

I) la transformation chimique

Vidéo de transformation chimique qui décoiffe

I-1 le système chimique

Un **système chimique (vidéo)** est un ensemble d'espèces chimiques susceptibles de réagir entre elles. Son état sera décrit en précisant :

- La nature et la quantité de matière des espèces chimiques présentes ;
- **L'état physique** : solide (s), liquide (l), gazeux (g), en solution aqueuse (aq)

La température T et la pression P du système

Un système chimique peut évoluer et subir une transformation chimique qui modifie son état.

I-2 Etat initial, état final (vidéo)



On appelle **état initial** du système chimique, l'état de ce système **avant la transformation**. On appelle **état final** du système chimique, l'état de ce système **après la transformation**.

Les **espèces introduites à l'état initial** sont appelées réactifs les espèces obtenues après la transformation, **à l'état final** sont appelés produits.

La transformation chimique est le passage de son état initial à son état final

Exemple : réaction de précipitation des ions cuivre II suivant l'équation bilan : $\text{Cu}^{2+}_{(aq)} + 2\text{HO}^{-}_{(aq)} \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_{2(s)}$

Les quantités de matière et les conditions initiales sont :

$$n(\text{Cu}^{2+}) = 0,5 \text{ mol}$$

$$n(\text{HO}^{-}) = 1,0 \text{ mol}$$

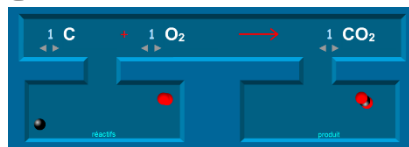
$$T = 20^{\circ}\text{C}, P = 1 \text{ bar}$$

Quels sont les réactifs et les produits ?

I-3 la réaction chimique / l'équation chimique (vidéo)

La transformation chimique est due à la **réaction chimique** entre les réactifs. L'écriture symbolique de la réaction chimique est l'**équation chimique**. Les réactifs et les produits y sont représentés par leur formule : les réactifs à gauche de la flèche, les produits à droite: Réactifs \rightarrow produits

Exercice 1



Clique sur l'animation '**équilibrer une équation chimique**', puis équilibre l'équation chimique entre le carbone et le dioxygène.

1) Quels sont les éléments chimiques présents dans les réactifs ? Les produits ?

2) Que remarquez-vous sur le nombre d'atomes de chaque élément chimique présent dans les réactifs et les produits ?

3) La masse des réactifs est-elle égale à celle des produits ?

Entraîne-toi en équilibrant les 2 autres équations chimiques.

Exercice 2 : La réaction de précipitation des ions cuivre II avec les ions hydroxyde à pour équation chimique : $\text{Cu}^{2+} + 2\text{HO}^{-} \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2$

Que vaut la somme des charges électriques des réactifs ? Des produits ? Conclusion.

I-4 lois de conservation au cours des réactions chimiques

A compléter avec éléments chimiques, identique, réactifs, charge électrique, produits

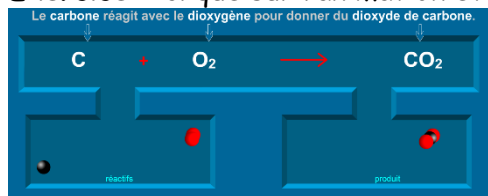
Au cours d'une transformation chimique, il y a conservation :

- des _____ : les éléments présents dans les réactifs et les produits sont identiques
- de la _____ : la somme des charges des réactifs est égale à la somme des charges électriques des produits
- le nombre d'atomes de chaque élément présent dans les réactifs est _____ au nombre d'atomes de chaque élément dans les produits.
- la masse des _____ est égale à la _____ des produits

Pour obéir à ces lois de conservation, il faudra ajuster l'équation avec des nombres placés devant les symboles, appelés nombres **stœchiométriques**. Lorsque le nombre stœchiométrique est égale à un, il n'est pas écrit devant l'espèce chimique.

