

Chapitre 12 : Les transformations chimiques

Document 1 - Bulletin officiel

Modélisation macroscopique d'une transformation par une réaction chimique.	Modéliser, à partir de données expérimentales, une transformation par une réaction, établir l'équation de réaction associée et l'ajuster.
Écriture symbolique d'une réaction chimique.	Identifier le réactif limitant à partir des quantités de matière des réactifs et de l'équation de réaction.
Notion d'espèce spectatrice.	<i>Déterminer le réactif limitant lors d'une transformation chimique totale, à partir de l'identification des espèces chimiques présentes dans l'état final.</i>
Stœchiométrie, réactif limitant.	Modéliser, par l'écriture d'une équation de réaction, la combustion du carbone et du méthane, la corrosion d'un métal par un acide, l'action d'un acide sur le calcaire, l'action de l'acide chlorhydrique sur l'hydroxyde de sodium en solution.
Transformations chimiques endothermiques et exothermiques.	<i>Suivre l'évolution d'une température pour déterminer le caractère endothermique ou exothermique d'une transformation chimique et étudier l'influence de la masse du réactif limitant.</i> Capacité mathématique : utiliser la proportionnalité.
Synthèse d'une espèce chimique présente dans la nature.	Établir, à partir de données expérimentales, qu'une espèce chimique synthétisée au laboratoire peut être identique à une espèce chimique synthétisée dans la nature. Réaliser le schéma légendé d'un montage à reflux et d'une chromatographie sur couche mince. <i>Mettre en œuvre un montage à reflux pour synthétiser une espèce chimique présente dans la nature.</i> <i>Mettre en œuvre une chromatographie sur couche mince pour comparer une espèce synthétisée et une espèce extraite de la nature.</i>

Document 2 - Exercices dans le livre scolaire

1. Compétences de base : exercices 5,6, 11 page 154 ;
2. Pour confirmer : exercices 12, 13, 18 et 26 pages 154-157 ;
3. Parcours expert : exercices 19 et 20 pages 157.

Quiz sur les forces et principe d'inertie



Quiz 1 - Les transformations chimiques :
<https://forms.office.com/r/US46AMq3KD?origin=lprLink>



Quiz 3 - Le réactif limitant :
<https://forms.office.com/r/HPNvx7VjLK?origin=lprLink>



Quiz 2 - Ajuster des équations bilan :
<https://forms.office.com/r/xJQKwRDU8z?origin=lprLink>



Quiz 4 - Les réactions exothermiques
<https://forms.office.com/r/3VEZLAuQzk?origin=lprLink>

Introduction

Durant une transformation chimiques, les atomes constituant les espèces chimiques s'associent différemment pour former de nouvelles espèces. Comment peut-on modéliser ces transformations ? Lavoisier s'y est essayé au XVIII^e siècle, inspirant ainsi les chimistes jusqu'à aujourd'hui.

Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794)

Il a énoncé le principe suivant : « On peut poser en principe, que dans toute opération, il y a une égale quantité de matière avant et après l'opération, que la qualité et la quantité des principes est la même ».

Il s'essaye à schématiser ces transformations en utilisant des symboles chimiques, des coefficients, des additions d'espèces.



Figure 1 – Antoine Laurent de Lavoisier, cf wikipedia

1 Modélisation des transformations chimiques

1.1 Le système chimique

Définition 1 - Le système chimique

Un système chimique est formé d'espèces chimiques. Il est décrit par les caractéristiques suivantes :

- la nature des espèces chimiques ;
- leur état physique : **solide** (s), **liquide** (l), **gaz** (g) ou **aqueux** (aq) ;
- leur quantité de matière (n) ;
- la température (T) et la pression (P)

1.2 Observations macroscopiques

Au cours d'une **transformation chimique** des espèces chimiques se transforment en de nouvelles espèces. Les atomes de départ ne disparaissent pas seul leur organisation change. En observant une expérience, il est possible d'identifier les espèces chimiques qui se sont transformées.

Disparition d'un réactif !



