

Les systèmes sémiotiques en chimie : établissement d'une taxonomie et analyse langagière d'un programme de sciences et de manuels scolaires (grades 7 et 8)

Dehon, Jérémy⁽¹⁾, Snauwaert, Philippe⁽²⁾

⁽¹⁾Cellule didactique de chimie, UNamur - Belgique

⁽²⁾Cellule didactique de chimie, UNamur - Belgique

Résumé : Récemment, certains auteurs ont émis un appel à la communauté des chercheurs en didactique des sciences, visant à intensifier les études dans le domaine des systèmes sémiotiques propres à l'enseignement de la chimie. Si les différences et les liens entre langue ordinaire et langue scientifique ont déjà fait l'objet de recherches, les taxonomies proposées ne peuvent cependant être appliquées pleinement aux usages langagiers des chimistes. Il est donc nécessaire de construire une taxonomie regroupant l'ensemble des systèmes sémiotiques à l'œuvre dans l'enseignement de la chimie. En appliquant des concepts fondateurs de linguistique aux systèmes sémiotiques en chimie, nous avons fait émerger des catégories distinctes et des sous-catégories plus fines. Notre taxonomie propose quatre « langues » : la langue symbolique des chimistes, la langue symbolique mathématique, la langue ordinaire et la langue de spécialité chimique. Celle-ci se divise en outre en trois niveaux selon la nature des objets décrits (substances, lois, concepts épistémologiques). Ensuite, nous dénombrons trois registres iconiques généraux : les représentations iconiques ordinaires, les représentations d'appareillage et de verrerie et les représentations moléculaires. Enfin, nous ajoutons un registre « graphique » comprenant les représentations visuelles de relations entre grandeurs ou entre concepts généraux. Sur base de cette taxonomie, nous avons analysé un chapitre de programme d'un cours de sciences du premier degré (grades 7 et 8), ainsi que deux manuels scolaires mettant en œuvre le contenu du chapitre. L'étude des articulations de ces systèmes sémiotiques dans le programme et les manuels scolaires a permis de faire émerger plusieurs tendances chez les auteurs de manuels. Parmi celles-ci, nous notons particulièrement l'utilisation préférentielle de la langue de spécialité et l'initiation rapide à quelques éléments de langue symbolique et aux registres graphiques.

Mots-clés : Langue, registre, représentation, manuel

Introduction

« For many pupils, the greatest obstacle in learning science and also the most important achievement is to learn its language » (Wellington et Osborne, 2001). Ce constat n'est pas neuf, mais les recherches en didactique ne se sont orientées que récemment vers la question des langages¹ en chimie. L'intensification des études dans ce domaine fait suite aux appels lancés à la communauté des chercheurs par l'entremise, notamment, des publications de Song et Carhedhen (2014) et de Taber (2015). Nous nous proposons de répondre à ce double appel et de nous intéresser ici à la question des différentes facettes du langage et de la communication au sens large susceptibles d'être rencontrées dans l'enseignement de la chimie. Pour ce faire, à la lumière de la littérature existante et des

¹ Nous utilisons ici le terme « langage » dans son acception issue des théories de la communication : il y a langage dès qu'il y a système de signes destiné à transmettre une information. Nous reviendrons sur la distinction langue/langage en linguistique dans une note ultérieure.

concepts des sciences du langage, nous avons développé une nouvelle taxonomie éclairant spécifiquement les différents systèmes sémiotiques qui émaillent l'apprentissage des concepts chimiques. Sur cette base théorique, nous avons ensuite analysé la façon dont ces différents systèmes sémiotiques s'articulent dans un chapitre (consacré à la chimie) d'un programme de sciences du premier degré de l'enseignement belge francophone (grades 7 et 8)², ainsi que dans deux manuels scolaires mettant en œuvre ce programme.

Questions de recherche

- 1) Parmi les différents modes de communication à l'œuvre dans le début de l'apprentissage de la chimie, quels systèmes de signes peut-on délimiter en utilisant les concepts de sémiologie, de linguistique et de terminologie?
- 2) Quelles sont les articulations des systèmes sémiotiques présents dans un programme de sciences et dans deux manuels scolaires proposant sa mise en œuvre ?

