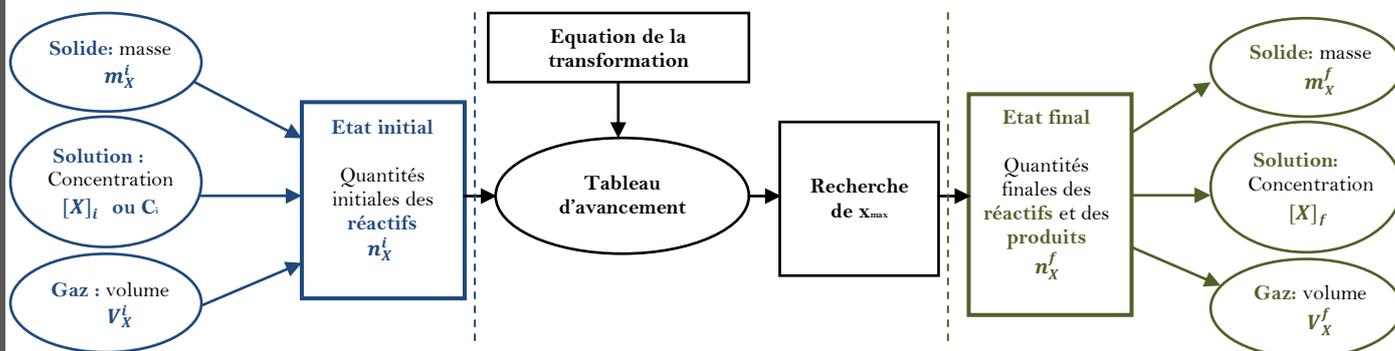
1- Le principe :

Lors d'une transformation chimique, un système chimique évolue entre son état initial et son état final.

L'évolution d'une telle transformation chimique est suivie à l'aide d'un **tableau d'avancement**, où figure la quantité de matière des réactifs et des produits au fur et à mesure de la transformation.

L'évolution du système est caractérisée par l'**avancement x** de la réaction, qui s'exprime en **mole**.

A l'état final, l'avancement final est noté x_f .



2- La méthode :

- A partir des données du texte, les quantités initiales des réactifs sont calculées (les quantités des produits étant nulles)

| réactif solide | réactif en solution | réactif gazeux |
|----------------|---------------------|----------------|
| | | |

- A partir des données du texte, écrire et équilibrer l'équation de la transformation
- Ecrire le tableau d'avancement de la transformation en introduisant

l'avancement de la transformation x

$x = 0$ à l'état initial

x au cours de la transformation

$x = x_f$ à l'état final

$x_f = x_{max}$ si la réaction est

$x_f < x_{max}$ si la réaction
(on ne sait pas faire pour l'instant !)

Remarque : x_f est l'avancement final à la fin de la réaction
 x_{max} est l'avancement maximal à la fin de la réaction

- Recherche de la valeur x_f : Si la réaction est totale alors la réaction s'arrête lorsque, au moins, une quantité d'un réactif est
- Une fois la valeur de $x_f = x_{max}$ connue, il est possible de calculer toutes les quantités des réactifs et des produits à l'état final.
- Pour conclure : les masses, les concentrations ou les volumes des réactifs ou des produits peuvent être calculés

Exemple : Voir

Activité expérimentale 3 « Etude d'une transformation chimique entre le diiode I_2 et les ions thiosulfate $S_2O_3^{2-}$ »

3- Avancement final x_f et avancement maximal x_{max} :

Une transformation totale est une transformation chimique qui s'arrête du fait de la consommation totale d'au moins d'un des ses réactifs n^f (réactif) = ...

- Le réactif responsable de l'arrêt de la réaction est appelé n^f (réactif-.....) = ...
L'autre réactif est appelé si n^f (réactif-.....)
- L'avancement final x_f atteint sa valeur maximale donc $x_f = \dots$

Cas particulier où les quantités des réactifs à l'état final sont n^f (réactifs) = ...

Le mélange réactionnel est un mélange dit

Les réactifs ont été

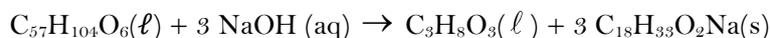
Une transformation non totale est une transformation qui s'arrête alors qu'aucun des réactifs n'a été entièrement consommé : n^f (réactifs)

- L'avancement final x_f n'atteint pas sa valeur maximale donc noté $x_f \dots$

4- Exemple d'étude d'une transformation chimique : Synthèse d'un savon de formule brute $C_{18}H_{33}O_2Na$.

Dans un ballon on introduit un volume $V_{ol} = 200,0$ mL d'oléine de formule brute $C_{57}H_{104}O_6$ et de masse volumique $\rho_{ol} = 880$ g/L, un volume $V_1 = 20,0$ mL d'une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH(aq)) de concentration molaire $C = 10,0$ mol.L⁻¹ et quelques grains de pierre ponce. On chauffe à reflux pendant 30 minutes.

La réaction est totale et l'équation de la réaction s'écrit :



Masses molaires $M_c = 12,0$ g/mol - $M_H = 1,00$ g/mol - $M_o = 16,0$ g/mol $M_N = 14,0$ g/mol - $M_{Na} = 23,0$ g/mol

Calcul des quantités initiales à partir des données

| | |
|---|--|
| Calculez la masse initiale m_{ol} introduite d'oléine | Calcul de la quantité n_{ol} initiale d'oléine introduite dans le ballon |
| | |
| Calcul de la masse molaire M_{ol} | Calcul de la quantité initiale n_{NaOH} d'hydroxyde de sodium |
| | |

Complétez le tableau d'avancement pour cette transformation chimique fourni en annexe.

| | | | | | |
|-------------------------------|---------------|--|--|--|--|
| Équation de la transformation | | $C_{57}H_{104}O_6(\ell) + 3 NaOH(aq) \rightarrow C_3H_8O_3(\ell) + 3 C_{18}H_{33}O_2Na(s)$ | | | |
| Etat Initial (mol) | $x = \dots$ | | | | |
| en cours | x | | | | |
| Etat Final (mol) | $x_f = \dots$ | | | | |

La réaction étant totale, l'état final est obtenu lorsque l'un au moins des réactifs est épuisé. $n^f(\dots) = 0 \text{ mol}$
 L'état final est obtenu lorsque l'un au moins des réactifs est épuisé. $n^f(\dots) = 0 \text{ mol}$

Recherche de x_{\max}

$$\text{et/ou} \left\{ \begin{array}{l} n^f(\dots) = \dots = \dots \\ n^f(\dots) = \dots = \dots \end{array} \right. \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} x_{\max} = \\ x_{\max} = \end{array} \right. \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} x_{\max} = \\ x_{\max} = \end{array} \right.$$

La transformation s'arrêtera (état final) lorsque l'avancement x aura atteint la valeur $x_f = x_{\max} = \dots$

Le réactif limitant est

Le réactif en excès est

D'après votre tableau d'avancement, **déterminez l'état final**, c'est-à-dire les quantités finales des réactifs et de produits.

Calculez la masse m_{sav}^f de savon ainsi obtenue.