

“DIS, GRAND-PAPA, C’EST QUOI LA CHIMIE ?”

par

Ivan GILLET

Université de Liège

MOTS - CLES : Enfant – Plaisir – Molécule – Modèle - Réaction chimique

RESUME : .Il y a quelques années, un de mes petits-fils, alors âgé de 8 ans, est venu me poser cette question : “C’est quoi la chimie ?” Avec expériences et explications toutes simples, j’ai répondu à sa demande, sans oublier la nature à côté de la technique. La communication décrit cette scène avec ses expériences et explications, complétées de commentaires et conclusions.

SUMMARY : A few years ago, one of my grand-sons, then 8 years old, came and asked me : “What is chemistry ?” With simple experiments and explanations, I answered his request, without omitting nature besides technique. This paper describes the happening with experiments and explanations, completed by some comments and conclusions.

1. DIALOGUE ET EXPÉRIENCES

1.1. Les chimistes

- “Dis, grand-papa, c’est quoi la chimie ?”
- “La chimie, c’est ce que font les chimistes”.
- Et qu’est-ce qu’ils font les chimistes ?
- Les chimistes, ils jouent avec des *molécules* et ils les transforment.
- C’est quoi des molécules ?

Pour expliquer cela, une première manipulation : sur mes instructions, il a pris deux petites cuillers ; puis, au robinet, il a rempli d’eau l’une des cuillers.

- Verse la moitié de l’eau dans l’autre cuiller.
-

-Est-ce qu'il t'a fallu un gros effort pour partager l'eau en deux ?

- Non.

- Avec la force de ta main, tu as fait un mouvement pour verser l'eau. Une force en mouvement, les scientifiques appellent cela de l'énergie. Il t'a donc fallu très peu d'énergie pour partager l'eau.

- Maintenant, vide la seconde cuiller et partage de nouveau en deux l'eau qui reste dans la première.

- Après cela, imagine que tu recommences un grand nombre de fois : partager le reste de l'eau en deux, puis le reste en deux, etc.... Quand tu auras fait cela 77 fois⁽¹⁾, tu ne pourras plus le faire.

- Pourquoi ?

- Parce que ce qui restera alors dans la cuiller, c'est *une molécule d'eau*. Et, pour la couper, il faut beaucoup plus d'énergie que pour séparer des molécules (comme on sépare des billes). Et puis, lorsque la molécule sera coupée, ce ne sera plus de l'eau.

- Après ces opérations, tu te rends compte qu'une molécule, c'est vraiment très très petit. On ne peut pas la voir. C'est pour cela que les chimistes utilisent des "*modèles moléculaires*".

- C'est quoi des modèles moléculaires ?

- Ce sont des modèles de molécules. Des modèles, ici, ce sont des objets qui ressemblent, le mieux possible, à de vrais objets, mais qui ne sont pas ces vrais objets. Et, le plus souvent, ils sont plus petits ou plus grands que les vrais objets.

Ainsi, par exemple, les petites autos de tes jeux, ce sont des "modèles réduits" de vrais autos.

Voici un modèle de molécule d'eau (figure ci-après). C'est un "modèle agrandi". Il est cent millions de fois plus grand qu'une vraie molécule d'eau.

- Pourquoi y a-t-il des boules rouge et blanches ?

- Les molécules sont faites d'atomes. Dans la molécule d'eau il y a un atome d'oxygène, la boule rouge, et deux atomes d'hydrogène, les boules blanches. Les couleurs ont été choisies par le fabricant des modèles, car on ne connaît pas la couleur des atomes.

- Alors, on va jouer avec des modèles de molécules ?

- Oui, on verra ainsi comment les chimistes transforment des molécules.

(1) $2^{77} = 1,5 \times 10^{23} = 0,25$ mole.

Or, 0,25 mole d'eau = 4,5 g d'eau = contenu de la petite cuiller.

- Comment font-ils pour transformer des molécules ?
- En faisant des “réactions chimiques”.
- C’est quoi des réactions chimiques ?
- Dans une réaction chimique, les chimistes démontent des molécules pour construire d’autres molécules avec les morceaux. C’est comme dans ton jeu “Lego” quand tu démontes une construction pour en faire une autre avec les mêmes morceaux.

