

# Introduction du langage symbolique de la chimie

## *Observation de deux séances de classe ordinaires*

Sophie Canac

Université Paris Diderot, LDAR (Universités d'Artois,  
Cergy-Pontoise, Paris Diderot, Paris Est Créteil,  
Rouen Normandie) - France

Isabelle Kermen

Université d'Artois, LDAR (Universités d'Artois, Cergy-Pontoise,  
Paris Diderot, Paris Est Créteil, Rouen Normandie) - France

### **Résumé**

Nom et formule chimiques constituent le langage symbolique de la chimie. Outil de représentation à la fois des registres des modèles et du registre empirique, on peut l'interpréter aussi bien au niveau macroscopique qu'au niveau microscopique. Nous nous intéressons à son enseignement. En nous plaçant dans le cadre de la double approche didactique et ergonomique, nous cherchons à caractériser une séance ordinaire d'introduction des formules chimiques à partir de deux études de cas en classe de quatrième.

### **Mots-clés**

Didactique de la chimie, langage symbolique, séance de classe, double approche didactique et ergonomique.

## *Introducing the symbolic chemical language*

### *Observation of two ordinary teaching sessions*

### ***Abstract***

*Chemical name and formulas are the symbolic language of chemistry. It is a tool to represent the register of models and the empirical register, and it can be interpreted at both macroscopic and microscopic levels. We focus on its teaching. Using the frame of the double didactic and ergonomic approach, we seek to characterize a regular session introducing chemical formulas in fourth grade from two case studies.*

### ***Key-words***

*Chemistry education, symbolic language, classroom session, double didactic and ergonomic approach*

## INTRODUCTION

Au cours du XIX<sup>e</sup> siècle, outre une nomenclature, les chimistes ont élaboré un alphabet (les symboles atomiques), des mots (les formules chimiques) et des phrases (les équations de réaction) avec des règles « orthographiques » (la valence, l'électronégativité, etc.) et des règles « grammaticales » (la conservation de la charge et des éléments) (Jacob, 2001). Les règles syntaxiques des noms et des formules chimiques s'élaborent en lien avec le registre<sup>1</sup> des modèles. En les appliquant, il est possible de former de nouveaux « mots » (noms ou formules) correspondant à des espèces chimiques qui n'existent pas. Comme un langage, ces registres sémiotiques possèdent des règles sémantiques. Ces dernières s'élaborent en lien avec le registre empirique. Cette communication porte sur l'enseignement du langage symbolique et de ses relations avec le registre empirique et celui des modèles de la chimie.

## CADRES DE LA RECHERCHE

### Les registres de la chimie

Reprenant des travaux antérieurs, Kermen (2018) s'appuie sur l'articulation du registre des modèles et du registre empirique pour catégoriser le savoir à enseigner, et l'adapte à un savoir particulier les modifications chimiques de la matière. Elle distingue deux réalités dans le registre empirique : la réalité perçue, première description du monde à partir d'un vocabulaire et de concepts de la vie quotidienne et la réalité idéalisée. Elle met alors en relation le concept de réaction issu du registre des modèles macroscopiques, les concepts d'atomes et de molécules appartenant au registre des modèles microscopiques et les concepts d'espèce chimique et de transformation chimique situés dans la réalité idéalisée, partie du registre empirique. Pour désigner et utiliser chacun de ces concepts, le langage symbolique de la chimie (noms et formules chimiques) est nécessaire.

### Le langage symbolique de la chimie : un méta-niveau

Les noms et les formules chimiques ont une double interprétation car ils désignent tout aussi bien le niveau macroscopique (les espèces chimiques) que le niveau micros-

---

<sup>1</sup> Le terme « registre » évoque un ensemble de connaissances.

copique (atomes ou molécules). L'équation chimique peut se lire aux niveaux microscopique et macroscopique. Ce qui pourrait paraître comme une éventuelle ambiguïté est une richesse pour le chimiste (Taber, 2013). Ce système de représentations a permis de significatives avancées dans l'histoire de la chimie en permettant de réaliser des expériences sur une feuille blanche en lieu et place de la paillasse (Klein, 2001).

Nous considérons le langage symbolique comme un méta-niveau (Canac & Kermen, 2016). Il permet tout à la fois de représenter le registre des modèles et la réalité idéalisée, et de jouer un rôle de passerelle entre le niveau macroscopique et le niveau microscopique (Taber, 2013).