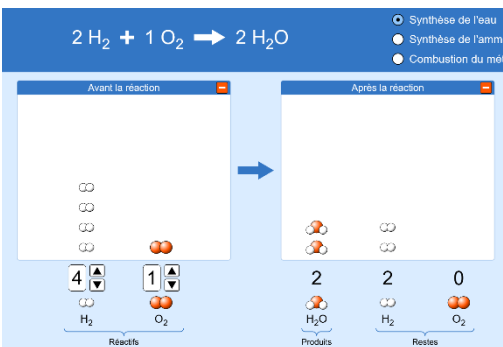
Astuce: toujours commencer par équilibrer l'élément chimique qui intervient le plus dans les espèces chimiques.

Exercice : clique sur l'animation et équilibre les équations chimique de combustion.



Exercice : obtention de cuivre à partir de l'oxyde de cuivre. Dans un tube à essai, on mélange une quantité de matière n₁ d'oxyde de cuivre CuO avec une quantité de matière n₂ de carbone et on chauffe avec un bec bunsen. Dans le tube se forme un dépôt rougeâtre de métal cuivre (Cu). Le gaz qui se dégage trouble l'eau de chaux. Ecrire l'équation bilan de la réaction. Correction [Vidéo](#)

II) Réactif limitant et mélange stœchiométrique

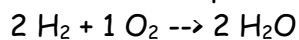


Clique sur l'animation 'réactif limitant'. Définir ce qu'est un mélange stœchiométrique, un réactif limitant, un réactif en excès.

Remarque : toutes les réactions chimiques sont considérées comme totale.

II-1 Mélange stœchiométrique de réactif

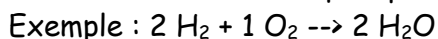
Prenons l'exemple de l'équation chimique suivante :



A l'échelle microscopique, les nombres stœchiométriques nous renseignent sur les proportions en atomes et molécules nécessaires à la réalisation de la transformation chimique. 2 molécules de H₂ réagissent avec une molécule de O₂ pour donner 2 molécules d'eau. Plus généralement, pour que le mélange des réactifs soit stœchiométriques, il faut un nombre de molécules N(H₂) 2 fois plus grand que le nombre de molécules de O₂, N(O₂):

Mélange stœchiométrique si $N(\text{H}_2) = 2 \cdot N(\text{O}_2)$ ou $\frac{N(\text{H}_2)}{2} = \frac{N(\text{O}_2)}{1}$ avec 2 et 1, nombres stœchiométriques placés respectivement devant H₂ et O₂

A l'échelle macroscopique, les nombres stœchiométriques nous renseignent sur les proportions, en quantités de matière n(mol), des espèces chimiques qui ont réagi et sur celle qui ont été produite (les nombres stœchiométriques peuvent alors être écrits sous forme de fraction)



Par exemple, Pour que le mélange soit stœchiométrique, il faut faire réagir les quantités de matière suivantes : n(H₂) = 2 mol et n(O₂) = 1 mol donc n(H₂) = 2.n(O₂).

Plus généralement, pour que le mélange soit stœchiométrique, la relation entre les quantités de matière doit être la suivante : $n(\text{H}_2) = 2.n(\text{O}_2)$ ou $\frac{n(\text{H}_2)}{2} = \frac{n(\text{O}_2)}{1}$ avec 2 et 1, nombres stœchiométriques placés respectivement devant H_2 et O_2

Exercice 1 : déterminer la relation entre les quantités de matière de réactif pour que le mélange soit stœchiométrique.

équation chimique	mélange stœchiométrique
$3 \text{ Fe} + 2 \text{ O}_2 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4$	$\frac{n(\text{Fe})}{3} = \frac{n(\text{O}_2)}{2}$
$\text{Pb}_3\text{O}_4 + 4\text{Mg} \rightarrow 4\text{MgO} + 3\text{Pb}$	
$2 \text{ PbO} + \text{C} \rightarrow 2 \text{ Pb} + \text{CO}_2$	
$4 \text{ K} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{ K}_2\text{O}$	
$\text{C}_2\text{H}_6\text{O} + 3 \text{ O}_2 \rightarrow 2 \text{ CO}_2 + 3 \text{ H}_2\text{O}$	

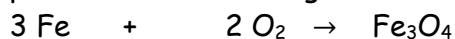
Exercice 2 : déterminer si le mélange est stœchiométrique

