

# CHAPITRE 4 – MODELISATION DES TRANSFORMATIONS CHIMIQUES

## Pré-requis :

- Etats de la matière, changements d'état, modèle particulaire.
- Transformations chimiques et conservation de la masse.

## Objectifs :

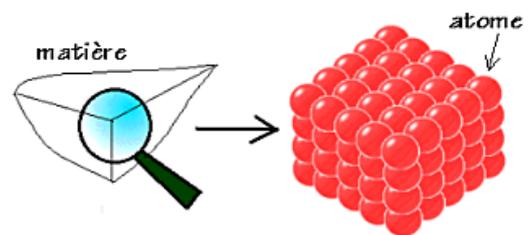
- Décrire une transformation chimique avec le modèle atomique.
- Relier un atome à son modèle, son nom et son symbole.
- Relier la formule chimique d'une molécule à sa composition.

## I. Les atomes

Toute la matière (solide, liquide ou gazeuse) est formée d'**atomes** innombrables et microscopiques.

Les atomes sont les constituants de base des **molécules**.

Les **118** types d'atomes connus sont classés dans le tableau périodique des éléments :



**TABLEAU DE CLASSIFICATION PERIODIQUE DES ELEMENTS CHIMIQUES**

1																	18																																	
1	H																	He																																
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne																																
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar																																
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																																
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe																																
6	Cs	Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn																																
7	Fr	Ra																																																
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tbody> <tr> <td>57</td><td>La</td><td>Ce</td><td>Pr</td><td>Nd</td><td>Pm</td><td>Sm</td><td>Eu</td><td>Gd</td><td>Tb</td><td>Dy</td><td>Ho</td><td>Er</td><td>Tm</td><td>Yb</td><td>Lu</td> </tr> <tr> <td>89</td><td>Ac</td><td>Th</td><td>Pa</td><td>U</td><td>Np</td><td>Pu</td><td>Am</td><td>Cm</td><td>Bk</td><td>Cf</td><td>Es</td><td>Fm</td><td>Md</td><td>No</td><td>Lw</td> </tr> </tbody> </table>																			57	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	89	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lw
57	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu																																			
89	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lw																																			

On attribue un **symbole** à chaque atome de même nature. Il commence toujours par une lettre majuscule suivie parfois d'une lettre minuscule.

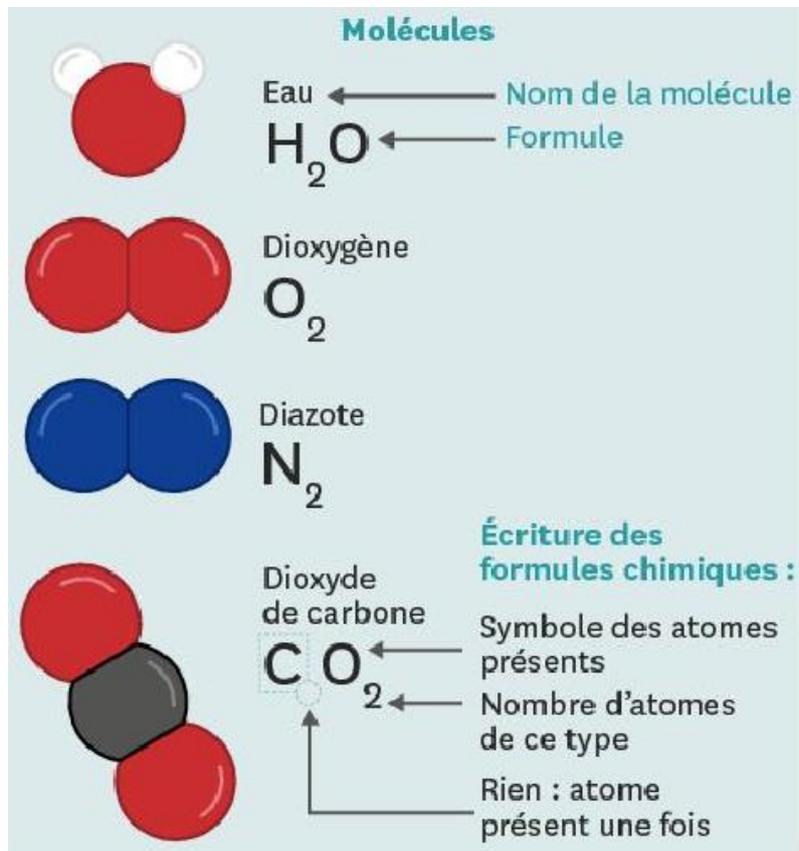
On utilise aussi un **modèle** qui représente les atomes courants sous la forme de boules colorées :

Atome	Hydrogène	Carbone	Azote	Oxygène
Symbole	H	C	N	O
Modèle atomique	○	●	●	●

## II. Les molécules

Une **molécule** est une structure constituée d'atomes liés entre eux.

