

La communication pédagogique en cours magistral de chimie

Peut-on améliorer son efficacité ?

Mireille Houart, Nathalie Warzée, Johan Wouters, François Reniers et Marc Romainville

Résumé Dans les premières années universitaires scientifiques, les cours de chimie sont centraux et constituent une source de difficultés pour de nombreux étudiants. Parmi ces difficultés, l'une d'entre elles est transversale ; il s'agit des passages omniprésents entre les trois niveaux de savoir : macroscopique, microscopique et symbolique. Lorsqu'un enseignant présente des concepts chimiques, les aller-retour entre ces trois niveaux sont très fréquents, quoique la plupart du temps implicites. Toutefois, établir des liens entre les trois niveaux de savoir n'est ni évident ni automatique pour les étudiants, alors que cette démarche constituerait une condition pour une compréhension en profondeur des concepts-clés en chimie. Cet article met en évidence les caractéristiques de l'exposé de l'enseignant intrinsèquement associées à cette difficulté transversale pour six cours magistraux. Des actions et des outils concrets pour améliorer les exposés en chimie sont proposés et l'impact de leur mise en œuvre sur les acquis des étudiants est présenté.

Mots-clés Cours magistral, enseignement, niveau de savoir macroscopique, microscopique et symbolique, compréhension en profondeur, MIEC-JIREC 2009.

Abstract **Educational communication in chemistry teaching at University: improving its efficiency**
During the first academic year, chemistry courses are central and constitute a major source of difficulties for many students. Among those stand the omnipresent changes, most of the time implicit, between the macroscopic, microscopic and symbolic levels. Establishing links between the three levels is neither obvious nor automatic for students, although this process is a condition to understand "chemistry" thoroughly. This paper points out the characteristics of the message given by the teacher during six lectures and shows how it is closely linked to this omnipresent difficulty. Specific actions and practical tools aiming at improving the educational communication are proposed and the impact of their implementation on the knowledge gained by students is presented.

Keywords Educational communication, teaching, lecturing, macroscopic, microscopic and symbolic levels, thorough understanding, chemistry courses at University, MIEC-JIREC 2009.

En Belgique, l'exposé magistral demeure, malgré des tentatives isolées de pédagogies actives, le mode de communication pédagogique principal lors de la première année universitaire (65 à 70 % du programme horaire de l'étudiant dans les sections scientifiques). La qualité d'un exposé peut être considérée comme un premier facteur déterminant pour favoriser l'apprentissage des étudiants et donc comme un facteur de réussite intéressant à explorer. En effet, parmi l'ensemble des facteurs de réussite (nombre d'heures dédiées à l'étude, méthodes de travail...) [1], la qualité d'un exposé offre l'avantage d'être un facteur sur lequel les enseignants ont, en partie, le pouvoir d'agir.

De plus, dans le cursus des sections scientifiques, les cours de chimie sont centraux et constituent une source de difficultés pour de nombreux étudiants. Parmi ces difficultés très largement mises en évidence dans les recherches en didactique de la chimie [2-8], l'une d'entre elles est présente quel que soit le contenu envisagé. Il s'agit des passages omniprésents entre trois niveaux de savoir : macroscopique, microscopique et symbolique (voir figure 1). D'après Gabel, établir des liens entre ces trois niveaux n'est ni évident ni automatique pour les étudiants, alors que cette démarche constituerait une condition pour une compréhension en profondeur des concepts de base en chimie [9]. Or lorsqu'un

enseignant présente des concepts chimiques, les aller-retour entre les niveaux macroscopique, microscopique et symbolique sont fréquents mais implicites, c'est-à-dire que ni les transitions ni les liens entre les niveaux ne sont mis en évidence lors de l'exposé. Bien qu'identifiée assez clairement, cette difficulté a rarement fait l'objet d'une étude empirique détaillée sur la base d'une analyse fouillée du discours enseignant. La présente recherche vise à pallier ce manque.

