

## CH C6 - Transformations chimiques

### Programme officiel :

#### Constitution et transformations de la matière

#### 2. Modélisation des transformations de la matière et transfert d'énergie

L'objectif de cette partie est d'identifier et de distinguer les trois types de transformation de la matière, de les modéliser par des réactions et d'écrire les équations ajustées en utilisant les lois de conservation appropriées. Une première approche des énergies mises en jeu lors de ces trois types de transformations permet de montrer que l'énergie transférée lors d'une transformation dépend des quantités de matière des espèces mises en jeu.

L'étude des transformations chimiques, entamée au collège, est complétée par les notions de stœchiométrie, d'espèce spectatrice et de réactif limitant. L'analyse de l'évolution d'un système pour modéliser sa transformation chimique par une réaction illustre une démarche de modélisation au niveau macroscopique. Elle nécessite de mettre en place une démarche expérimentale rigoureuse pour passer :

- d'une description des modifications visibles ;
- aux espèces chimiques, présentes dans l'état initial et qui ont réagi ;
- à celles, présentes dans l'état final et qui ont été formées ;
- et enfin, à l'écriture d'une réaction rendant compte au mieux des changements observés au niveau macroscopique.

Pour que les transformations soient plus concrètes, des exemples provenant de la vie quotidienne sont proposés : combustions, corrosions, détartrage, synthèses d'arôme ou de parfum, etc.

#### Notions abordées au collège (cycle 4)

Transformations physiques : changement d'état, conservation de la masse, variation du volume, température de changement d'état.

Transformations chimiques : conservation de la masse, redistribution d'atomes, notion d'équation chimique, réactions entre espèces acides et basiques en solution, réactions d'une espèce acide sur un métal, mesure de pH.

### B) Transformation chimique

Notions et contenus	Capacités exigibles
Modélisation macroscopique d'une transformation par une réaction chimique. Écriture symbolique d'une réaction chimique. Notion d'espèce spectatrice. Stœchiométrie, réactif limitant. Transformations chimiques endothermiques et exothermiques.	Modéliser, à partir de données expérimentales, une transformation par une réaction, établir l'équation de réaction associée et l'ajuster. Identifier le réactif limitant à partir des quantités de matière des réactifs et de l'équation de réaction. <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> 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. <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> <b>Capacité mathématique : utiliser la proportionnalité.</b>

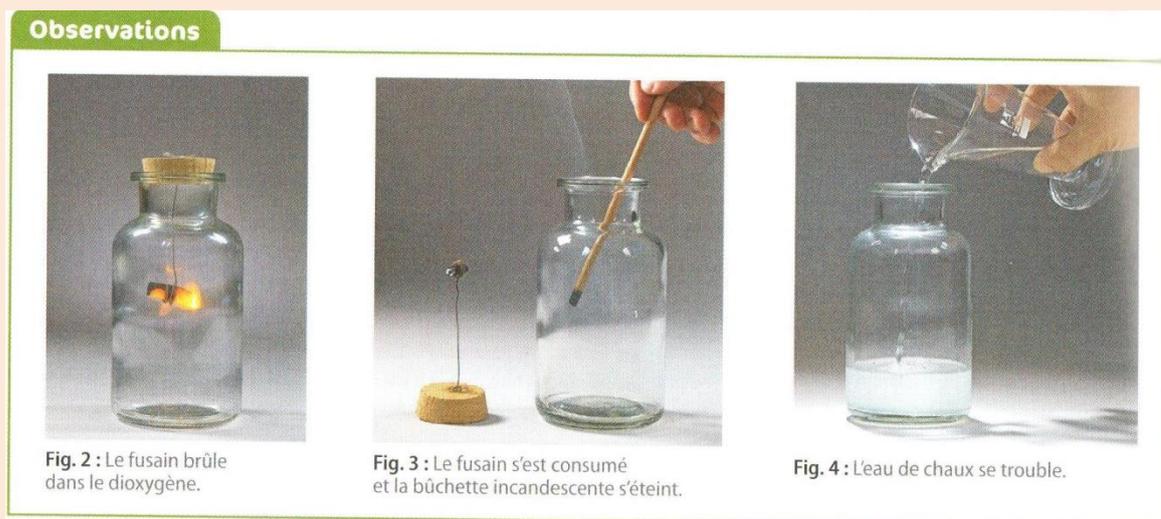
## CH C6 - Transformations chimiques

### 1. Modélisation d'une transformation chimique

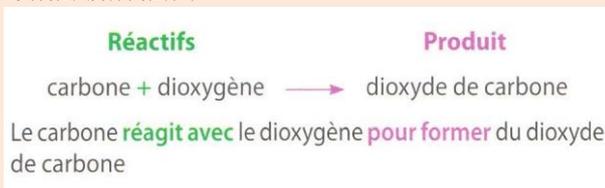
#### 1.1. Rappels du collège

Au collège nous avons interprété une transformation chimique comme une **redistribution des atomes**. L'exemple étudié était la combustion du carbone :