## Une double approche didactique et ergonomique pour analyser les pratiques

Dans le cadre de la double approche didactique et ergonomique (Robert & Rogalski, 2002), les pratiques s'incarnent dans les réponses qu'un enseignant singulier apporte à des prescriptions officielles, compte tenu de ses ressources et des contraintes de la situation de travail. La complexité des pratiques enseignantes est provisoirement levée en considérant qu'elles peuvent être analysées selon cinq composantes qui sont ensuite combinées pour inférer les logiques d'action des enseignants (Robert, 2012). Les composantes cognitive et médiative sont caractérisées par les choix des enseignants en termes de contenu chimique, de tâches proposées aux élèves et de gestion de la séance où l'accompagnement procuré peut redéfinir les tâches. Ces choix sont influencés par trois déterminants, personnel, institutionnel et social auquel sont associées les trois autres composantes des pratiques : institutionnelle, personnelle et sociale. Le déterminant institutionnel regroupe les programmes, les horaires, les ressources dont les manuels et les produits chimiques qui conditionnent en partie les tâches conçues par l'enseignant. Les connaissances didactiques et épistémologiques de l'enseignant modèlent les contenus à enseigner qu'il choisit, au même titre que son expérience passée, et toutes appartiennent au déterminant personnel. Le déterminant social tient compte des habitudes professionnelles dans la communauté disciplinaire et dans l'établissement. Les élèves de la classe, en ce qu'ils appartiennent à des groupes sociaux, font aussi partie de ce même déterminant des pratiques de l'enseignant (Massetot & Robert, 2007).

## QUESTIONS DE RECHERCHE

Les novices ne maîtrisent pas le langage de la chimie car ils ne possèdent ni les connaissances du symbolisme, ni les connaissances théoriques qui le sous-tendent, ni le répertoire empirique suffisant qui sert de référent aux représentations symboliques

(Taber, 2009). Cela nous conduit à penser que langage symbolique, concepts des modèles microscopique et macroscopique et concepts de la réalité idéalisée devraient être enseignés de façon dialectique pour favoriser l'établissement de liens entre les différents registres et niveaux par les élèves. Pour évaluer la pertinence de ces aspects, nous cherchons ce que nous pouvons considérer comme robuste dans les pratiques des enseignants (Robert & Rogalski, 2002) en reconstituant les logiques d'action des deux enseignants observés au moment de l'introduction des formules chimiques. Nous formulons les questions suivantes :

- Quelles similitudes et différences apparaissent dans les scénarios et les logiques d'action des enseignants ?
- Dans le contenu proposé et leur discours, quelles relations font-ils entre le registre empirique, le registre des modèles et le registre symbolique ?

## METHODOLOGIE

Deux enseignants volontaires, Xavier et Aude, ont été filmés dans leur classe et ont ensuite participé à un entretien. Pour explorer les composantes cognitive et médiative de leurs pratiques, nous avons relevé dans chaque séance les contenus chimiques proposés, les stratégies d'enseignement, les tâches chimiques prescrites par les enseignants, l'organisation du travail (qui fait quoi ? quand ? comment ?). Puis, nous avons analysé leur discours au regard des registres de la chimie, des niveaux macroscopique et microscopique et du niveau d'explicitation du langage symbolique utilisé. Enfin les entretiens ont apporté certaines informations nous permettant d'approcher les déterminants institutionnel, personnel et social.

## RESULTATS

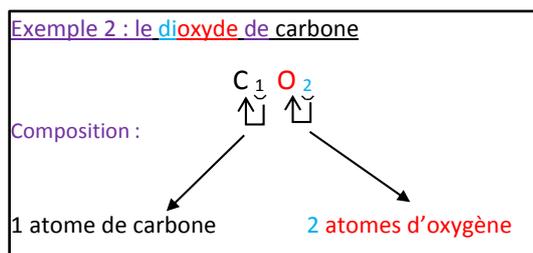
Les deux enseignants effectuent des choix analogues en termes d'organisation du travail (composante médiative). Les deux séances correspondent à un cours dialogué où chacun des enseignants occupe l'essentiel du temps de parole (96% pour Mathieu et 89% pour Aude). Il n'y a pas de phase de débat entre élèves et les phases de travail individuel représentent moins de 20% de chaque séance. Pour l'essentiel, les élèves doivent écouter ou répondre aux questions posées oralement par les enseignants. Peu d'autonomie leur est laissée, Aude et Mathieu semblant chercher essentiellement à amener les élèves vers des automatismes

Aude et Xavier proposent des itinéraires cognitifs proches (composantes cognitive et médiative). Ils débutent par des révisions de la séance précédente, introduisent les formules chimiques à partir d'un ou plusieurs exemples extraits de la vie de tous les

jours et terminent leur séance par des applications. Seuls les choix des activités introductives et les exemples proposés dans les applications diffèrent ainsi que l'organisation temporelle de la séance. Mathieu passe plus de temps sur la partie application et use plus souvent de monologues. Il indique en entretien que le niveau de ses élèves (déterminant social), et du collège en général, est plutôt faible, ce qui pourrait expliquer ses choix. Aude propose un plus grand nombre d'exemples issus de la vie quotidienne, ce qui semble important pour elle (déterminant personnel). Elle précise au cours de l'entretien qu'elle essaie toujours de se référer à l'actualité pour construire ses séances.

Les tâches proposées sont simples avec un guidage pas à pas des élèves (composantes cognitive et médiative). Ces derniers doivent coder les formules chimiques à partir de la composition de la molécule déduite elle-même du nom chimique, comme dans le cas du dioxyde de carbone (Figure 1). Mais quand Aude et Mathieu proposent l'exemple de l'eau, ils demandent aux élèves de se souvenir de la formule, ce qui peut paraître paradoxal dans le cours introduisant les formules chimiques.