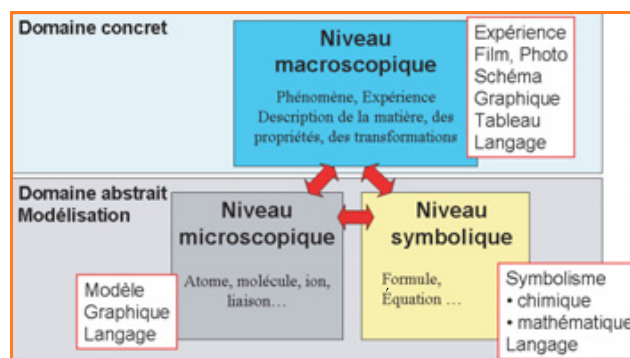


Figure 1 - Description des trois niveaux de savoir et de leurs modes de représentation (pour une description détaillée, voir [10]).

Tableau I - Récapitulatif de la méthodologie sur les deux années.

	Étape 1 Groupe témoin	Étape 2 Hypothèse 1	Étape 3 Hypothèse 2
Année 1	<i>Thème</i> : solutions aqueuses <i>Message</i> : classique	<i>Thème</i> : cinétique <i>Message</i> : classique	<i>Thème</i> : thermodynamique <i>Message</i> : classique
Année 2	<i>Thème</i> : solutions aqueuses <i>Message</i> : classique	<i>Thème</i> : cinétique <i>Message</i> : intervention pédagogique qui insiste sur le niveau microscopique	<i>Thème</i> : thermodynamique <i>Message</i> : intervention pédagogique qui insiste sur l'explicitation des niveaux et des liens entre eux

Tableau II - Caractéristiques du message oral pour les six cours magistraux analysés pour les deux universités confondues⁽³⁾.

Caractéristiques du message	Solutions		Thermodynamique		Cinétique	
	Année 1	Année 2	Année 1	Année 2	Année 1	Année 2
Durée d'enregistrement (min)	123	125	126	150	135	117
Changement de niveaux (fréquence/min)	208 ± 1,7	255 ± 2,0	241 ± 1,9	403 ± 2,7	181 ± 1,3	296 ± 2,5
Identification du niveau de savoir	10	14	7	47	1	27
Explicitation du niveau de savoir	1	3	0	20	0	1
Établissement des liens entre les niveaux	1	26	26	98	0	33
Explicitation des liens entre les niveaux	0	0	0	17	0	3

Contexte

Dans le cadre d'une thèse de doctorat et d'un projet de recherche de deux ans, financé par le Fonds National de la Recherche Scientifique, cette difficulté a été analysée sur la base de six cours magistraux dans deux universités [10]. L'analyse s'est opérée dans le but de cerner davantage la difficulté liée aux niveaux de savoir, pour finalement améliorer la qualité des exposés de chimie. En effet, plusieurs hypothèses formulées en didactique des sciences nous ont amenés à avancer que la prise en compte dans l'enseignement de ces trois niveaux de savoir et de leurs interactions pourrait avoir une incidence favorable sur l'apprentissage et la compréhension en profondeur de la chimie [11-19]. Deux hypothèses en particulier ont été vérifiées en comparant les performances en chimie sur trois matières (solutions aqueuses, thermodynamique et cinétique) avec deux groupes témoins d'étudiants de première année et deux groupes cibles d'étudiants :

- **Première hypothèse** : lors d'un exposé de chimie, **mettre l'accent sur le niveau microscopique** devrait augmenter la compréhension en profondeur des étudiants de concepts-clés (saturation, spontanéité d'une réaction, facteurs cinétiques...);
- **Seconde hypothèse** : **explicitement le niveau du message (macroscopique, microscopique et symbolique) et les liens entre eux** devrait également augmenter cette compréhension⁽¹⁾.

Dans le présent article, la méthodologie mise en œuvre pour étayer nos deux hypothèses sera brièvement expliquée. Les caractéristiques des exposés de chimie et les acquis des étudiants au terme des cours seront mis en évidence. Enfin, des actions et des outils concrets pour améliorer les exposés en lien avec nos hypothèses seront présentés.

Méthodologie

Mesure de la compréhension des étudiants

Des questionnaires ont été élaborés de manière à mesurer le degré de compréhension des étudiants des

concepts clés. Ils portent sur chacun des cours magistraux et sont basés sur ce que les professeurs pensent que les étudiants devraient savoir et savoir faire, à l'aide de leurs notes de cours, à l'issue du cours.

Mise à l'épreuve des deux hypothèses

La méthodologie pour tester nos hypothèses comprend trois étapes distinctes (*tableau I*). Les résultats obtenus à chaque questionnaire ont été comparés statistiquement entre la première et la seconde année pour les deux universités confondues⁽²⁾.