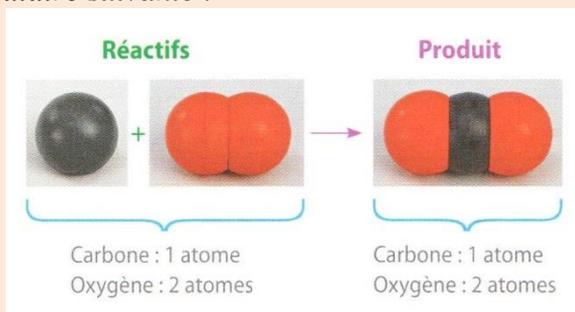
*Un morceau de fusain brûle dans du dioxygène pur. Ces corps disparaissent et il apparaît du dioxyde de carbone.*



Nous avons alors écrit le bilan suivant :



Fait l'interprétation moléculaire suivante :



Et enfin nous avons donné l'équation suivante :



Images : Microméga collège p 160-161

Ainsi, à partir d'observations d'expériences, nous avons su établir un bilan et une équation bilan d'une transformation chimique. Nous avons vu également que **la masse se conserve** au cours d'une transformation chimique. Nous allons maintenant approfondir toutes ces notions.

## 1.2. Définitions

Un **réactif** est une espèce chimique qui disparaît au cours d'une transformation chimique.

Un **produit** est une espèce chimique qui apparaît au cours d'une transformation chimique.

Lors d'une **transformation chimique**, des **réactifs** sont donc consommés et des **produits** sont formés.

Une **espèce spectatrice** est une espèce chimique présente lors de la transformation mais qui n'a pas été consommée ni produite. On la retrouve donc en même quantité à la fin de la transformation.

## 1.3. Ecriture symbolique

A partir des données expérimentales, on peut modéliser une transformation chimique par une **réaction chimique**.

Cette réaction peut alors être symbolisée par une **équation** qui s'écrit :



A, B, C, D sont les **nombre stœchiométriques**. Ils donnent les proportions de chaque espèce pour que l'équation soit équilibrée.

Une équation est équilibrée s'il y a :

- **conservation des éléments chimiques** : on retrouve exactement les mêmes éléments et en même nombre de chaque côté de la flèche ;
- **conservation des charges** : on retrouve la même charge globale de chaque côté de la flèche.

### Remarques :

Quand le coefficient stœchiométrique est égal à 1 on ne le met pas.

On indique l'état des substances : s, l, g, aq.

Quand il y a des espèces spectatrices on peut simplifier l'équation en les retirant de chaque côté de l'équation de réaction. On obtient une équation simplifiée.

## 1.4. Exemples

Les exemples suivants sont à connaître par cœur :



### Combustion du carbone :

Bilan :                      carbone                      +                      dioxygène                      →                      dioxyde de carbone

Equation bilan :                       $C_{(s)}$                       +                       $O_{2(g)}$                       →                       $CO_{2(g)}$



### Combustion du méthane :

Bilan : méthane + dioxygène → dioxyde de carbone + eau



### Corrosion d'un métal par un acide :

Fer, magnésium, aluminium, zinc... comme beaucoup d'autres métaux réagissent avec un acide.

Une solution est acide si elle contient des ions  $\text{H}^+$ <sub>(aq)</sub>.

Prenons alors comme exemple celui du fer (Fe) et de l'acide chlorhydrique ( $\text{H}^+ + \text{Cl}^-$ ).

Bilan : fer + acide chlorhydrique → dihydrogène + solution de chlorure de fer II



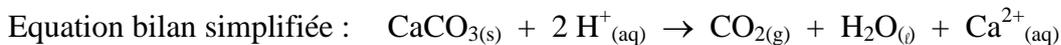
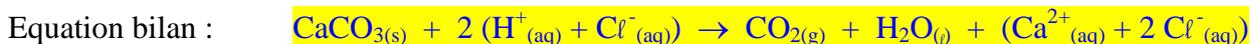
On constate ici la présence d'ions spectateurs :  $\text{Cl}^-$ . On peut alors simplifier l'équation :



### Action d'un acide sur le calcaire :

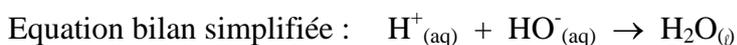
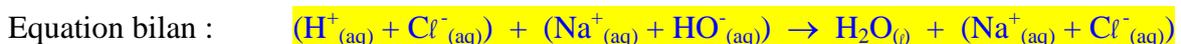
Le calcaire est une roche composée majoritairement de carbonate de calcium  $\text{CaCO}_3$ .