Figure 2 – <https://dgxy.link/FkIOF>

Définition 2 - Les réactifs et les produits

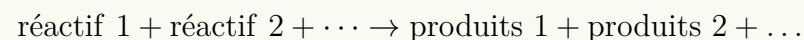
Les espèces chimiques qui se sont transformées sont appelées **réactifs** et **produits**. Les réactifs sont les espèces de départ. Les produits sont issus de la réorganisation des réactifs, ce sont les produits de la transformation chimique.

1.3 Écriture symbolique d'une réaction chimique

Après avoir observé et listé les espèces chimiques présentes au cours d'une transformation chimique, il est possible d'indiquer quels sont les réactifs et les produits de la transformation en comparant l'état initial et final de la transformation.

Définition 3 - L'équation bilan de la réaction

L'équation chimique **modélise** la transformation chimique microscopique ayant lieu. Elle indique donc les **réactifs** qui se transforment en **produits** à l'aide d'une flèche :



1.4 Notion d'espèce spectatrice

Définition 3 - Espèce chimique spectatrice

Une espèce chimique qui est présente au cours de la réaction mais qui ne subit aucun changement est une espèce spectatrice.

Remarque : Cette espèce ne subissant pas de transformation, elle n'apparaît pas dans l'équation bilan.

Exercice 1 - Précipité bleu d'hydroxyde de cuivre

On mélange de l'hydroxyde de sodium (Na^+ ; HO^-) et du sulfate de cuivre (Cu^{2+} ; SO_4^{2-}) pour former du $\text{Cu}(\text{OH})_2$. Indiquer quelles sont les espèces spectatrices, les réactifs et les produits. Écrire l'équation bilan de la réaction : $\text{Cu}^{2+} + 2\text{HO}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2$, SO_4^{2-} et Na^+ sont spectateurs.

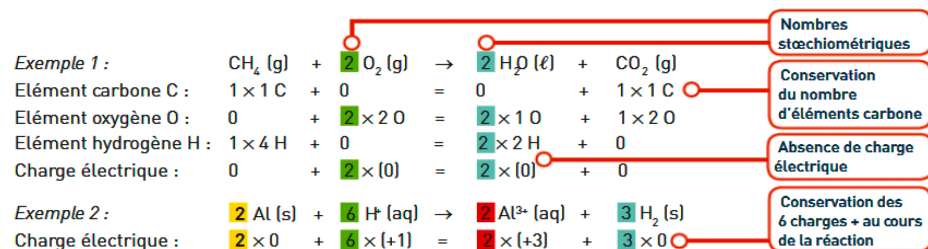
2 Stœchiométrie de la réaction

2.1 Ajuster une équation de réaction

D'après LAVOISIER, le nombre et la nature des éléments sont conservés au cours d'une transformation, ainsi on doit retrouver avant et après la transformation les mêmes éléments chimiques et leur nombre.

Méthode 1 - Ajuster une équation de réaction

Ajuster une équation chimique consiste à prendre en compte la stœchiométrie de la réaction et donc à indiquer les proportions des réactifs réagissant ensemble et celles des produits formés.



Avertissement - Ne pas confondre !

Le nombre stœchiométrique, placé devant la formule est différent des indices placés dans la formule chimique. $2\text{H}_2\text{O}$ signifie $2 \times \text{H}_2\text{O}$: 4 atomes d'hydrogène et 2 atomes d'oxygène.

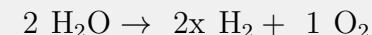
Exercice 2 - Ajuster des équations chimiques sous forme de jeu

Consigne : Rendez vous sur le site suivant : <https://dgxy.link/KCTmS> faites la partie introductive puis les jeux. Compléter au fur et à mesure les équations de réaction ci-dessous :

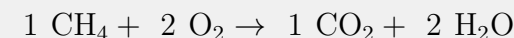
1. Synthèse de l'ammoniac :



2. Dissociation de l'eau :



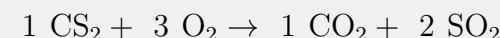
3. Combustion du méthane :