Résultats et discussion

Caractéristiques des exposés et acquis des étudiants à l'issue du cours magistral

Lors de la première année de recherche, l'analyse des exposés des enseignants a mis en évidence très peu d'actions pédagogiques en lien avec nos hypothèses, malgré un nombre très élevé de changements de niveaux de savoir (*tableau II*). Tout se passe comme si les enseignants faisaient l'hypothèse que les étudiants maîtrisent parfaitement la distinction entre les différents niveaux de savoir et parviennent, lors de l'exposé, à les identifier et à établir les liens entre eux, c'est-à-dire à mettre en œuvre des opérations qui favoriseraient la compréhension en profondeur des concepts-clés. Or l'analyse des acquis des étudiants fait état d'une importante difficulté à identifier ces niveaux et à établir des liens entre eux (*figure 2*). Ces résultats confortent à la fois l'intérêt de la présente recherche ainsi que la pertinence des hypothèses émises au départ.

Validation des hypothèses

Les résultats obtenus lors de la seconde année permettent de valider chacune de nos deux hypothèses (*figure 3* et *tableau III*) : les étudiants réussissent significativement mieux les questionnaires « thermodynamique » et « cinétique »

Tableau III - Comparaison des moyennes obtenues aux questionnaires⁽²⁾ entre l'année 1 et l'année 2.
N : nombre de questionnaires.

Questionnaire	(Moyenne \pm écart-type)/20 (année 1)	(Moyenne \pm écart-type)/20 (année 2)	N (année 1)	N (année 2)	p
Solutions	11,4 \pm 1,7	10,3 \pm 1,6	291	307	p < 0,0001
Thermodynamique	11,9 \pm 1,8	14,8 \pm 1,6	286	274	p < 0,0001
Cinétique	9,6 \pm 1,7	12,0 \pm 1,5	228	265	p < 0,0001

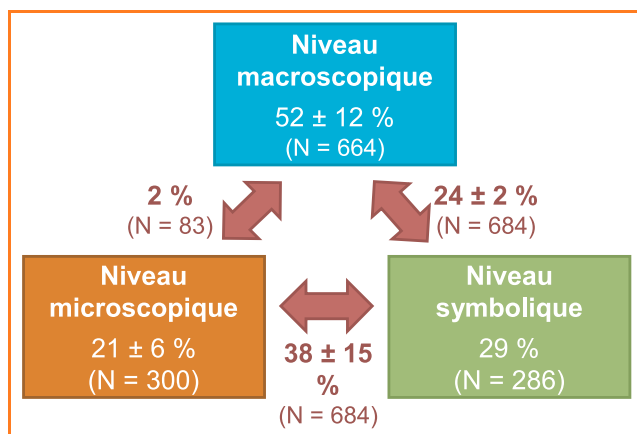


Figure 2 - Proportion des étudiants ayant respecté le niveau de savoir demandé et ayant établi des liens entre deux niveaux de savoir au sein de leurs réponses aux questionnaires. N : nombre de questions évaluées qui impliquaient l'identification du niveau de savoir (dans les rectangles) et l'établissement de liens entre les niveaux (à côté des flèches).

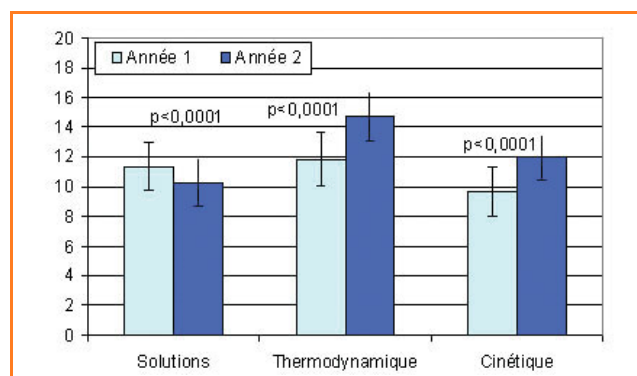


Figure 3 - Comparaison des moyennes obtenues à chaque questionnaire entre l'année 1 et l'année 2, pour les deux universités confondues.

la seconde année alors qu'ils réussissent moins bien le questionnaire témoin « solutions ».

