

LA TRANSFORMATION CHIMIQUE AU CYCLE 4

Par Sonia Cousinat,

professeure de physique-chimie,
collège Terres Rouges, Épernay (51)

■ ■ À L'HEURE DE L'UTILISATION INTENSIVE DU NUMÉRIQUE et de l'existence, sur les tablettes ou smartphones, d'applications qui permettent de visualiser des molécules en 3D ou de simuler une transformation chimique, il semble intéressant de revenir à la manipulation d'objets tels que les modèles moléculaires pour comprendre la notion de transformation chimique et sa modélisation par une équation de réaction. L'outil numérique est ensuite très utile pour s'entraîner.

Cette séance permet aux élèves de comprendre la signification des coefficients stœchiométriques en manipulant les modèles moléculaires. Ces coefficients leur apparaissent souvent comme des produits purement mathématiques alors qu'ils reflètent les relations de proportions entre les différents réactifs et les produits formés. Cette approche erronée est la cause de nombreuses erreurs, par la suite, dans le cas de réactions limitées, ou bien de réactions totales mais avec un réactif limitant, étudiées au lycée. Elle permet également de réaffirmer que la structure d'une molécule est fixe et que si l'on change une formule chimique, on n'a plus affaire à la même molécule.

PLACE DANS LES PROGRAMMES

Cette activité est mise en œuvre en classe de quatrième. Elle intervient dans une partie intitulée : « Les atomes pour comprendre la transformation chimique ». Les élèves doivent être capables de décrire et d'expliquer des transformations chimiques, c'est-à-dire d'interpréter une transformation chimique comme une redistribution des atomes. Ils doivent également savoir utiliser une équation de réaction chimique fournie pour décrire une transformation chimique observée (voir le [programme de physique-chimie du cycle 4](#)).

Il n'est pas demandé, au cycle 4, de savoir déterminer les coefficients stœchiométriques d'une équation de réaction, mais de savoir interpréter cette dernière lorsqu'elle est donnée. Cette activité de découverte permet néanmoins de donner du sens à ces coefficients.

SAVOIR +

Dumon Alain, Laugier André, « L'équation de réaction : approche historique et didactique de la modélisation de la transformation chimique », *Bulletin de l'Union des physiciens*, n° 866, 2004, p. 1131-1144.

El Hage Suzane, Verchier Yann, Piezel Morgan, « Analyse des difficultés d'étudiants en bac + 1 de la compréhension des transformations chimiques en utilisant le modèle articulaire », *Educational Journal of the University of Patras*, vol. 6, n° 1, 2019, p. 159-168.

Kermen Isabelle, Méheut Martine, « Évolution des systèmes chimiques et équilibres chimiques en terminale S », *Bulletin de l'Union des physiciens*, n° 866, 2004, p. 1145-1156.

POSITIONNEMENT AU SEIN DE LA SÉQUENCE ET PRÉREQUIS

La définition d'une transformation chimique et la différence avec une transformation physique ainsi que les bilans de réaction de quelques combustions faites en classe ont été étudiées auparavant.

La séquence débute par une activité sur la modélisation des transformations chimiques à l'aide du modèle particulaire, qui est le seul connu à ce moment-là. Cette modélisation ne permettant pas d'expliquer la transformation chimique, il faut aller voir ce qu'il y a dans les molécules. On présente ensuite quelques **atomes** (modèle atomique et symbole chimique) et **molécules** à connaître (modèle moléculaire et formule chimique). Enfin, des activités sont proposées pour comprendre et savoir construire les formules chimiques. Les élèves apprennent à passer de la

composition d'une molécule à son modèle moléculaire et à sa formule chimique, et inversement. Ce début de séquence représente environ deux semaines. L'activité présentée ci-après dure une heure mais elle peut être prolongée. On peut la compléter par une activité sur la conservation de la masse lors des transformations chimiques.

SCÉNARIO PÉDAGOGIQUE

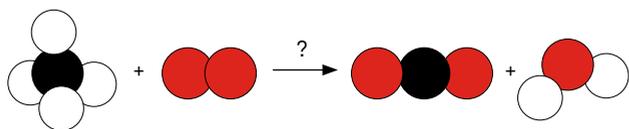
ÉTAPE 1

Modélisation de la combustion du carbone

	Réactifs		Produits
Bilan	carbone + dioxygène		dioxyde de carbone
Bilan avec les modèles moléculaires		+	
Équation de la réaction	C	+ O ₂	CO ₂

Dans un premier temps, les élèves réalisent la combustion du carbone à l'aide des modèles moléculaires. Pour cela, le professeur leur demande de ne garder sur la table que les réactifs, c'est-à-dire un atome de carbone et une molécule de dioxygène. Ils doivent ensuite réaliser le dioxyde de carbone, produit obtenu à partir des réactifs. Cette première étape très simple permet aux élèves de réaliser concrètement la redistribution d'atomes que représente la transformation chimique. Elle permet également d'aborder un écueil, courant chez les élèves, qui considèrent que le dioxyde de carbone n'est qu'un mélange de carbone et de dioxygène. Les obliger à détruire la molécule de dioxygène pour former le dioxyde de carbone permet de fixer la notion de molécules qui disparaissent. Pour ancrer plus encore la différence entre mélange et transformation chimique, il est possible de réaliser un travail sur les propriétés chimiques différentes des deux gaz (voir l'article « Enseigner les transformations de la matière », TDC, n° 1126, p. 38). On peut encore insister en demandant aux élèves si le dioxyde de carbone contient du dioxygène. Le professeur peut alors présenter la première équation de réaction rencontrée par les élèves. On remplace simplement les noms des réactifs et des produits par leur formule chimique.