On représente une molécule par une **formule** et un **modèle moléculaire** :



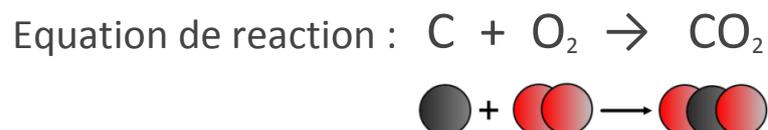
Il existe bien sûr des molécules plus complexes, qui peuvent contenir jusqu'à plusieurs millions d'atomes (ADN).

## III. Modélisation des transformations chimiques

Lors d'une transformation chimique, les atomes composant les molécules des réactifs se réarrangent pour former les molécules des produits. Les molécules des réactifs disparaissent donc, mais pas leurs atomes !

On modélise ce processus par une **équation de réaction**, qui décrit l'état initial et l'état final de la transformation.

Exemple : combustion du carbone



Remarque : les mêmes atomes figurent, en même nombre, dans les réactifs et dans les produits.

#### IV. Méthode : équilibrer une équation de réaction

Au cours d'une transformation chimique, « rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme ». C'est-à-dire qu'aucun atome n'est créé ni détruit. On dit qu'il y a **conservation des atomes**.

Une équation de réaction **équilibrée** traduit cette conservation des atomes : il doit y avoir le même nombre d'atomes dans les réactifs et dans les produits.

#### Exemple : combustion du méthane



Cette équation n'est pas équilibrée : il n'y a pas le même nombre d'atomes de chaque sorte dans les réactifs et dans les produits.

##### Réactifs :

- 1 atome de Carbone
- 4 atomes d'Hydrogène
- 2 atomes d'Oxygène

##### Produits :

- 1 atome de Carbone
- 2 atomes d'Hydrogène
- 3 atomes d'Oxygène

Pour équilibrer l'équation-bilan, nous allons placer **devant** les molécules des coefficients entiers, les plus petits possibles, afin d'obtenir **le même nombre d'atomes** de chaque sorte dans les réactifs et dans les produits.

➔ **IL EST BIEN SUR INTERDIT DE MODIFIER LES MOLECULES DE LA REACTION :  $\text{H}_2\text{O} \neq \text{H}_2\text{O}_2$  !!!**

On travaille atome par atome, c'est-à-dire que l'on équilibre d'abord l'hydrogène (par exemple) sans se préoccuper des autres atomes. Puis on passe au carbone, puis enfin à l'oxygène.

##### Etape 1 : Equilibrage des atomes d'hydrogène

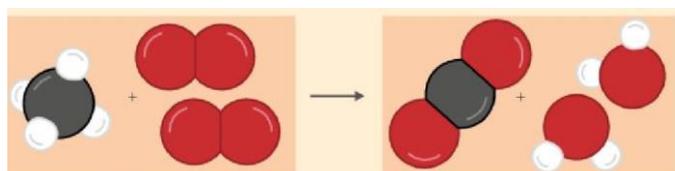


- |                        |                               |
|------------------------|-------------------------------|
| ➤ 1 atome de Carbone   | ➤ 1 atome de Carbone          |
| ➤ 4 atomes d'Hydrogène | ➤ <b>4</b> atomes d'Hydrogène |
| ➤ 2 atomes d'Oxygène   | ➤ <b>4</b> atomes d'Oxygène   |

##### Etape 2 : Equilibrage des atomes d'oxygène



- |                             |                               |
|-----------------------------|-------------------------------|
| ➤ 1 atome de Carbone        | ➤ 1 atome de Carbone          |
| ➤ 4 atomes d'Hydrogène      | ➤ <b>4</b> atomes d'Hydrogène |
| ➤ <b>4</b> atomes d'Oxygène | ➤ <b>4</b> atomes d'Oxygène   |





## 1 La matière : des représentations en progrès



On a représenté les différentes molécules par des formes géométriques comme des cercles, des carrés, etc. Ce modèle ne permet pourtant pas de comprendre les transformations chimiques.

**Quelle amélioration a été apportée au modèle particulaire pour lui permettre d'expliquer les transformations chimiques ?**

À la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, le modèle particulaire de la matière a peu de succès : imaginer la matière composée de petites particules n'explique rien aux transformations chimiques ! Mais le scientifique italien Avogadro apporte l'explication en 1811. Il comprend que certaines molécules sont élémentaires et forment, en se liant entre elles, les molécules ordinaires. Par la suite, le mot **atome** remplace rapidement l'expression « molécule élémentaire ».

En simplifiant, l'atome se décrit comme une sphère : rayon d'environ  $10^{-10}$  m, masse de l'ordre de  $10^{-26}$  kg. On connaît 118 différentes sortes d'atomes. Les transformations chimiques ne les affectent pas ou seulement de manière marginale et réversible. Les atomes sont classés dans un tableau et y sont symbolisés par une lettre majuscule parfois suivie d'une minuscule.

