

Chapitre 13 : Transformation chimique

Cours

1. Modélisation des transformations chimiques

a. Ecriture symbolique d'une réaction chimique

L'équation de la réaction chimique consiste en l'écriture symbolique d'une réaction chimique. Il faut ajuster avec des nombres stœchiométriques entiers les plus petits possibles en tenant compte des obligations suivantes :

- Le nombre de chaque élément chimique du côté des réactifs et du côté des produits est le même ;
- La charge électrique globale des réactifs est identique à celle des produits.

Considérons l'exemple : $C_3H_8 + 5 O_2 \rightarrow 3 CO_2 + 4H_2O$.

Elément chimique	Du côté des réactifs	Du côté des produits
Carbone C	3	3
Hydrogène H	8	4×2
Oxygène O	5×2	3×2 + 4

Une équation chimique possède deux lectures possibles, avec l'exemple :

- 1 molécule de propane C_3H_8 réagit avec 5 molécules de dioxygène O_2 pour former 3 molécules de dioxyde de carbone CO_2 et 4 molécules d'eau $4H_2O$;
- 1 mole de propane C_3H_8 réagit avec 5 moles de dioxygène O_2 pour former 3 moles de dioxyde de carbone CO_2 et 4 moles d'eau H_2O .

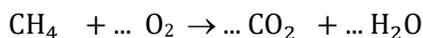
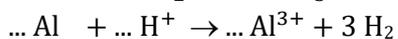
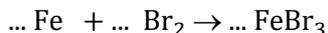
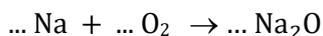
Rappel

Une mole d'entités chimiques renferme $6,02 \cdot 10^{23}$ entités chimiques.

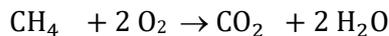
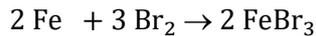
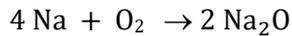
b. Exemples

Application 1

Question : Recopier et ajuster les équations des réactions ci-dessous.

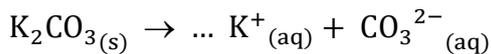
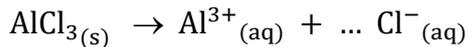
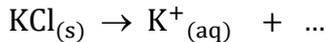


Réponse :

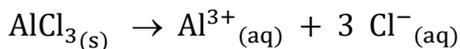
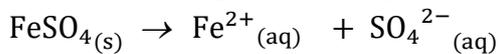
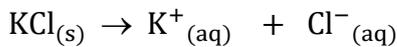


Application 2

Question : Compléter les équations de dissolution ci-dessous.



Réponse :



2. Stœchiométrie des réactions

a. Bilan de matière

Voici un lien vers une vidéo qui introduit qualitativement la notion de réactif limitant :

https://youtu.be/bC-JqN117_8

Le réactif qui est totalement consommé en premier est appelé réactif limitant.

La disparition totale du réactif limitant provoque l'arrêt de la transformation. Si les autres réactifs sont partiellement consommés, ils sont en excès. Si les autres réactifs sont totalement consommés simultanément, ils sont aussi limitants; On dit que les conditions de l'expérience sont stœchiométriques (signifie mesures en proportion).

Prenons l'exemple de la réaction entre l'atome de zinc et l'ion hydrogène qui au niveau macroscopique correspond à la réaction entre le métal zinc (Zn) et l'acide chlorhydrique ($\text{H}^+ + \text{Cl}^-$). L'équation chimique est : $\text{Zn} + 2 \text{H}^+ \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2$. De plus considérons les conditions initiales $n_i(\text{Zn}) = 3,0 \cdot 10^{-2}$ mol et $n_i(\text{H}^+) = 1,0 \cdot 10^{-2}$ mol.

Si on considère que l'atome Zn est le réactif limitant, il faut considérer que la quantité d'ions H^+ nécessaires est au moins égale à $2 n_i(\text{Zn}) = 2 \times 3,0 \cdot 10^{-2} = 6,0 \cdot 10^{-2}$ mol. Cette dernière quantité n'est pas disponible avant réaction car $n_i(\text{H}^+) = 1,0 \cdot 10^{-2}$ mol.

L'hypothèse selon que l'atome de zinc est le réactif limitant aboutit à une contradiction; Par conséquent l'autre hypothèse possible est la vraie : les ions H^+ forment le réactif limitant.

Considérons une situation plus générale :

-L'équation chimique est $a A + b B \rightarrow c C + d D$;

-Les quantités initiales sont $n_i (A)$ et $n_i (B)$.

Si $\frac{n_i (A)}{a} < \frac{n_i (B)}{b}$ alors le réactif A est le réactif limitant ;

Si $\frac{n_i (B)}{a} < \frac{n_i (A)}{b}$ alors le réactif B est le réactif limitant ;

Si $\frac{n_i (A)}{a} = \frac{n_i (B)}{b}$ alors les conditions sont stœchiométriques.