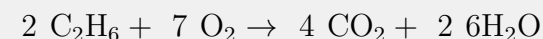
4. Dissociation du gaz carbonique :



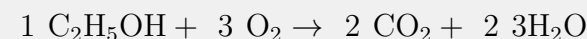
5. Sulfure de carbone en présence de dioxygène :



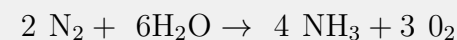
6. Combustion du butane



7. Combustion de l'éthanol



8. Synthèse de l'ammoniac 2



2.2 Le réactif limitant

Les nombres stoechiométriques nous renseignent sur les proportions de chacun des réactifs. Lorsque la réaction s'arrête, c'est qu'il n'y a plus de réactif pour réaliser la transformation. Seul un des ces réactifs peut-être responsable de cet arrêt.

Définition 4 - Le réactif limitant

Le réactif limitant est celui qui est **totalement** transformé au cours de la réaction. Il est responsable de l'arrêt de la réaction. ^a

a. Pour voir la notion de réactif limitant en vidéo aller voir le quiz numéro 3.

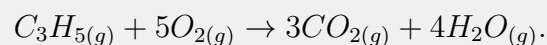
Remarque : Si les deux réactifs sont présents en proportions stoechiométriques, c'est qu'il n'en reste aucun à la fin de la transformation. Il n'y a donc aucun réactif limitant.

Méthode 2 - Comment déterminer le réactif limitant ?

Il faut comparer les quantités de matière de chacun des réactifs. Cela permet ensuite de calculer les quantités de produits formés et celles des réactifs restants.

Exercice 3 - Réactif limitant dans la combustion de propane

On place dans la même enceinte $m_{\text{propane}} = 50 \text{ g}$ de propane ($\text{C}_3\text{H}_{8(g)}$) en présence de $m_{\text{dioxygène}} = 240 \text{ g}$ de dioxygène ($\text{O}_{2(g)}$). Une flamme permet de démarrer la combustion qui est modélisée par l'équation suivante :



Déterminer quel est le réactif limitant sachant que 1 mole de propane correspond à 44 g, et 1 mole de dioxygène correspond à 32 g.

Solution :

- Si une mole de propane correspond à 44g, alors les 50g de propane introduits dans l'enceinte correspondent à $n_{\text{prop}} = \frac{50(g) \times 1(\text{mol})}{44(g)} = 1,1 \text{ mol de propane.}$
- Si une mole de dioxygène correspond à 32g, alors les 240g de propane introduits dans l'enceinte correspondent à $n_{\text{dioxygène}} = \frac{240(g) \times 1(\text{mol})}{32(g)} = 7,5 \text{ mol de propane.}$

Pour 1 mole de propane, on consomme 5 moles de dioxygène, ainsi 1,1 mol de propane réagissent avec $5 \times 1,1 = 5,5 \text{ mol de dioxygène.}$ Ce qui est inférieur à la quantité initiale de dioxygène.

Par conséquent ce n'est pas le dioxygène qui limitera la réaction mais le propane.

3 Effets thermiques d'une transformation chimique

Définition 5 - Transformation endothermique et exothermique

Une transformation chimique qui nécessite une absorption d'énergie est **endothermique** : la température globale du système va diminuer.

Une transformation chimique qui libère de l'énergie est **exothermique** : la température globale du système va augmenter.

Propriété 1 - Masse du réactif limitant

Plus la masse du réactif limitant est élevée, plus la variation de température observée sera significative.

4 Synthèses d'espèces chimiques : pourquoi copier la nature ?

4.1 Espèces chimiques naturelles, synthétiques, artificielles

Définition 6 - Synthétiser une espèce chimique

Synthétiser une espèce chimique signifie fabriquer une espèce chimique grâce à une transformation chimique.

Nous pouvons distinguer trois catégories de molécules

- Les molécules naturelles (extraites de la nature) ;
- Les molécules de synthèse : identiques aux naturelles mais fabriquées par l'homme et copiées sur celles issues de la nature ;
- Les molécules artificielles : fabriquées par l'homme, n'existant pas dans la nature.