1.2. Une expérience

- Est-ce qu’on pourrait démonter des vraies molécules d’eau ?
- Oui, mais pour cela il faut de l’énergie … beaucoup plus que pour partager l’eau de la petite cuiller.
- Comment peut-on faire ?
- On peut le faire avec l’énergie électrique d’une pile.

Dans un verre d’eau salée⁽²⁾ nous plongeons deux longs crayons taillés aux deux bouts.

- La mine de crayon, c’est une matière qu’on appelle “graphite”. Cela ressemble à du charbon, mais c’est fait autrement. Le graphite conduit le courant comme un fil électrique.

Je prends une pile plate de 4,5 volts ; j’applique les deux lames des bornes de la pile, chacune contre l’un des bouts supérieurs des mines de crayons.

- Regarde bien les bouts des deux crayons dans l’eau.
- Je vois des bulles sur les pointes des deux crayons … Il y en a plus d’un côté que de l’autre.
- Qu’est-ce que nous avons fait ? Nous allons le voir avec les modèles moléculaires.

Sur la table, je représente alors la réaction avec des modèles⁽³⁾ de molécules (figure) :

Energie + 2 molécules d’eau → 1 moléc. d’oxygène + 2 moléc. d’hydrogène.

- L’eau, c’est la “*matière première*” ; l’oxygène et l’hydrogène, ce sont les “*produits*” de la réaction.

 (2)Le sulfate de sodium conviendrait mieux. Mais, ici, le sel de cuisine suffit.

(3) C-à-d des objets manipulables plutôt que des symboles (H₂O, etc. …)

- Cette représentation, les chimistes l’appellent une “*équation chimique*”. C’est un “*bilan*”.

- C’est quoi un bilan ?
- Compte les atomes de chaque espèce (de chaque couleur) à gauche de la flèche, et puis à droite de la flèche, pour voir s’il y en a autant d’un côté que de l’autre.

- Oui, il y a autant de boules rouges et autant de boules blanches de chaque côté.

- Tu as fait un bilan ; et il est correct puisque les molécules des “produits” (à droite de la flèche) sont faites avec les atomes des molécules de “matière première” (à gauche de la flèche).

- En regardant cette “équation chimique”, tu vois que les atomes d’oxygène (boules rouges) de deux molécules d’eau se sont réunis et ont ainsi formé une molécule d’oxygène. C’est un gaz.

Et les atomes d’hydrogène (boules blanches) de l’eau se sont réunis deux par deux et ont ainsi formé deux molécules d’hydrogène. C’est un autre gaz.

- Ce sont les bulles que j’ai vues sur les pointes des crayons dans l’eau ?

- Oui, c’est ça.

- Il y avait plus de bulles d’un côté. C’est de l’hydrogène ; je le vois sur les modèles.

- Oui, tu as bien vu et bien compris.

- Cette expérience, on l’appelle “l’électrolyse de l’eau”. Electrolyse veut dire décomposition (lyse) par l’électricité (électro).

C’est l’énergie électrique qui a coupé les molécules d’eau.

Et les morceaux se sont réunis autrement et ont ainsi formé des molécules d’oxygène et d’hydrogène.

1.3. La nature

- Mais, il n’y a pas que les chimistes qui font de la chimie ! La *nature* aussi fait de la chimie, beaucoup de chimie.

Ainsi, par exemple, dans les feuilles vertes des arbres, et dans toutes les plantes vertes, il y a de l’eau qui est montée là à partir des racines qui l’ont prise dans le sol. Lorsque ces feuilles vertes sont éclairées par la lumière du Soleil, cette lumière c’est de l’énergie et elle décompose l’eau comme dans l’électrolyse de l’eau.

Cela produit de l'oxygène qui s'en va dans l'atmosphère. Tout l'oxygène de l'air que nous respirons vient de là. Il nous est nécessaire pour vivre. La végétation est donc très importante pour nous.

- Et l'hydrogène ?

- L'hydrogène, la plante ne le laisse pas s'échapper sous forme gazeuse, parce que ce gaz est plus léger que l'air ; il monterait dans l'atmosphère et serait perdu pour un usage.