Taxonomies et modèles langagiers

L'analyse des différences et des liens entre langage ordinaire et langage scientifique a déjà fait l'objet de recherches débouchant sur des taxonomies dont les champs de validité et d'action diffèrent fortement. Le système de Snow (2008), portant spécifiquement sur la terminologie, se divise en trois parties : langage ordinaire, langage académique général (à vocation interdisciplinaire) et langage disciplinaire. Par ailleurs, Wellington (2000) propose une taxonomie des signes et symboles utilisés en sciences selon quatre niveaux d'abstraction croissante, allant des termes désignant des substances aux symboles chimiques et mathématiques. Les classifications de Snow et Wellington partagent le défaut de n'être pas spécifiques à la chimie. A contrario, d'autres auteurs se sont intéressés aux langages employés par les chimistes, en se focalisant sur l'un ou l'autre langage particulier. Dans une publication de 2001, Jacob reprend les niveaux d'abstraction croissante proposés par Wellington, en les appliquant cette fois à la chimie. Sa classification se décline en quatre niveaux : un niveau consacré à la langue symbolique des chimistes et trois niveaux de langue de spécialité, aussi appelée « langue ordinaire modifiée ». Si l'on se penche sur les classifications des représentations, il est possible de trouver des modèles très généraux (Ainsworth et Van Labecke, 2004) ou plus pointus (Khanfour-Armalé et Le Maréchal, 2009). Ces derniers traitent les représentations moléculaires en tant qu'ensemble de registres sémiotiques emboîtés, proposant ainsi un modèle intégrant les relations entre différentes représentations. Mestrallet (1980), dans son ouvrage sur la sémiologie des signes de la chimie, propose de son côté une structuration de la nomenclature chimique en quatre niveaux : les noms triviaux, les noms semi-triviaux, les noms fonctionnels et les noms systématiques. La critique des modèles et taxonomies présentés ci-avant fait émerger le constat suivant : il manque une classification, à la fois complète et spécifique de l'ensemble des systèmes sémiotiques à l'œuvre dans l'enseignement de la chimie. Afin

² Nous nous sommes limités à l'analyse du programme du cours de sciences du premier degré du réseau libre catholique (en Belgique francophone). Plus particulièrement, nous avons sélectionné le seul chapitre abordant des concepts de chimie. Celui-ci s'intitule « la matière dans tous ses états ». Il est donc bien question ici du début de l'apprentissage des concepts de chimie dans un cours de sciences dans l'enseignement secondaire.

d'établir une telle classification, nous avons utilisé les concepts fondateurs issus d'autres champs disciplinaires comme la sémiologie, la linguistique ou la terminologie.