ÉTAPE 2



Le même travail est ensuite réalisé sur un exemple plus complexe tel que la combustion du méthane. Les élèves doivent réaliser une molécule de méthane et une molécule de dioxygène, les autres atomes disponibles avec les modèles moléculaires sont mis de côté momentanément. À partir de

ces réactifs, ils doivent, de la même façon que précédemment, construire les produits formés, c'est-à-dire de l'eau et du dioxyde de carbone.

Très vite, les élèves font face au problème de manque d'atomes d'oxygène (ou de billes rouges). Le professeur est alors ressource pour expliquer que l'élément oxygène existe en grande quantité dans l'air, mais seulement sous forme de dioxygène. Il fournit donc une molécule de dioxygène supplémentaire. Les élèves parviennent alors à former les produits. Deux cas de figure sont ensuite possibles : soit le groupe construit facilement les deux molécules d'eau produites, soit il construit une molécule de chaque réactif, sans se soucier des atomes restants. L'enseignant est alors là pour expliquer que, de la même façon qu'on ne trouve pas n'importe quel atome seul dans la nature, on ne produit pas n'importe quel atome seul, par transformation chimique. C'est la notion même de transformation chimique qui se joue ici puisqu'une réaction chimique n'est possible que si elle conduit à un système chimiquement stable. Les élèves construisent assez facilement la deuxième molécule d'eau lorsqu'ils ont compris qu'il faut faire quelque chose des atomes restants. C'est l'occasion d'insister sur la conservation des atomes lors d'une transformation chimique qui leur impose d'utiliser tous les atomes qui se trouvent dans les réactifs pour former des produits.

ÉTAPE 3

Modélisation de la combustion du méthane

	Réactifs		Produits
Bilan	méthane + dioxygène		dioxyde de carbone + eau
Bilan avec les modèles moléculaires		+	
Équation de la réaction	CH ₄	+ 2 O ₂	→ CO ₂ + 2 H ₂ O

Une phase de mise en commun est utile à la suite de cette activité, lors de laquelle les élèves schématisent la transformation chimique avec les modèles moléculaires afin de pouvoir s'y référer si des difficultés liées au sens des coefficients stœchiométriques dans l'équation de la réaction apparaissent plus tard. Ce passage par le dessin permet également de rappeler le souvenir de l'activité menée en classe lors des phases de révisions à la maison, et lorsque les élèves devront exploiter des équations de réaction différentes dans des exercices, par exemple.

Vient ensuite le passage des modèles moléculaires à l'équation de la réaction, qui peut être proposé en autonomie aux élèves. L'enseignant recueille alors les différentes propositions et demande aux élèves une critique constructive de ce qui a été proposé. Cette phase de recherche individuelle est intéressante car plusieurs élèves vont proposer de remplacer O₂ par O₄.

On peut alors faire construire O_4 à un élève pour illustrer le fait que l'on n'obtient pas du dioxygène et que cette opération ne reflète pas la réalité de ce qui se passe lors de la réaction. L'ajout d'un coefficient devant la formule chimique de la molécule semble alors plus fidèle à la réalité et modélise mieux la transformation chimique. Ce qui a été fait pour le dioxygène est reproduit pour l'eau.

La trace écrite met en parallèle le bilan avec les modèles moléculaires et l'équation de la réaction ajustée, afin de faire sens.

L'équation de la réaction étant ajustée, c'est le moment de revenir avec les élèves sur le sens de ces coefficients comme étant les proportions des différents corps qui interagissent. On peut, par exemple, leur demander de réfléchir à ce qui se passe si on fait réagir deux molécules de méthane.

Une phase d'exercisation est ensuite nécessaire pour passer d'une équation de réaction donnée au nombre de molécules impliquées pour chaque réactif et produit. Afin de faire le lien entre le monde des modèles et le monde réel, il est important de faire prendre conscience aux élèves qu'en réalité, ce sont des milliards de molécules et d'atomes qui sont mis en jeu.

PROLONGEMENT ET DIFFÉRENCIATION POSSIBLE

L'étape 2 de l'activité peut être menée au même rythme avec tous les élèves de la classe, car il est important de veiller à ce qu'ils ne gardent qu'une molécule de méthane et une molécule de dioxygène. Ainsi, ils restent tous bloqués, et c'est une volonté du professeur, car il leur manque des atomes d'oxygène pour fabriquer les produits de la réaction. Si on laisse les modèles moléculaires à disposition, les élèves prennent des atomes d'oxygène en plus, sans réfléchir, pour parvenir à l'objectif fixé qui est de fabriquer les produits à partir des réactifs. La suite n'est pas menée à la même vitesse par tous les élèves car si certains comprennent très vite le sens de l'activité, d'autres ont besoin du professeur pour réexpliquer la démarche suivie, la notion de molécule, la nécessaire contrainte de conservation des atomes. On peut donc proposer aux plus rapides de réaliser une autre combustion, toujours avec les modèles moléculaires, à partir d'une question simple du type : « Combien de molécules de dioxygène sont nécessaires pour brûler une molécule d'éthène, de formule chimique C_2H_4 ? » On précise dans ce cas que les produits formés lors de cette transformation chimique sont les mêmes qu'avec le méthane, ou on donne le bilan écrit de la réaction (éthène + dioxygène → dioxyde de carbone + eau), sans indiquer les coefficients stœchiométriques. La combustion du propane peut également être utilisée si les atomes sont en quantité suffisante ou si l'existence de la double liaison carbone-carbone pose un problème avec les modèles moléculaires utilisés. Ces élèves plus avancés sont ensuite sollicités pour écrire l'équation de la réaction de combustion de l'éthène, après la mise en commun sur le méthane. ■■