équation chimique	Quantité de matière initiale	mélange stœchiométrique oui /non
$3 \text{ Fe} + 2 \text{ O}_2 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4$	$n(\text{Fe}) = 6 \text{ mol}$ $n(\text{O}_2) = 4 \text{ mol}$	oui car : $\frac{n(\text{Fe})}{3} = \frac{6}{3} = 2$ $\frac{n(\text{O}_2)}{2} = \frac{4}{2} = 2$ donc $\frac{n(\text{Fe})}{3} = \frac{n(\text{O}_2)}{2}$
	$n(\text{Fe}) = 5,2 \times 10^{-2} \text{ mol}$ $n(\text{O}_2) = 4,3 \times 10^{-2} \text{ mol}$	
	$n(\text{Fe}) = 1,8 \times 10^{-3} \text{ mol}$ $n(\text{O}_2) = 1,2 \times 10^{-3} \text{ mol}$	

Remarque : pour déterminer les quantités de matière permettant d'obtenir un mélange stœchiométrique, on pourra également utiliser un tableau de proportionnalité. Exemple soit l'équation chimique de combustion du méthane, $\text{CH}_4 + 2 \text{ O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$:

$n(\text{CH}_4)$ en mole	$n(\text{O}_2)$ en mole
1	2
12	$n_{\text{O}_2} = \frac{2 \times 12}{1} = 24$

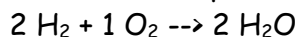
Exercice : utiliser un tableau de proportionnalité pour déterminer les quantités de matière à utiliser pour obtenir un mélange stœchiométrique, lors de la combustion du fer :



$n(\text{Fe}) = 25 \text{ mol}; n(\text{O}_2) = ?$

II-2 Cas ou le mélange n'est pas stœchiométrique, réactif limitant

Prenons l'exemple de l'équation chimique suivante :



On mélange les quantités de matière suivantes : $n(\text{H}_2) = 3 \text{ mol}$ et $n(\text{O}_2) = 1 \text{ mol}$.

$n(\text{H}_2) > 2.n(\text{O}_2)$. Il y a une mole de H_2 en trop : H_2 est en excès, le réactif limitant est O_2 . Le mélange n'est plus stœchiométrique ! En fin de réaction il n'y a plus de réactif limitant, il reste le réactif en excès.

Plus généralement :

- si $n(\text{H}_2) > 2.n(\text{O}_2)$ alors le réactif en excès est H_2 , le réactif limitant est O_2

- si $n(\text{H}_2) < 2.n(\text{O}_2)$ alors le réactif en excès est O_2 , le réactif limitant est H_2 .

- si $n(\text{H}_2) = 2.n(\text{O}_2)$ alors le mélange est stœchiométrique, il ne reste plus de réactif en fin de réaction.

Exercice 1 :

équation chimique	relation entre les quantités de matière de réactif	mélange stœchiométrique ? Si non quel est le réactif limitant ?
$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	$\frac{n(\text{CH}_4)}{1} = \frac{n(\text{O}_2)}{2}$	
	$\frac{n(\text{CH}_4)}{1} > \frac{n(\text{O}_2)}{2}$	
	$\frac{n(\text{CH}_4)}{1} < \frac{n(\text{O}_2)}{2}$	

Exercice 2: compléter le tableau suivant

équations chimiques	quantité de matière en mole	proportions stœchiométriques? Oui / non	réactif limitant ?
$\text{Fe}_{(s)} + 2\text{H}^+_{(aq)} \rightarrow \text{Fe}^{2+}_{(aq)} + \text{H}_2(g)$	$n(\text{Fe}) = 2 \text{ mol}$; $n(\text{H}^+) = 6 \text{ mol}$		
	$n(\text{Fe}) = 5 \text{ mol}$; $n(\text{H}^+) = 12 \text{ mol}$		
	$n(\text{Fe}) = 4 \text{ mol}$; $n(\text{H}^+) = 8 \text{ mol}$		

Lors d'une transformation chimique totale deux cas peuvent se présenter:

- les réactifs ont été mélangés dans les proportions stœchiométriques, alors ils sont entièrement consommés

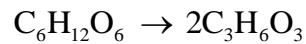
- un des réactifs a été consommé, c'est le réactif limitant. Celui qui reste en fin de réaction est appelé le réactif en excès.

