

Des synthèses forcées

1. Transformation forcée : apport d'énergie et évolution

1.1. L'état d'équilibre et évolution

Un système chimique se trouvant dans un état **hors équilibre** est susceptible d'évoluer. Spontanément, le système va évoluer vers un état d'équilibre. Cette évolution est telle que la valeur du quotient de réaction du système Q_r tend vers la valeur de la constante d'équilibre K .

Mais l'évolution d'un système chimique vers un état d'équilibre n'est pas inéluctable. Le chimiste peut **imposer** au système une évolution qui n'est pas thermodynamiquement favorable : le système va **s'éloigner de l'état d'équilibre**. Par conséquent, la valeur du quotient de réaction Q_r va s'éloigner de la valeur de la constante d'équilibre K . Pour cela, il faut nécessairement apporter de l'énergie au système.

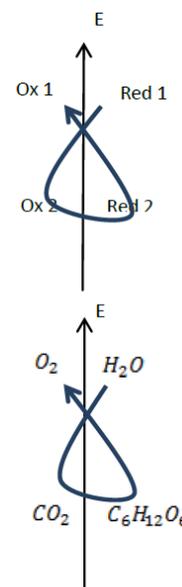
Une transformation chimique est appelée **transformation forcée** si elle a lieu dans le sens opposé au sens thermodynamiquement favorisé. Cela nécessite un **apport d'énergie**.

1.2. Deux exemples de transformations forcées

Prenons l'exemple de deux transformations forcées : l'électrolyse et la photosynthèse.

▫ L'**électrolyse** est un transfert forcé d'électrons entre un réducteur et un oxydant, en apportant de l'**énergie électrique**.

▫ Dans le domaine du vivant, la **photosynthèse** est un exemple de transformation forcée grâce à l'**énergie lumineuse** apportée par la lumière solaire : $6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2$



2. Electrolyseur

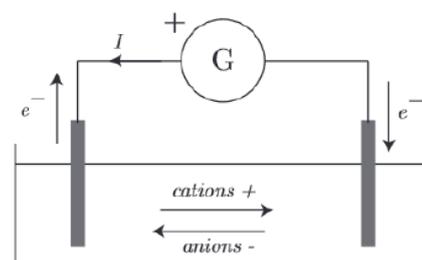
2.1. Les électrodes

L'**anode** est l'électrode où se produit une **oxydation**. La **cathode** est l'électrode où se produit une **réduction**.

2.2. Schéma de l'électrolyseur

Le générateur impose le sens du courant et sens de déplacement des électrons.

Les **polarités** de l'électrolyseur sont imposées par le **générateur**.



Electrode reliée à la borne + du générateur :

Les **électrons** partent de cette électrode, ils sont **cédés** :

- il se produit une **oxydation**
- cette électrode est appelée **anode**

Electrode reliée à la borne - du générateur :

Les **électrons** arrivent à cette électrode, ils sont **captés** :

- il se produit une **réduction**
- cette électrode est appelée **cathode**

3. Bilan de matière lors d'une électrolyse

L'objectif est de déterminer les quantités théoriques de produits formés aux électrodes. Une relation entre l'intensité du courant traversant l'électrolyseur et l'avancement de la réaction est établie.

3.1. Quantité d'électricité

La quantité d'électricité Q traversant un électrolyseur est donnée par la relation : $Q = I \times \Delta t$

Q : quantité d'électricité, en C

I : intensité du courant, en A

Δt : durée de l'électrolyse, en s

La quantité d'électricité Q peut aussi s'exprimer en fonction de la quantité de matière d'électrons échangés au cours de la transformation : $Q = n(e^-) \times F$

Q : quantité d'électricité, en C.

$n(e^-)$: quantité de matière d'électrons échangés, en mol

F : constante de Faraday : quantité d'électricité transportée par une mole d'électrons $F = 96500 \text{ C.mol}^{-1}$

Cette relation permet de calculer la quantité de matière d'électrons échangés puis d'en déduire l'avancement de la réaction et les quantités de matière théoriques de produits formés

3.2. Rendement d'une électrosynthèse

Le rendement d'une électrolyse est le rapport de la masse de produit obtenu expérimentalement sur la masse de produit obtenu théoriquement (calculée à l'aide du bilan de matière décrit au 3.1.) :

$$r = \frac{m_{\text{expérimentale}}}{m_{\text{théorique}}}$$

4. Quelques applications courantes des électrolyses

4.1. Synthèse de métaux

Il est possible de produire des métaux par électrolyse de solution aqueuse contenant le **cation métallique** correspondant.

4.2. Synthèse de produits minéraux

L'**eau de Javel** est obtenue par électrolyse d'une solution de saumure (solution très concentrée en chlorure de sodium). Ce procédé permet de synthétiser également la **soude** et le **dichlore**.

4.3. Stockage d'énergie

L'électrolyse de l'eau constitue une voie de synthèse « verte » de **dihydrogène** utilisée dans les piles à combustible et considérée comme une source d'**énergie durable et propre**.

4.4. Traitement de polluants

L'électrolyse est utilisée pour **éliminer des déchets** présents dans les effluents par oxydation ou réduction. Elle permet en particulier d'extraire les métaux nobles sous forme cationique dans les effluents issus de déchets industriels.