Établissement de la taxonomie

Abordons brièvement le processus qui a permis l'élaboration de notre taxonomie des systèmes sémiotiques utilisés dans l'enseignement de la chimie. Dans un premier temps, nous avons clairement distingué les langues des autres systèmes sémiotiques utilisées en chimie. Selon les théories de Saussure (1915), la langue est distincte du langage et de la parole (aussi appelée « discours »). Elle est le moyen de mise en œuvre du langage, celui-ci étant défini comme la faculté d'expression et de communication verbales entre les hommes³. Si l'on adopte cette définition de la langue selon Saussure, on dénombre deux langues « naturelles⁴ » utilisées dans l'apprentissage de la chimie. Les élèves et professeurs peuvent en effet s'exprimer dans leur langue maternelle quotidienne, dite langue « ordinaire » (LO), ou dans une variante de la langue ordinaire (spécifique à la communauté des chimistes) appelée « langue de spécialité ». Celle-ci est également appelée « langue ordinaire modifiée » (LOm) afin de souligner qu'elle partage les mêmes signes que la langue ordinaire, tout en opérant dans un contexte bien particulier. Dans un deuxième temps et en suivant Jacob (2001), nous avons divisé la langue de spécialité en trois niveaux selon les sujets abordés : nomenclature (LOm1), lois et relations (LOm2), concepts épistémologiques (LOm3). Dans un troisième temps, nous avons déterminé deux langues « artificielles » particulièrement travaillées dans les premières années de l'apprentissage de la chimie : la langue symbolique chimique (LS) et la langue symbolique mathématique (LM). Nous avons ensuite séparé les registres de représentation⁵ iconique chimique et la LS sur base de la théorie de Peirce (1978)⁶. Cette séparation opérée, nous avons, dans un quatrième temps, distingué trois registres iconiques généraux selon le type d'objet représenté : les représentations iconiques ordinaires (RI¹) pour les objets ordinaires, les représentations d'appareillage et de verrerie (RI²) pour les objets de spécialité chimique et les représentations moléculaires (RI³) pour les objets microscopiques chimiques. Enfin, dans un dernier temps, nous avons ajouté un registre « graphique » (RG) comprenant les représentations visuelles de relations entre variables, d'un point de vue quantitatif ou qualitatif (diagrammes, tableaux, graphiques). Les systèmes sémiotiques au bout de ce travail bibliographique et de reformulation sont regroupés dans la figure 1.

³ Les définitions du concept de « langage » diffèrent selon le champ disciplinaire concerné (théorie de la communication, linguistique, informatique, ...). Ainsi, en anglais, il n'y a pas de distinction entre langue et langage (« language » étant utilisé pour les deux concepts). C'est la raison pour laquelle il est admis d'utiliser le terme « langage » pour tous les modes de communication en chimie. Cependant, les acceptions du terme « langage » sont bien plus restrictives en linguistique française. Tout en étant souple sur l'usage du terme « langage », nous insistons dans cet article sur la particularité du concept de « langue », d'un point de vue de la linguistique française, définie en tant que code (Saussure, 1915).

⁴ Une langue naturelle est une langue dont l'évolution dans le temps n'est pas dictée par des règles imposées. Une langue artificielle est définie quant à elle comme une pure construction logique.

⁵ Nous utilisons ici le concept de registre de représentation sémiotique tel que défini par Duval : « des représentations sémiotiques sont des productions constituées de signes appartenant à un système de représentation qui a ses propres contraintes de signification et de fonctionnement » (Duval, 1993). Ces systèmes de signes particuliers sont appelés « registres de représentation sémiotique ». Un registre sémiotique selon Duval doit par ailleurs remplir trois fonctions cognitives : formation d'une représentation, traitement, et conversion.

⁶ Selon celle-ci, l'icône et le symbole ne présentent pas la même relation avec l'objet. Le symbole renvoie à l'objet par une convention, alors que l'icône ressemble à l'objet représenté.

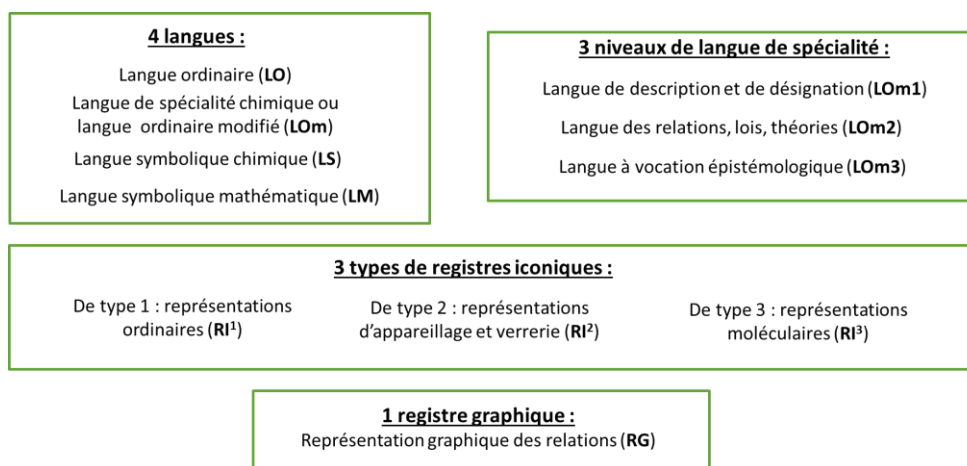


Figure 1. Taxonomie des systèmes sémiotiques à l'œuvre dans l'apprentissage de la chimie