II-3 Transformation exothermique et endothermique

Une transformation qui libère de l'énergie sous forme de chaleur est appelée **transformation**

Une transformation qui prend de la chaleur au milieu extérieur est appelée **transformation**

Exemple: au cours de l'effort le glucose subit une transformation chimique produisant de l'acide lactique et de chaleur. Equation chimique:



Cette transformation est _____

La dissolution du chlorure d'ammonium $NH_4Cl_{(s)}$ prend de la chaleur au milieu extérieur. Elle produit des ions ammonium NH_4^+ et chlorure Cl^- . Son équation chimique est:

Cette transformation est _____

Remarque : une transformation qui ne libère aucune énergie sous forme de chaleur est appelée **transformation athermique**

III) synthèse d'une espèce chimique

III-1 Définition de la synthèse

On appelle synthèse la production d'une espèce chimique à partir d'autres espèces chimiques.

On distingue plusieurs types d'industries chimiques qui réalisent des synthèses:

- la **chimie fine** ou chimie de spécialité, est une division de l'**industrie chimique** qui synthétise des produits répondant à des besoins très spécifiques et de faible volume de production

(**pesticides**, **pigments**, **arômes** et **cosmétiques**)

- la **pharmacie**. Environ 30% des principes actifs des médicaments sont issus de la nature. Il est parfois coûteux de les extraire, on les synthétise en laboratoire. Il faudrait par exemple abattre 2000 saules par heure pour répondre au besoin d'aspirine dans le monde !!

- la **chimie lourde** qui fabrique des produits de base comme la soude ($NaOH$) le dichlore (Cl_2), l'acide chlorhydrique (H^+, Cl^-) et des **monomères**.

III-2 les étapes d'une synthèse ?

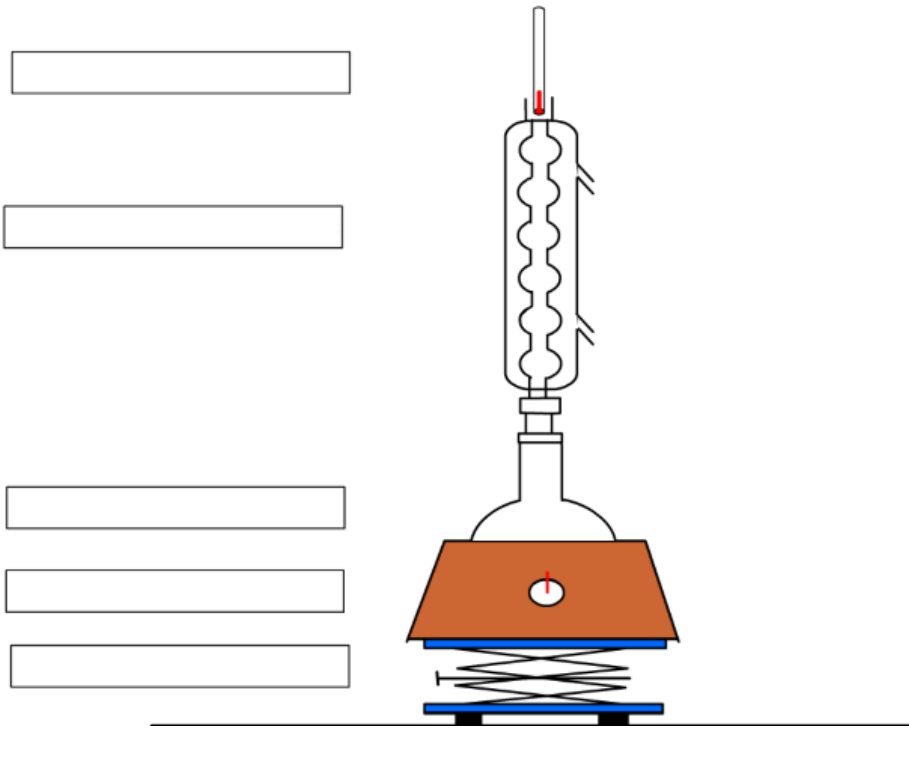
Les trois étapes de la synthèse sont :

- la transformation des réactifs en produits
- le traitement du milieu réactionnel (purification du ou des produits obtenus)
- l'identification des produits obtenus

Etape 1 : la transformation des réactifs en produits

Dans cette étape on mélange les **réactifs** qui sont les espèces chimiques à faire réagir pour obtenir le produit désiré. Il faut choisir les quantités de matière de réactifs à introduire dans le **réacteur** ainsi que les **conditions expérimentales** (température, pression, catalyseur, solvant...).