Bilan : calcaire + acide chlorhydrique → dioxyde de carbone + eau + solution de chlorure de calcium



### Action de l'acide chlorhydrique sur l'hydroxyde de sodium en solution :

Bilan : acide chlorhydrique + hydroxyde de sodium → eau + solution de chlorure de sodium



## 2. Le réactif limitant

### 2.1. Définitions

Si tous les réactifs ont été consommés à l'état final, le mélange des réactifs est dit **stœchiométrique**.

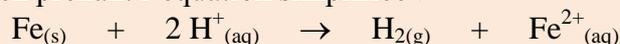
Dans le cas contraire, le réactif totalement consommé est le **réactif limitant**, les autres réactifs sont **en excès**.

Le réactif limitant est donc le réactif qui arrêtera la transformation et le réactif en excès sera encore présent à l'état final.

### 2.2. Comment le trouver

Tout dépend des quantités initiales. En effet, à partir de l'équation bilan, les coefficients stœchiométriques montrent que ce n'est qu'une question de **proportionnalité**.

Par exemple, en prenant l'équation simplifiée :



on peut dire qu'	1 atome de fer réagit avec	2 ions hydrogène ...
donc	2 atomes de fer réagissent avec	4 ions hydrogène ...
	3 atomes de fer réagissent avec	6 ions hydrogène ...
	...	...
	25 atomes de fer réagissent avec	50 ions hydrogène ...

Pour trouver le réactif limitant il faut donc diviser la quantité de matière initiale de chaque réactif par son coefficient stœchiométrique. Celui dont le rapport est le plus petit correspond au réactif limitant.

La méthode se résume donc par :

Soit une réaction d'équation :  $a A + b B \rightarrow c C + d D$

- le réactif A est limitant si  $\frac{n_i(A)}{a} < \frac{n_i(B)}{b}$
- le réactif B est limitant si  $\frac{n_i(B)}{b} < \frac{n_i(A)}{a}$
- le mélange est stœchiométrique si  $\frac{n_i(A)}{a} = \frac{n_i(B)}{b}$

En reprenant l'exemple du fer et des ions  $\text{H}^+$  et en considérant que l'on fait réagir 3 moles de fer avec 10 moles d'ions  $\text{H}^+$  on a :

$$\frac{n_i(\text{Fe})}{1} = \frac{3}{1} = 3 \quad \text{et} \quad \frac{n_i(\text{H}^+)}{2} = \frac{10}{2} = 5.$$

Donc  $\frac{n_i(\text{Fe})}{1} < \frac{n_i(\text{H}^+)}{2}$  le fer est le réactif limitant.

Ainsi à l'état final il ne restera plus d'atomes de fer (les 3 moles de fer sont entièrement consommées), par contre il restera 4 moles d'ions  $\text{H}^+$  (puisque sur les 10 moles au départ seulement 6 ont été consommées).

### 3. Les effets thermiques

#### 3.1. Définitions

Lors d'une transformation chimique, le réarrangement des atomes nécessite parfois un apport d'énergie, d'autres fois le réarrangement libère de l'énergie.

Cette énergie consommée ou libérée se traduit par une diminution ou une augmentation de la température du système chimique.

Ainsi, on dira qu'une transformation chimique est :

- **exothermique** si elle libère de l'énergie (la température augmente) ;
- **endothermique** si elle consomme de l'énergie (la température diminue).

Il existe également des transformations **athermiques** pour lesquelles il n'y a pas d'échange d'énergie et donc pas d'évolution de la température.

Par ailleurs, plus la masse du réactif limitant est grande, plus l'effet thermique sera important.

#### 3.2. Exemples

Dans la vie courante nous observons de nombreuses transformations exothermiques. C'est le cas par exemple des combustions du bois, du charbon, de l'essence, du gaz ... qui nous procurent de la chaleur. Les chauffeuses en sont d'autres exemples. Et nous avons vu au collège des réactions comme le mélange d'un acide avec une base ou l'action d'un acide avec un métal qui montrent l'élévation de température.

Les transformations endothermiques sont moins courantes et sont plutôt vues en laboratoire. On peut néanmoins citer l'action de l'acide citrique avec l'hydrogénocarbonate de sodium qui peuvent être des substances présentes dans une cuisine : du jus de citron et du bicarbonate de soude.

Une transformation athermique peut s'observer lors d'une dissolution comme par exemple la dissolution du chlorure de sodium dans l'eau (du sel de cuisine dans l'eau).