Pour retenir l'hydrogène, la feuille prend dans l'air du gaz carbonique (figure). Chaque molécule de gaz carbonique est composée d'un atome de carbone (boule noire) entre deux atomes d'oxygène (boules rouges).

Dans la feuille ces atomes se mettent en chaînes de six carbones portant chacun un atome d'oxygène ; et c'est sur ces atomes de carbone et d'oxygène que sont accrochés les atomes d'hydrogène qui ne peuvent donc plus s'échapper. La molécule ainsi formée, c'est le glucose (figure).

C'est un sucre que l'on trouve aussi dans le miel. Cette réaction chimique où l'énergie de la lumière solaire transforme l'eau et le gaz carbonique en oxygène et glucose dans les parties vertes des végétaux, on l'appelle la "*photosynthèse végétale*". "Photo" indique l'action de la lumière. "Synthèse" indique la construction de la molécule de glucose.

On peut représenter l'équation de cette réaction chimique, c'est-à-dire son bilan de la manière suivante avec des modèles moléculaires (figure) :

Energie + 6 molécules d'eau + 6 moléc. gaz carbonique → 6 moléc. oxygène + 1 moléc. glucose. Dans la molécule de glucose, on compte 24 atomes : 6 de carbone, 6 d'oxygène, 12 d'hydrogène.

Dans cette réaction, l'eau et le gaz carbonique sont les "matières premières"; l'oxygène et le glucose sont les "produits". A partir de ce glucose et de quelques autres substances amenées par l'eau que pompent les racines, la plante fabrique toutes les matières dont elle a besoin pour se construire et ainsi grandir et vivre.

Et puis, des animaux mangent de l'herbe et d'autres plantes. Ensuite, nous mangeons des légumes et de la viande, et c'est cela qui nous donne l'énergie pour vivre.

Notre énergie personnelle vient donc du Soleil par les plantes et les animaux. C'est ce qu'on appelle la "*chaîne alimentaire*".

Dans notre corps, nos aliments sont transformés ; c'est encore de la chimie ; et cela donne du glucose que le sang amène jusqu'à nos cellules.

Le sang y amène aussi l'oxygène de l'air que nous respirons.

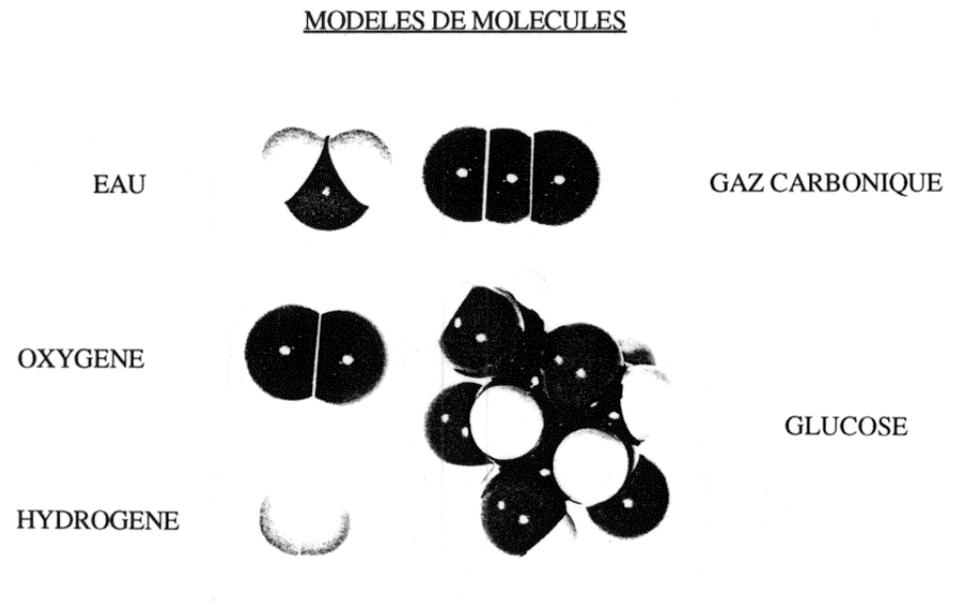
Ce glucose et cet oxygène font une réaction chimique qui donne de l'eau, du gaz carbonique et de l'énergie. Le bilan de cette réaction est juste l'inverse de celui de la "photosynthèse végétale".