Principe du chauffage à reflux



Exemple : le chauffage à reflux, animation

On verse le mélange réactionnel dans un ballon à fond rond, on porte le mélange à ébullition, les vapeurs montent dans le réfrigérant (tube en verre dans lequel circule de l'eau froide). Les réactifs et produits qui se sont volatilisés repassent sous forme liquide et refluent dans le ballon (d'où le nom de montage à reflux). Légendez le schéma du montage à reflux. Quel est son intérêt par rapport à un chauffage classique ?

Etape 2 : le traitement du mélange réactionnel

Une fois la réaction terminée il faut séparer et purifier le produit qui nous intéresse du reste du mélange réactionnel (étudié en première)

Etape 3 : identification du ou des produits obtenus

Une fois le produit réalisé, on déterminera par différentes techniques sa pureté. On pourra :

- utiliser les propriétés physiques du produit (aspect , solubilité, températures d'ébullition et de fusion, densité etc..)
- effectuer une chromatographie.

A compléter avec : chromatographie, séparer, identifier, ligne de dépôt, phase stationnaire, solvant, éluant

La _____ permet de _____ puis _____ les espèces chimiques d'un mélange.

1. on trace sur une plaque (feuille de papier généralement) un trait à 1 cm du bord appelé _____.

La plaque correspond à la _____

2. On dépose sur le trait une goutte de substance A à analyser et une ou plusieurs gouttes de substances connues notées B, C

3. On plonge la phase stationnaire dans un _____ appelé _____.

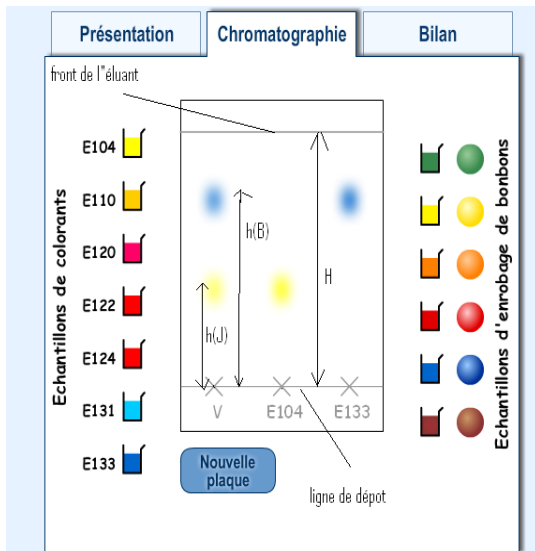
4. Le solvant monte par _____ en entraînant les gouttes de substances.

5. Lorsque le solvant arrive à 1 cm du bord supérieur de la phase stationnaire on sort la plaque et on la fait sécher.

6. On analyse le chromatogramme obtenu pour déterminer la composition de la tache inconnue.

Lorsque la tache de substance inconnue A migre et qu'elle se décompose en 2 taches, c'est qu'elle contient _____ espèces chimiques. Lorsque ces 2 espèces chimiques migrent à la même hauteur, cela signifie qu'elles sont identiques.

Remarque : pourquoi les espèces chimiques ne migrent-elles pas à la même hauteur? Plus les espèces chimiques sont solubles dans le solvant, plus elles migrent haut et inversement.



Exercice 1 : à partir du chromatographe suivant, détermine la composition du colorant vert.

-Le colorant vert (V) est constitué de combien d'espèces chimiques ?

Exercice 2 : clique sur [l'animation chromatographie \(Ostralo.net\)](#), puis détermine la composition des colorants présents dans les bonbons.