Application 1

On brûle du glucose dans le dioxygène, il se forme du dioxyde de carbone et de l'eau.

L'équation de la réaction est $C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 \rightarrow 6 CO_2 + 6 H_2O$. Les conditions initiales sont $n_i(C_6H_{12}O_6) = 2,0$ mol et $n_i(O_2) = 15$ mol.

Quel est le réactif limitant ?

Pour chacun des réactifs calculons le quotient « quantité initiale sur coefficient stœchiométrique » :

$$\frac{n_i (C_6H_{12}O_6)}{1} = \frac{2,0}{1} = 2,0 \text{ mol et } \frac{n_i (O_2)}{6} = \frac{15}{6} = 2,5 \text{ mol.}$$

On en déduit :

$$\frac{n_i (C_6H_{12}O_6)}{1} < \frac{n_i (O_2)}{6} \text{ donc le glucose est le réactif limitant.}$$

Application 2

L'aluminium Al réagit avec la soufre S pour former du sulfure d'aluminium Al_2S_3 suivant l'équation $2 Al + 3 S \rightarrow Al_2S_3$. Quelle quantité d'aluminium doit-on utiliser pour réagir exactement avec 0,45 mol de soufre ?

On désire que les quantités initiales soient stœchiométriques (les deux réactifs sont limitants) :

$$\frac{n_i (Al)}{2} = \frac{n_i (S)}{3}$$

$$n_i (Al) = \frac{2 n_i (S)}{3}$$

$$= \frac{2 \times 0,45}{3}$$

$$n_i (Al) = \underline{0,30 \text{ mol.}}$$

b. Transformations exothermique et endothermique

Transformation exothermique : Le système chimique produit de la chaleur.

Voici un lien vers une vidéo qui montre une réaction exothermique :

<https://youtu.be/2dB9vq1Os08>

Voici un lien vers une vidéo qui montre une réaction endothermique :

<https://youtu.be/vXIx41OVuMU>

Transformation endothermique : Le système chimique reçoit de la chaleur.

3. Synthèses des espèces chimiques

a. Introduction

Les espèces chimiques naturelles sont issues de la nature alors que les espèces chimiques synthétiques sont fabriquées par l'homme.

La synthèse chimique est utilisée pour deux raisons :

- Reproduire des espèces naturelles à moindres coûts économique et écologique ;
- Produire des espèces non présentes (artificielles) dans la nature.

b. Dispositif expérimental au laboratoire

Pour que les transformations ne prennent pas trop de temps et que les rendements soient corrects il faut des températures élevées. Les réactifs doivent être dans une enceinte ouverte afin d'avoir des pressions pas trop élevées (sinon le dispositif est dangereux).

On doit utiliser un montage à reflux (voir figure 1).

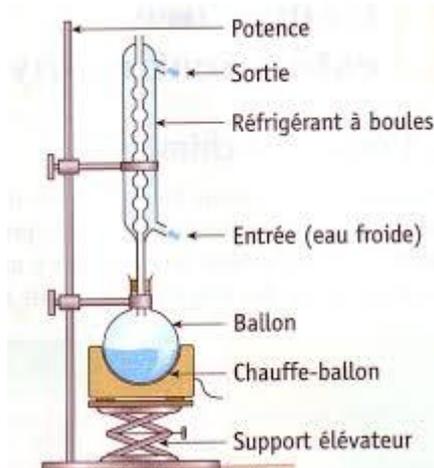


Figure 1

Quelques remarques

- Un chauffe- ballon électrique est préférable à un bec bunsen pour éviter d'enflammer le dispositif.
- Le support élévateur permet d'arrêter instantanément le chauffage en séparant le ballon du chauffe-ballon.
- L'eau froide doit entrer dans la partie basse pour que les vapeurs refluent rapidement dans le ballon (ce qui explique le nom « montage à reflux »).
- Un réfrigérant à boules est préférable à un réfrigérant droit car la surface de contact entre le verre froid et les vapeurs chaudes est plus importante.

Voici un lien vers une vidéo qui montre une synthèse dans sa totalité :

<https://youtu.be/fOPq7sDvOx4>

c. Analyse du produit obtenu

La technique de chromatographie permet de savoir si un composé est pur. Pour comprendre cette technique, vue en début d'année, regardez votre livre page 19.

Voici un lien vers une vidéo montrant la technique de chromatographie :

<https://youtu.be/2iGwaW0Sro0>

Pour déterminer la température de fusion d'un solide on utilise un banc Köfler :

<https://youtu.be/YMNjyioREs>

Exercices

N°	4	page	122
N°	6	page	122
N°	8	page	123
N°	10	page	123
N°	12	page	123
N°	17	page	124
N°	19	page	124
N°	22	page	125
N°	23	page	125
N°	26	page	126