

## Connaissances professionnelles des enseignants dans l'enseignement de la chimie: une étude de cas en stéréochimie.

Mangane, Destin<sup>(1)</sup>, Kermen, Isabelle<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>LDAR (EA 4434), Université Paris Diderot, Université d'Artois, Université de Cergy-Pontoise, Université Paris-Est Créteil, Université de Rouen- France

<sup>(2)</sup>LDAR (EA 4434), Université d'Artois, Université de Cergy-Pontoise, Université Paris Diderot, Université Paris-Est Créteil, Université de Rouen- France

Résumé : Notre étude vise à reconstituer certains composants des connaissances pédagogiques du contenu (PCK) mobilisées par les enseignants pour enseigner le cours de stéréochimie en terminale D au Bénin, et à inférer leurs connaissances disciplinaires sur la stéréochimie. Nous travaillons sur les déclarations de onze enseignants béninois recueillies au moyen d'entretiens audio. Les résultats obtenus montrent que certains composants des PCK des enseignants interrogés semblent être en interaction. Bien que les PCK/compréhension et les PCK/stratégies soient des composants clés des PCK, qu'il s'agit de mobiliser pour identifier les difficultés des élèves, leur attribuer une cause et ensuite proposer une stratégie pertinente pour les surmonter, les enseignants interrogés n'ont pas atteint ce stade de connaissance et de réflexion sur l'enseignement de la stéréochimie en terminale D, notamment en raison d'une connaissance du contenu disciplinaire réduite.

Mots-clés : stéréochimie, connaissances professionnelles des enseignants, Pedagogical Content Knowledge, connaissances du contenu disciplinaire.

### Introduction

Cette étude est consacrée à l'analyse de certaines connaissances professionnelles des enseignants béninois en stéréochimie, à savoir leurs connaissances pédagogiques du contenu (Pedagogical Content Knowledge ou PCK) et leurs connaissances du contenu disciplinaire sur ce thème.

### Cadre de référence

Les PCK représentent les connaissances qu'un enseignant met en œuvre pour enseigner un contenu disciplinaire donné et résultent d'un amalgame entre ses connaissances du contenu disciplinaire et ses connaissances pédagogiques (Shulman, 1987). Dans cette étude, nous nous appuyons sur le modèle de Magnusson, Krajcik et Borko (1999) largement utilisé lors d'études des pratiques d'enseignants de sciences (Park et Oliver, 2008 ; Padilla et Van Driel, 2011). Selon ce modèle, les PCK comportent cinq composants: les orientations de l'enseignement des sciences, les connaissances sur le programme d'enseignement du thème étudié (PCK/programme), les connaissances sur la compréhension qu'ont les élèves de ce thème (PCK/compréhension), les connaissances sur les stratégies d'enseignement de ce thème (PCK/stratégies), et les connaissances sur l'évaluation de l'apprentissage de ce thème (PCK/évaluation). L'intérêt du modèle réside dans le rôle attribué au premier composant qui correspond aux connaissances des buts et objectifs de l'enseignement des sciences (Van Driel et *al.*, 2014) et façonne les quatre autres, lesquels sont constitués de deux sous-composants (Sc) (voir tableau 1).

Composants	Sous-composants (Sc)	
PCK/programme	(Sc1) Connaissance des buts et objectifs du programme pour la stéréochimie	(Sc2) Connaissance du matériel nécessaire à l'enseignement de la stéréochimie
PCK/évaluation	(Sc3) Connaissance des résultats de l'apprentissage des élèves qui sont importants à évaluer en stéréochimie	(Sc4) Connaissance des méthodes d'évaluations en stéréochimie
PCK/stratégies	(Sc5) Connaissances de stratégies générales utilisables en stéréochimie	(Sc6) Connaissances de stratégies spécifiques permettant de surmonter les difficultés d'apprentissage de la stéréochimie identifiées chez les élèves
PCK/compréhension	(Sc7) Connaissances des requis nécessaires à l'apprentissage de la stéréochimie	(Sc8) Connaissance des difficultés d'apprentissage des élèves en stéréochimie

Tableau 1 : sous-composants des composants de PCK

Le rôle de l'enseignant est d'aider les élèves à construire leur propre savoir et cela exige de lui une connaissance approfondie de la discipline enseignée. La plupart des chercheurs s'accordent sur le fait que les connaissances disciplinaires doivent aussi être prises en considération lors de l'étude des PCK (e.g Van Driel et *al.*, 1998; Kind, 2009).