Analyse langagière d'un programme de sciences et de manuels scolaires

Pour répondre à la deuxième question de recherche, nous avons opéré en deux temps. D'abord, nous avons identifié les éléments de systèmes sémiotiques prérequis (déjà opérationnels chez l'élève et supports de l'apprentissage) et les éléments de systèmes sémiotiques qui font l'objet de l'apprentissage, dans les trois ouvrages choisis (Fédération de l'enseignement secondaire catholique, 2000 ; André et *al.*, 2014 ; Sculier et Waterloo, 2013). Ensuite, nous avons déterminé les différences d'articulation de ces apprentissages langagiers dans les trois sources analysées. Il ressort de cette démarche méthodologique trois résultats majeurs. Premièrement, les manuels et le programme diffèrent par l'ordre des séquences⁷. En effet, le programme propose une complexification progressive, tant dans le nombre des systèmes sémiotiques abordés que dans le nombre de nouveaux concepts chimiques à assimiler (LOm1) et à mettre en relation (LOm2). Par contre, les auteurs des manuels consultés ont souhaité débiter par la séquence la plus complexe d'un point de vue langagier, en associant de manière simultanée la quasi-totalité des systèmes sémiotiques. Par exemple, la langue symbolique (par l'entremise des symboles des unités de mesure) et les registres graphiques (via la représentation graphique de mesures quantitatives) sont travaillés dès la première séquence, alors que ces systèmes exigent un niveau d'abstraction plus élevé. Deuxièmement, on observe une différence de traitement de la langue ordinaire et de la langue de spécialité entre programme et manuels scolaires. Le programme fait la part belle à la langue ordinaire en prescrivant l'usage de termes triviaux désignant les substances (sucre fin, jus de citron, eau de ville, etc.), les auteurs du programme souhaitant manifestement s'appuyer sur la langue ordinaire pour construire progressivement la langue de spécialité. On ne trouve par ailleurs que très rarement des termes semi-triviaux ou fonctionnels dans le programme consulté. Pour leur part, les auteurs des manuels analysés ont clairement souhaité utiliser un vocabulaire ancré dans la langue de spécialité (LOm1), sans que ceux-ci ne soient l'objet direct de l'apprentissage. On trouve ainsi bon nombre de termes désignant des ustensiles de laboratoire (cristalliseur, erlenmeyer, becher, cylindre gradué) et des termes fonctionnels désignant des substances

⁷Le chapitre "la matière dans tous ses états" est divisé en trois séquences dans le programme : distinction corps pur et mélange ; distinction mélange homogène/hétérogène et techniques de séparation ; propriétés des solides, liquides et gaz. Dans les trois séquences, des représentations moléculaires (RI³) simples sont à mettre en œuvre.

(bichromate de potassium, sulfate de cuivre anhydre, méthylorange, etc.). Les termes de la langue ordinaire ne se retrouvent plus que dans les applications concrètes en fin de séquence ou dans l'une ou l'autre mise en situation. Troisièmement, tant le programme que les manuels scolaires se basent sur des termes, associés à des concepts, imposés par les auteurs sans démarche de construction pour les apprenants. Ces termes constituent ainsi des socles à l'intérieur de la langue de spécialité, permettant de définir d'autres concepts et d'établir des relations entre eux. C'est le cas du concept de « molécule » qui constitue, au niveau microscopique, le principal critère de distinction entre corps purs et mélanges, entre états de la matière, etc. Le concept de molécule permet également l'élaboration des premières représentations moléculaires (RI³) dans les trois séquences du programme. Dans les manuels choisis, le modèle moléculaire est ainsi présenté soit sous la forme d'une fiche-outil indépendante du corps de texte, soit pour expliquer un résultat expérimental à la fin de la démarche. Dans les deux cas, le terme « molécule » et son concept associé sont donnés à l'élève comme un outil de travail élaboré par les scientifiques. On dénombre deux autres exemples de termes jouant le rôle de socles dans le chapitre analysé : les termes liés aux techniques de séparation (filtration, décantation, distillation et les appareillages connexes) et les termes liés aux propriétés des états de la matière (masse, forme, compressibilité).