Figure 1 Guidage des élèves pour déduire du nom la formule chimique



Légende : extrait du tableau au cours de la séance de Mathieu

Les enseignants ne proposent pas de raisons quant à l'écriture des formules chimiques présentées. Seuls les modèles moléculaires, outils de représentation, leur procurent des arguments pour accepter ou rejeter certaines formules. L'un et l'autre indiquent pendant l'entretien que le programme ne leur permet pas d'introduire la liaison covalente (déterminant institutionnel), seule possibilité semble-t-il pour eux (composante personnelle) de justifier les formules dans le registre des modèles. Ils utilisent alors les modèles moléculaires pour valider les formules chimiques possibles.

Le discours des enseignants relève majoritairement du registre des modèles microscopiques. Aude et Mathieu introduisent les formules en lien avec les concepts de molécule et d'atome. Sont absents de la séance les concepts macroscopiques d'espèce chimique, de transformation et de réaction chimiques. Les noms et les formules chimiques ne sont quasiment jamais utilisés pour représenter le niveau macroscopique. Et quand c'est le cas, cela semble difficilement perceptible pour l'élève, en effet le dis-

cours de l'enseignant est le plus souvent soit implicite soit trop imprécis pour y associer un niveau ou un registre identifié (langage non défini de la Figure 2). Le langage symbolique n'est pas introduit en tant que méta-niveau. Au cours de l'entretien, Aude et Mathieu semblent découvrir les difficultés des élèves repérées dans l'interprétation des noms et des formules chimiques (Canac & Kermen, 2016) que nous leur présentons. Mathieu indique qu'il ne précise jamais aux élèves la lecture possible du langage symbolique au niveau macroscopique. Il n'y a jamais songé (déterminant personnel).

Figure 2 : Niveau d'explicitation du langage symbolique utilisé au cours des



Légende : à gauche Xavier, à droite Aude

## CONCLUSION

Au cours des deux séances, Aude et Mathieu effectuent des choix analogues quant aux contenus chimiques proposés et à l'organisation du travail adoptée. Ils semblent en incapacité de justifier aux élèves les formules chimiques introduites en dehors de l'utilisation des modèles moléculaires. Seul le registre des modèles microscopiques est mis en relation explicite avec le registre symbolique. La teneur du discours ne permet pas d'associer explicitement les noms et formules aux deux niveaux, macroscopique et microscopique. Réussir les tâches proposées ne peut pas conduire les élèves à appréhender le langage symbolique comme un méta-niveau.

Les contraintes institutionnelles et la non-connaissance de certaines difficultés des élèves semblent être à l'origine des choix analogues des deux enseignants alors que la vision sociale du niveau de la classe et la vision personnelle de chaque enseignant à propos de l'enseignement les amènent à investir les marges de manœuvre possibles différemment dans les exercices et l'étayage qu'ils procurent aux élèves.

Bien que cette étude ne porte que sur deux enseignants, les séances correspondent à ce que nous pourrions qualifier d'ordinaire pour l'introduction des formules chimiques en quatrième. En effet, les régularités observées entre les deux séances semblent cohé-

rentes à la fois avec les contraintes institutionnelles et avec les difficultés des élèves dans l'utilisation et l'interprétation du langage symbolique déjà repérées (Canac & Kermen, 2016). Nous considérons alors que l'enseignement des formules chimiques au moment de leur introduction en collège ne permet pas aux élèves d'établir les liens adéquats entre les différents registres et niveaux de la chimie.

## BIBLIOGRAPHIE

- Canac, S., & Kermen, I. (2016). Exploring the mastery of French students in using basic notions of the language of chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(3), 452- 473.
- Jacob, C. (2001). Analysis and synthesis. *Hyle: An International Journal for the Philosophy of Chemistry*, 7, 31–50.
- Kermen, I. (2018). *Enseigner l'évolution des systèmes chimiques au lycée. Savoirs et modèles, raisonnements d'élèves, pratiques enseignantes*. Rennes : Presses Universitaires de Rennes.(à paraître).
- Klein, U. (2001). Paper tools in experimental cultures. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, 32(2), 265- 302.
- Masselot, P., & Robert, A. (2007). Le rôle des organisateurs dans nos analyses didactiques de pratiques de professeurs enseignant les mathématiques. *Recherche & formation*, (3), 15- 31.
- Robert, A. (2012). Une analyse qualitative du travail des enseignants de mathématiques du second degré en classe et pour la classe : éléments méthodologiques. In *Actes du colloque Les méthodes d'analyse des pratiques d'enseignement : un regard comparatif. XVIIe congrès mondial AMSE, recherche en éducation et en formation: enjeux et défis aujourd'hui, 8 juin 2012*.
- Robert, A., & Rogalski, J. (2002). Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques : Une double approche. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2(4), 505- 528.
- Taber, K. S. (2009). Learning at the Symbolic Level. In J. K. Gilbert & D. Treagust (Éd.), *Multiple Representations in Chemical Education* (Vol. 4, p. 75- 105). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Taber, K. S. (2013). Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(2), 156- 168.