### De la problématique aux questions de recherche

La stéréochimie constitue une partie de la chimie organique difficile à enseigner et à apprendre compte tenu des représentations sémiotiques de molécules qu'elle utilise et de la capacité de visualisation mentale (la production et la manipulation d'une image mentale) qu'elle nécessite. Notre étude sur quelques difficultés d'apprentissage des élèves de terminale D au Bénin en stéréochimie (Mangane et Kermen, 2016) révèle que l'opération de rotation des substituants d'un carbone autour de l'axe internucléaire C—C d'une molécule en représentation de Cram n'est réussie par aucun élève. Par ailleurs, aucun élève ne parvient à fournir toutes les réponses attendues à la question relative au passage d'une représentation de Cram à une représentation de Newman. Les réponses proposées par la plupart d'entre eux indiquent que leurs capacités de visualisation mentale sont insuffisantes. Partant du principe que les connaissances professionnelles des enseignants ont un impact sur tous les aspects de leur enseignement, et sur l'apprentissage des élèves (Magnusson et *al.*, 1999), nous estimons qu'une cartographie des PCK et des connaissances disciplinaires des enseignants nous renseignera peut être sur l'origine des difficultés des élèves. Nous cherchons à reconstituer certains composants des connaissances pédagogiques du contenu mobilisées par les enseignants pour enseigner le cours de stéréochimie (PCK/programme, PCK/stratégies, PCK/évaluation et PCK/compréhension), et à inférer leurs connaissances disciplinaires sur la stéréochimie. Les questions de recherche se posent en ces termes: Quelle est la nature des PCK des enseignants béninois à propos de la stéréochimie ? Quel est leur degré de maîtrise du contenu disciplinaire stéréochimie ?

## Méthodologie

Un protocole d'entretien semi-directif de neuf questions ouvertes et fermées a été construit. Huit questions (1 à 8) ciblent la stéréochimie de manière générale, c'est-à-dire sans focaliser sur un aspect, un thème ou une notion particulière de stéréochimie. Elles s'articulent autour des quatre composants des PCK. Trois questions, 5, 6 et 7, portent sur les PCK/ programme. Nous interrogeons sur les objectifs de l'enseignement de la stéréochimie dans le programme (question 5), les ressources documentaires et matérielles disponibles dans l'établissement scolaire (question 6), ainsi que sur d'autres ressources existantes non disponibles dans l'établissement scolaire mais utilisées dans l'enseignement de la stéréochimie (question 7). La question 8 se rapporte aux PCK/évaluation. Que cherchent-ils à évaluer, et comment procèdent-ils ? Les questions 1 et 2 sont liées aux PCK/compréhension. Dans la question 1, nous demandons si la stéréochimie est une partie du programme que les élèves comprennent bien, et quels peuvent être les aspects bien compris. Dans la question 2, nous interrogeons sur les difficultés d'apprentissage de la stéréochimie repérées au cours de leur expérience professionnelle. Deux questions, 3 et 4, concernent les PCK/stratégies. Nous questionnons sur les aides apportées aux élèves pour surmonter les difficultés d'apprentissage de la stéréochimie (question 3), et la manière d'enseigner la stéréochimie (question 4).