### Doc. 1 Avogadro et la « molécule élémentaire ».

### Doc. 2 Les atomes, une grande famille.

Nom	Modèle	Symbole
Hydrogène	○	H
Carbone	●	C
Azote	●	N
Oxygène	●	O
Chlore	●	Cl

### Doc. 3 Représenter les atomes.

On peut représenter un atome par :

- le modèle de la sphère. Elle peut être dessinée ou en plastique. Une couleur est associée à chaque type d'atome (bien qu'en réalité ils ne soient pas colorés) ;
- son symbole : une ou deux lettre(s) de l'alphabet.



### Exploration et analyse des documents

1. **Doc. 1** Quelle était la plus petite structure constituant la matière imaginée avant l'explication d'Avogadro ?
2. **Doc. 1** Pourquoi fallait-il améliorer le modèle particulaire de la matière ?
3. **Doc. 3** Quelles sont les différentes manières de représenter les atomes ?
4. **Doc. 1** Quel est le lien entre atomes et molécules ?



### Synthèse

5. **Doc. 3** Si l'on représente les atomes par des sphères, comment représentera-t-on les molécules ?

### Vocabulaire

**Les atomes :** les particules dont sont constituées les molécules.

### Pour réussir cette activité

- ✓ J'ai compris et extrait des informations de textes scientifiques.
- ✓ J'ai identifié le lien entre atome et molécule.
- ✓ J'ai identifié les différents moyens utilisés pour représenter des atomes.



■ **COMPÉTENCE** Modéliser des phénomènes pour les expliquer

## 2 Que disent les formules chimiques ?

Mathis a vu sur une affiche que la formule du dioxyde de carbone s'écrit «  $\text{CO}_2$  ». Il se demande ce que cela veut dire.



**Covoiturer permet de réduire les émissions de dioxyde de carbone**

### Formulation d'une hypothèse

1. D'après toi, que nous apprend la formule  $\text{CO}_2$  sur la molécule de dioxyde de carbone ?

La formule d'une molécule indique comment celle-ci est composée.

Elle s'écrit avec les symboles des atomes qui la composent. Si plusieurs d'entre eux sont identiques, le symbole correspondant n'est écrit qu'une seule fois et le nombre est précisé en indice.

Ex. : la molécule d'ammoniac  $\text{NH}_3$  est composé d'un atome d'azote N et de 3 atomes d'hydrogène H.

**Doc. 1** La formule d'une molécule.

Nom	Modèle	Formule
Eau		$\text{H}_2\text{O}$
Diazote		$\text{N}_2$
Dihydrogène		$\text{H}_2$
Dioxyde de carbone		$\text{CO}_2$
Carbone		C

**Doc. 2** Nom, modèle et formule de quelques molécules.

Pour déterminer sa constitution, il suffit d'observer le dessin, la maquette ou encore la formule chimique d'une molécule.

Certaines espèces chimiques sont faites d'un seul et même type d'atome. C'est le cas par exemple du carbone, du fer ou de l'hélium.

### Recherche d'informations

- Doc. 2** En t'aidant des dessins, donne la composition des molécules d'eau et de diazote.
- Doc. 2** Propose une formule pour la molécule de dioxygène.
- Doc. 1** Sachant que le méthane est composé d'un atome de carbone et de 4 atomes d'hydrogène, donne sa formule.
- Dessine sa molécule sachant qu'elle s'inscrit dans une pyramide à base triangulaire.

### Analyse d'information

6. Ton hypothèse était-elle correcte ?

### Conclusion

7. Quel est l'intérêt de connaître la formule d'une molécule dont on connaît déjà le nom ?

### Pour réussir cette activité

- ✓ J'ai interprété une formule chimique en terme de composition atomique.
- ✓ J'ai compris et extrait des informations de textes scientifiques.
- ✓ J'ai représenté des molécules.



## 3 Que se passe-t-il lors d'une transformation chimique ?

Alors qu'il aide son père à préparer un barbecue, Tim se rappelle avoir appris que la combustion du carbone, dont est fait le charbon, produit du dioxyde de carbone. En regardant les braises, il se demande ce qu'il se passe.



### Formulation d'une hypothèse

1. D'après toi, que deviennent les atomes des molécules qui disparaissent lors des transformations chimiques ?



Doc. 1 Le carbone, élément-clé du barbecue.

### Vocabulaire

**Une équation de réaction :** bilan de transformation dans lequel les réactifs et les produits sont notés grâce à leur formule chimique.

**Une réaction chimique :** modélisation (description simplifiée) du phénomène de transformation chimique.

### Expérimentation

2. **Protocole :** Dans l'exemple de la combustion du carbone.