Conclusion

L'analyse des taxonomies et modèles traitant des langages utilisés en sciences a permis de faire émerger un constat: par souci de généralisation au domaine scientifique au sens large, ou par volonté de traiter profondément un registre particulier, les propositions existantes ne fournissent pas une vision à la fois globale et spécifique à l'apprentissage de la chimie. Pour pallier ce manque, nous avons élaboré une nouvelle taxonomie des systèmes sémiotiques dont les critères se basent sur des concepts issus du champ de la linguistique, de la terminologie et de la sémiologie. L'analyse d'un chapitre de programme d'un cours de sciences pour des jeunes apprenants (grades 7 et 8) et de deux manuels scolaires traitant ce programme, a permis la mise en exergue de plusieurs tendances. Parmi celles-ci, nous notons particulièrement la tendance forte des auteurs de manuels scolaires à l'usage spontané et fréquent des termes de la langue de spécialité, au détriment de la langue ordinaire. Cette utilisation, pourtant non prescrite dans les programmes, se double d'une volonté d'aborder rapidement la langue symbolique (LS) et les relations sous forme de représentations graphiques (RG). La détermination des conséquences et des raisons didactiques de ces pratiques, influençant profondément le parcours langagier de l'élève, doivent faire l'objet de recherches ultérieures.

Références bibliographiques

- André, J.-P., Busana, A., Scoumanne, T. (2014) *Planète physique 1*. Waterloo : Plantyn.
- Ainsworth, S., VanLabeke, N. (2004). Multiple forms of dynamic representation. *Learning and Instruction*, n°14, 241-255.
- Duval, R. (1993) Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. *Annales de didactique et de sciences cognitives*, n°5, 37-65.
- Fédération de l'enseignement secondaire catholique. (2000) *Programme d'étude du cours de sciences – premier degré - 1A et 2A commune*. Bruxelles, D/2000/7362/012, 36-42.

- Jacob, C. (2001) Analysis and synthesis. *International Journal for Philosophy of Chemistry*, n°7, 31-50.
- Khanfour-Armalé, R., Le Maréchal, J.-F. (2009) Représentations moléculaires et registres sémiotiques. *Aster*, n°48, 63-88.
- Mestrallet, R. (1980) *Communication, linguistique et sémiologie : contribution à l'étude de la sémiologie, étude sémiologique des signes de la chimie*. Universitat Autònoma de Barcelona, 2 vol.
- Peirce, C.S. (1978) *Écrits sur le signe* (trad. G. Deledalle). Paris : Le Seuil.
- Saussure, F. de. (1915) *Cours de linguistique générale*. Paris : Payot.
- Sculier, D., Waterloo, D. (2013) *Sciences et compétences au quotidien (1^{ère} année)*. Bruxelles : De Boeck.
- Snow, C. (2008) What is the vocabulary of science ? in Rosbery A.S. et Warren B., (ed.), *Teaching science to english language learners: building on students' strengths*. Arlington, VA: National Science Teachers Association, 71-83.
- Song, Y., Carheden, S. (2014) Dual meaning vocabulary (DMV) words in learning chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, n° 15, 128-141.
- Taber, K.S. (2015) Exploring the language(s) of chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, n°16, 193-197.
- Wellington, J. (2000). *Teaching and learning secondary science: contemporary issues and practical approaches*. New York: Routledge.
- Wellington, J., Osborne, J. (2001) *Language and literacy in science education*. Philadelphia, PA : Open University Press.