Dans la dernière question (9) nous présentons des productions d'élèves correctes et erronées et demandons aux enseignants ce qu'ils en pensent. Ces productions ont été obtenues lors d'un questionnaire passé auprès d'élèves béninois de terminale D en stéréochimie (Mangane et Kermen, 2016). Pour donner leur point de vue, les enseignants doivent d'abord répondre aux consignes de ce questionnaire, puis comparer leurs réponses à celles des élèves. Cette démarche nous permet à la fois, de découvrir leurs capacités à résoudre ces consignes (connaissances du contenu disciplinaire stéréochimie) et de voir s'ils repèrent les erreurs et/ou difficultés des élèves (PCK/compréhension, Sc8)

Les déclarations de onze enseignants béninois ont été enregistrées lors d'entretiens audio, que nous complétons avec des prises de notes sur un support papier. Dans un premier temps nous décrivons, à partir de l'analyse des déclarations des enseignants aux questions 1 à 8, les sous-composants des quatre composants des PCK (Magnusson et *al.*, 1999) qu'ils mobilisent pour enseigner le cours de stéréochimie. Dans un deuxième temps nous caractérisons leurs connaissances du contenu disciplinaire stéréochimie et inférons leurs PCK/compréhension (Sc8) à partir des réponses à la question 9.

## Résultats

L'analyse des déclarations des enseignants montre qu'ils ont globalement une bonne connaissance des objectifs pédagogiques de l'enseignement de la stéréochimie tels que définis par les programmes officiels (Sc1). Les principales ressources documentaires et matérielles utilisées sont des manuels de chimie et des modèles moléculaires (Sc2). Nous recensons deux types d'enseignement (Sc5 et Sc6): l'un, recommandé par les instructions officielles, combine l'utilisation de représentations sémiotiques et de modèles moléculaires pour expliquer les notions de stéréochimie, l'autre, en raison des conditions matérielles (absence de modèles moléculaires dans l'établissement), ne s'appuie que sur les représentations sémiotiques, ce qui rend l'enseignement de la stéréochimie encore plus difficile car les modèles moléculaires permettent de visualiser la structure tridimensionnelle de la molécule et d'améliorer les capacités de visualisation mentale

(Stull et *al.*, 2012). Les évaluations sont sommatives et données sous formes d'interrogations écrites (Sc4). Les résultats de l'apprentissage importants à évaluer sont liés aux capacités attendues des élèves (d'après le programme) et portent essentiellement sur la stéréoisométrie configurationnelle (Sc3). Cependant, les opérations de rotation des substituants du carbone autour de l'axe de la liaison C—C et de passage de la représentation de Cram à celle de Newman ne sont pas évaluées alors qu'elles devraient l'être d'après les instructions officielles. L'apprentissage de la stéréochimie est considérée comme difficile par la majorité des enseignants, mais ils citent des difficultés sans rapport avec la visualisation mentale (recherche du carbone asymétrique dans une représentation de Cram par exemple). Les difficultés de visualisation mentale mises en évidence par notre étude leurs sont inconnues, leur PCK/compréhension est restreinte. L'analyse des réponses à la question neuf du protocole révèle que la majorité des enseignants présente, comme les élèves, des difficultés de visualisation mentale des représentations de Cram et de Newman. Leur maîtrise du contenu disciplinaire stéréochimie paraît donc insuffisante. Cela les empêche d'identifier certaines difficultés des élèves et/ou leurs causes.

Globalement, les quatre composants de PCK sont inférés chez tous les enseignants interrogés mais aucun d'eux ne présente un «profil PCK» complet (voir tableau 2). En effet, à l'intérieur de chaque composant, nous relevons des disparités relatives au nombre d'enseignants ayant mobilisé deux sous-composants. Concernant les PCK/programme, nous repérons les deux sous-composants, Sc1 et Sc2, chez une majorité d'enseignants (neuf). Chez deux autres, seul Sc1 est identifié. Des effectifs similaires sont obtenus avec les PCK/évaluation. Deux sous-composants, Sc3 et Sc4, sont présents chez la plupart des enseignants (neuf), un seul, Sc4, est absent chez deux autres. Un seul sous-composant des PCK/stratégies (Sc5) est identifié chez la majorité des enseignants. Les deux sous-composants des PCK/compréhension sont inférés chez un seul enseignant. Lors des entretiens, les enseignants semblent avoir mobilisé plus facilement les sous-composants des PCK/programme et des PCK/évaluation que ceux des PCK/stratégies et des PCK/compréhension.