- Construis et rassemble quelques maquettes de molécules ou d'atomes de chaque réactif.
- Construis une maquette de molécule du produit sans utiliser les maquettes de réactifs.

3. **Réalisation :**

- Après validation de tes maquettes par le professeur, construis de nouvelles maquettes de produit en utilisant celles des réactifs.
- Compte les liaisons entre les atomes que tu as défaits et celles que tu as créées.

### Analyse des résultats

- Tu as construit certaines maquettes de produit en utilisant les maquettes des réactifs. Que leur as-tu fait ?
- Décris la **réaction chimique** du point de vue des atomes. Ton hypothèse était-elle correcte ?

### Conclusion

- Écris l'**équation de réaction** de la transformation du carbone et du dioxygène en dioxyde de carbone.

### Pour réussir cette activité

- ✓ J'ai proposé une hypothèse pour répondre à une question scientifique.
- ✓ J'ai interprété une transformation chimique en m'appuyant sur la notion d'atome.
- ✓ J'ai écrit une équation de réaction chimique pour décrire une transformation chimique.

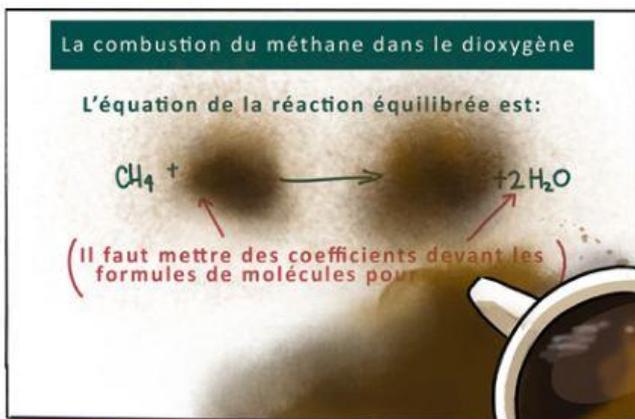
■ **COMPÉTENCE** Mettre en œuvre un raisonnement logique simple pour résoudre un problème

## 4 Des atomes bien conservés !

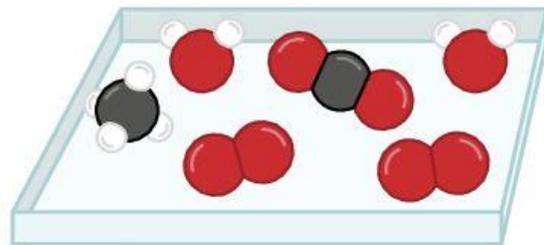
Pour la Fête de la Science, Anna et Rachid ont préparé un atelier avec des expériences et une affiche sur la combustion du méthane. Ils ont compris comment, par réorganisation des atomes, les réactifs se transforment en produits. Ils ont même trouvé comment écrire dans l'équation de réaction que la transformation conserve les atomes. Tout était prêt avant que le père d'Anna ne renverse accidentellement sa tasse sur le polycopié !

### TA MISSION

À l'aide de tes connaissances et des documents, refais l'affiche d'Anna et Rachid.



Doc. 1 Le polycopié taché par le père d'Anna.

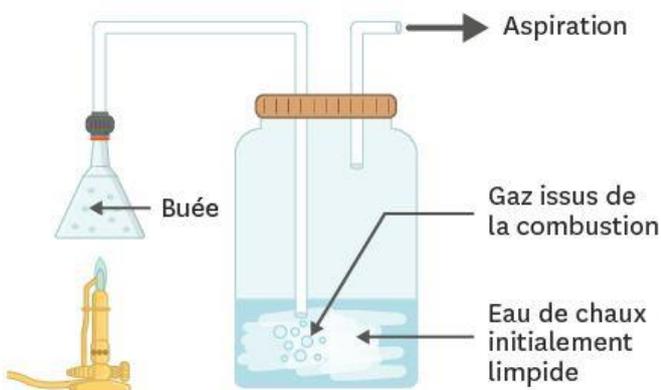


Doc. 2 La boîte contenant les maquettes des molécules préparées pour l'atelier.

### Vocabulaire

**Un coefficient :** nombre placé devant les formules des molécules et rendant compte de leur proportion.

**Une équation équilibrée :** équation de réaction qui tient compte de la conservation des atomes au cours de la transformation.



Doc. 3 L'expérience de combustion du méthane présentée par les élèves.

La combustion du méthane dans le dioxygène donne deux produits que l'on identifie dans cette expérience.

### Pour accomplir ma mission

- ✓ J'ai retrouvé les formules du réactif et du produit manquant.
- ✓ J'ai proposé un coefficient à ajouter devant la formule du deuxième réactif.
- ✓ J'ai expliqué pourquoi il faut mettre des coefficients dans les équations bilan.