Les "produits" de la photosynthèse deviennent ici des "matières premières" et les "matières premières" et "l'énergie" deviennent des "produits".

C'est ce que les biologistes appellent la "*respiration cellulaire*".

Et c'est l'énergie ainsi produite dans nos cellules qui permet à nos muscles de se mouvoir, à tous nos organes de fonctionner et d'entretenir la chaleur de notre corps.

Voilà ce que j'ai raconté à mon petit-fils de 8 ans.



2. COMMENTAIRES COMPLÉMENTAIRES

Ce que j'ai fait là n'est qu'une toute première approche fort simple pour répondre à la demande de mon petit-fils. Avant des développements plus consistants, d'autres remarques et précisions viendront par la suite, au gré des circonstances, par exemple :

2.1. Parmi les transformations de la matière, la *chimie* étudie et utilise celles qui se font *par* transformations de molécules (réactions chimiques), tandis que la *physique* étudie et utilise celles qui se font *sans* transformation de molécules, ou à côté de celles-ci.

2.2. A côté de cette distinction très claire, il convient de remarquer qu'au laboratoire, comme dans l'industrie, le chimiste ne fait pratiquement que des opérations physiques pour mettre les molécules en état de réagir. C'est ce qui a fait dire à BUNSEN, vers le milieu du 19^{ème} siècle déjà : "Un chimiste qui n'est pas physicien n'est rien du tout".

2.3. De même que la chimie fut, à l'origine, un chapitre de physique, qui a pris ensuite son autonomie, une nouvelle discipline est née de la physique depuis un siècle environ. C'est la physique nucléaire ou "nucléonique". Ici, il ne s'agit plus de molécules, mais de noyaux d'atomes.

3. CONCLUSIONS

J'avais déjà eu l'occasion d'expliquer ces choses à des adultes sans formation scientifique dans des groupes d'éducation permanente.

La question de mon petit-fils m'a permis de constater, par expérience vécue, qu'il était possible d'expliquer des notions scientifiques essentielles, même assez complexes, à des enfants relativement jeunes.

Mais je dois reconnaître que certaines conditions favorables étaient réunies ici : (1) C'est l'enfant curieux qui est venu me poser spontanément la question. (2) Une relation positive était établie depuis longtemps entre lui et moi.

(3) Il a eu manifestement du plaisir, et moi aussi avec lui.

Le plaisir est important dans l'apprentissage.

D'autre part, j'ai essayé d'employer un langage aussi simple que possible, en expliquant chaque mot nouveau pour lui, en évitant soigneusement

le symbolisme chimique (H_2O , CO_2 , etc. ...) et en le remplaçant par des modèles moléculaires (objets manipulables).

C'est particulièrement important ici parce que, contrairement à la physique macroscopique où l'enfant peut apprendre beaucoup de choses directement par l'expérience vécue, la chimie ne permet pas cette compréhension directe, car on est alors au niveau des molécules.

D'où l'importance des modèles.

De cette manière, les enfants, même tout jeunes, sont capables de comprendre cette première approche et d'acquérir ainsi une image positive de la science pour en garder le goût et l'appétit.

Progressivement, et par étapes, ils peuvent alors se construire une culture scientifique pour comprendre notre monde et les grands défis de notre temps.

Enfin, à mon avis, il serait éminemment souhaitable que l'éducation scientifique des enfants puisse commencer le plus tôt possible ... par l'expérience.

4. BIBLIOGRAPHIE

- DEFERNE J., GASSENER A., *Le monde étrange des atomes*, Paris/Genève : Ed. La Nacelle, 1994.
- FARADAY M., *The chemical history of a candle*, London, 1860.
- GIORDAN A., *Apprendre !*, Ed. Belin, 1998.
- RAICHVARG D., JACQUES J., *Savants et ignorants, une histoire de la vulgarisation des sciences*, Paris, Seuil, 1991.
- GILLET-POLIS G., QUOIBION-LAMBORELLE H., GILLET I., *Le scientifique nu : le bébé*, Actes JIES XIV, 1992, 75-81.