Exercice 4 - Attribué les images aux différents types de molécules

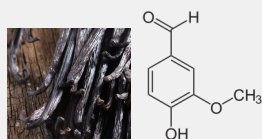


Figure 3 – La vanilline extraite des plantations sur l'île de la Réunion



Figure 4 – La vitamine C, présente dans les oranges

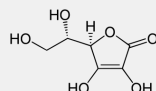
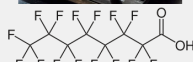


Figure 5 – Les PFAS à la base des revêtements des poêles en teflon



4.2 Des molécules identiques

Propriété 2 - molécules de synthèse

Une molécule de synthèse reproduisant une molécule naturelle est exactement identique à cette dernière : même formule, mêmes propriétés physico-chimiques et mêmes dangers éventuels.

4.3 Pourquoi synthétiser des espèces chimiques ?

- Fabriquer une molécule revient souvent moins cher que de l'extraire de son milieu naturel, mais aussi pour ne pas surexploiter les ressources naturelles.
- L'industrie des parfums de luxe tient à utiliser les essences naturelles et non leur équivalent de synthèse, même si elles sont plus coûteuses : le mélange naturel contient une plus grande variété de molécules, rendant le parfum final plus riche et complexe.

Document 1 - Les parfums - documentaire de C'est pas Sorcier



Figure 6 – <https://dgxy.link/fnzKP>

5 Comment synthétiser une espèce chimique au laboratoire ?

5.1 Le montage à reflux

Une des techniques largement répandues pour synthétiser des molécules est le chauffage à reflux.

Définition 7 - Le montage à reflux

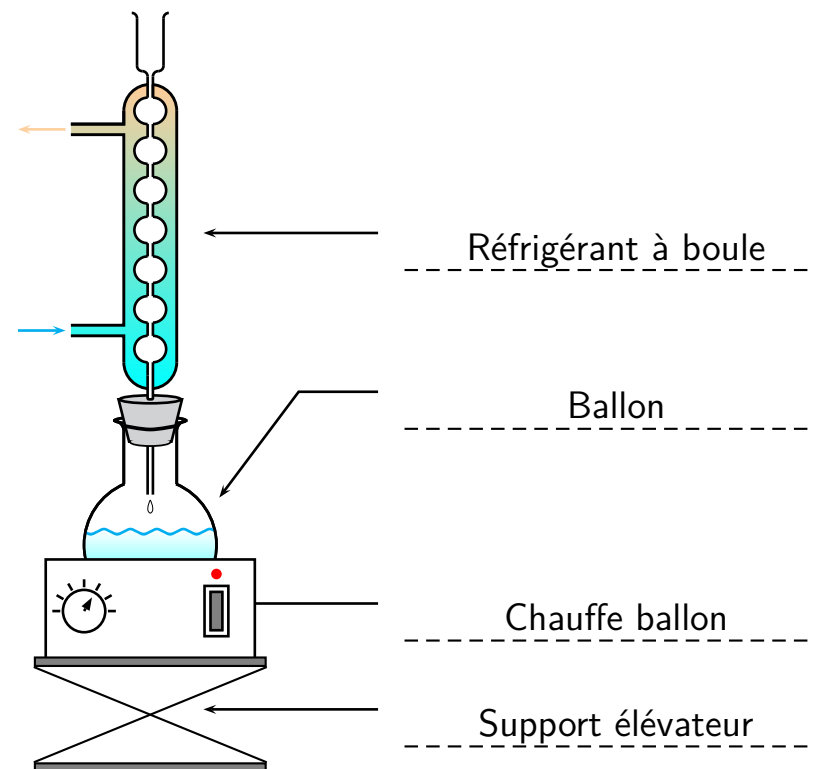
Un montage à reflux permet de maintenir un mélange réactionnel à ébullition, en évitant les pertes de matière grâce au refroidissement des vapeurs, qui se liquéfient et retombent dans le ballon.