Sc	PCK/programme		PCK/évaluation		PCK/stratégies		PCK/compréhension	
	1	2	3	4	5	6	7	8
E1								
E2								
E3								
E4								
E5								
E6								
E7								
E8								
E9								
E10								
E11								

Tableau 2: profil PCK des enseignants

\*La cellule grise indique que le sous-composant de PCK est repéré chez un l'enseignant.

\* Ei (i allant de 1 à 11) désigne le code d'identification attribué à chaque enseignant.

## Discussion et conclusion

Certains composants des PCK semblent être liés à d'autres (relation inter composants des PCK). D'une part, les stratégies générales adoptées par certains enseignants sont celles recommandées par les instructions officielles: leurs PCK/programme sont en relation avec leurs PCK/stratégies. D'autre part, des PCK/évaluations semblent être liées aux PCK/programme, en effet, Les enseignants n'évaluent que les capacités attendues des élèves dans le programme. Les PCK/compréhension et les PCK/stratégies sont des composants clés des PCK (Van Driel et *al.*, 1998), qu'il s'agit de mobiliser pour identifier les difficultés, leur attribuer une cause et ensuite proposer une stratégie pertinente pour les surmonter (Alonzo et Kim, 2015). Nos résultats montrent que les enseignants interrogés n'ont pas atteint ce stade de connaissance et de réflexion sur l'enseignement de la stéréochimie en terminale D, notamment en raison d'une connaissance du contenu disciplinaire réduite. Les difficultés d'apprentissage des élèves en stéréochimie semblent liées au caractère restreint des connaissances du contenu disciplinaire des enseignants: comme les élèves, les enseignants présentent des difficultés de visualisation mentale des représentations de Cram et de Newman.

À l'issue de cette étude, nous estimons que la formation initiale ou continue des enseignants devrait s'attacher à leur faire prendre conscience de leurs propres difficultés et des difficultés d'apprentissage des élèves. Cela suggère qu'elle doit cibler le développement des deux sous-composants des PCK/compréhension et des PCK/stratégies, et des connaissances du contenu disciplinaire.

## Bibliographie

- Alonzo, A., Kim, J. (2015) Declarative and dynamic pedagogical content knowledge as elicited through two video-based interview methods. *Journal of research in Science Teaching*, publié en ligne DOI: 10.1002/tea.21271.
- Kind, V. (2009) Pedagogical content knowledge in science education: perspectives and potential for progress. *Studies in Science Education*, 45(2), 169–204.
- Magnusson S., Krajcik J., Borko H. (1999) Nature, sources, and development of the pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 95-132). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Mangane, D., Kermen, I. (2016) Un aspect des difficultés des élèves béninois en stéréochimie : la visualisation mentale des représentations sémiotiques de Cram et de Newman. *Recherches en Education*, n°21 (à paraître)
- Padilla, K., Van Driel, J. (2011) The relationships between PCK components: The case of quantum chemistry professors. *Chemistry Education Research and Practice*, n°12, 367-378.
- Park, S., Oliver, J. S. (2008). Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. *Research in Science Education*, 38(3), 261-284.
- Shulman, L. (1987) Knowledge and teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, n°57(1), 1–22.
- Stull, A., Hegarty, M., Dixon, B., Stieff, M. (2012) Representational Translation with concrete models in organic chemistry, *Cognition and Instruction*, n°30 (4), 404-434
- Van Driel, J., Berry, A., Meirink, J. (2014). Research on science teacher knowledge. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education* (Vol. 2), (pp. 848–870). New York: Routledge.
- Van Driel, J. H., De Vos, W., Verloop, N., Dekkers, H. (1998) Developing secondary students' conceptions of chemical reactions: the introduction of chemical equilibrium. *International Journal of Science Education*, n°20, 379-392.