Méthode 3 - Étape de synthèse d'une molécule à l'aide du montage à reflux

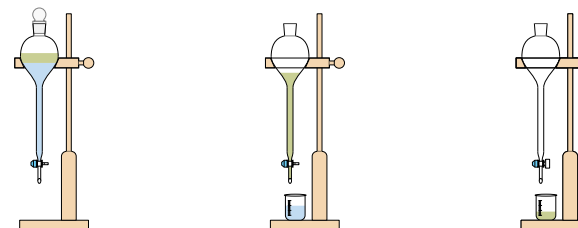
1. **Montage à reflux** : On porte à ébullition le milieu réactionnel jusqu'à la fin de la transformation chimique ;
2. **Extraction** : il faut séparer le produit désiré du milieu réactionnel. L'extraction peut être réalisée de deux façons en utilisant les **différences de solubilité** des espèces chimiques :
 - Relargage : séparation en introduisant une autre espèce plus soluble avec le milieu réactionnel que l'espèce désirée.
 - Extraction liquide/liquide : séparation de deux phases non miscibles.

L'extraction se fait généralement dans une verrerie très particulière que l'on appelle **l'ampoule à décanter**.

Document 2 - Schéma du montage à reflux



Document 3 - Schéma de l'ampoule à décanter



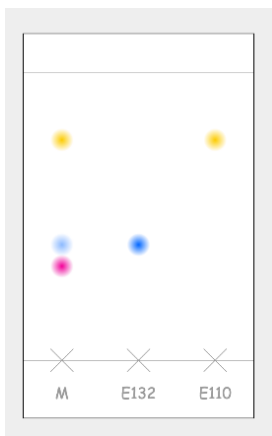
5.2 Analyse du produit obtenu

Une fois l'espèce synthétisée, isolée et purifiée, il est nécessaire de l'identifier pour vérifier qu'elle correspond bien à la molécule souhaitée. Différentes méthodes sont alors possibles :

- La chromatographie sur couche mince (CCM) ;
- La détermination de la température de changement d'état ;
- La masse volumique ;
- L'indice de réfraction ;
- Et bien d'autres ...

Document 4 - Lecture d'un chromatogramme

- **Lecture verticale** : lorsqu'un dépôt se sépare en plusieurs tâches, l'échantillon testé est un mélange.
- **Lecture horizontale** : sur une même plaque, une même espèce chimique présente dans des dépôts différents migre à la même hauteur.
- Dans l'exemple ci-contre, M est un mélange des colorants E132 et E110 et d'un troisième colorant l' E122 qui sont des corps purs (une seule tâche par couleur).



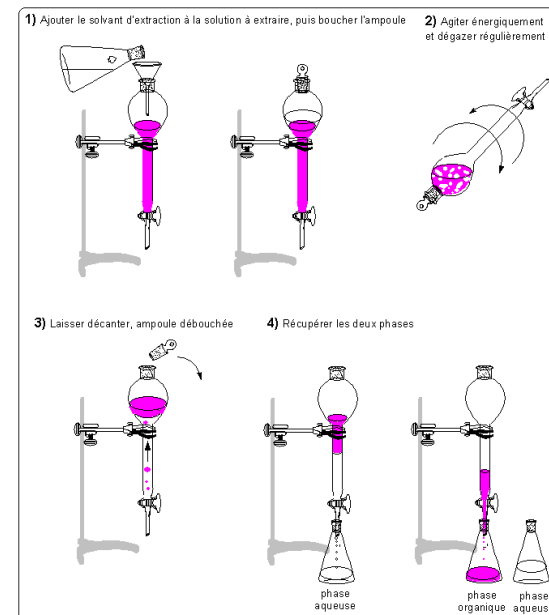
La synthèse d'une molécule en vidéo

Document 5 - Le montage à reflux - culture science



<https://dgxy.link/1XIA5>

Document 5 - L'extraction



<https://dgxy.link/uSJZ2>