En début de cycle universitaire, dans les cours magistraux de chimie, un exposé qui insiste sur le niveau microscopique en utilisant les modèles moléculaires fixes ou animés semble augmenter le degré de compréhension par les étudiants des concepts-clés. Ces modèles moléculaires sont expliqués, décrits et commentés par l'enseignant. En première année universitaire, il semble donc que l'abstraction nécessaire à la maîtrise de nombreux concepts chimiques s'apprenne, et que cet apprentissage passe notamment par la visualisation et la compréhension de modèles moléculaires.

De plus, un message qui insiste sur l'explicitation et l'identification des niveaux de savoir, et qui de surcroît établit les liens entre ces niveaux, permet de favoriser

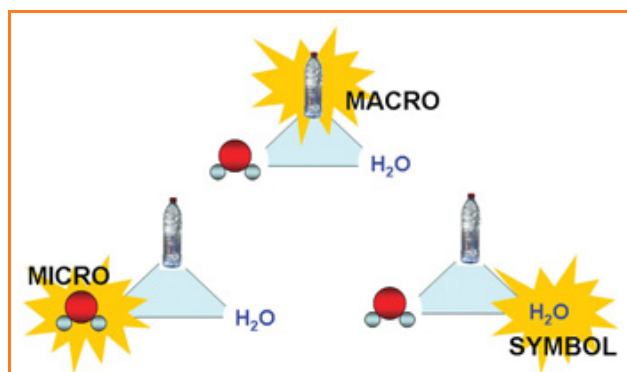


Figure 4 - Logos d'identification des niveaux.

la compréhension par les étudiants des concepts-clés du cours magistral au terme de celui-ci.

Conclusion

Les résultats laissent entrevoir des pistes d'actions pédagogiques concrètes pour améliorer l'efficacité des exposés magistraux de chimie en tenant compte des niveaux macroscopique, microscopique et symbolique, c'est-à-dire en explicitant clairement et fréquemment le niveau du discours, les liens qu'ils entretiennent entre eux, et en augmentant le recours au niveau microscopique du message. Il s'agit de :

- concevoir de nombreux modèles moléculaires avec ou sans animation ;
- intégrer des modèles moléculaires dans les diapositives de type PowerPoint servant de supports écrits aux cours ;
- décrire les trois niveaux de savoir et leurs modes de représentation à partir d'un modèle [10] ;
- décrire les logos d'identification des niveaux (figure 4) et les intégrer dans les supports écrits ;
- identifier le/les niveau(x) sur certaines diapositives-clés ;
- établir des liens entre les différents niveaux en rapprochant sur une même diapositive la présentation du même concept ou de la même notion à des niveaux différents.

Dans le cadre de la présente recherche, ces actions pédagogiques ont été mises en œuvre au sein des cours magistraux de manière isolée afin de valider chacune des deux hypothèses, mais dans la réalité, elles pourraient être déployées conjointement. La combinaison de ces actions devrait dès lors produire un effet synergique sur la qualité de l'exposé, et donc sur la compréhension des étudiants.

Notes et références

- (1) Même si la difficulté de la transition entre les trois niveaux de savoir peut paraître triviale aux yeux des didacticiens en chimie, c'est loin d'être le cas pour les deux hypothèses puisqu'il n'existe *a priori* aucun lien direct entre la compréhension de concepts-clés en chimie et la présentation accrue de modèles moléculaires d'une part et l'explicitation fréquente du niveau du message et des liens entre eux.

- (2) Test U de Mann-Whitney - XLSTAT version 2008.7.01.
 (3) Les résultats suivent la même tendance dans chacune des universités.
- [1] Romainville M., *L'échec dans l'université de masse*, Série Références, L'Harmattan, **2000**, p. 37.
- [2] Astolff J.-P., Peterfalvi B., Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales, *Aster*, **1993**, 16, p. 103.
- [3] Carretto J., Viovy R., Relevé de quelques obstacles épistémologiques dans l'apprentissage du concept de réaction chimique, *Aster*, **1994**, 18, p. 11.
- [4] Larcher C., Point de vue à propos des équilibres chimiques, *Aster*, **1994**, 18, p. 57.
- [5] Barlet R., Plouin D., L'équation-bilan en chimie, un concept intégrateur source de difficultés persistantes, *Aster*, **1994**, 18, p. 27.
- [6] Fillon P., Des élèves dans un labyrinthe d'obstacles, *Aster*, **1997**, 25, p. 113.
- [7] Beauffils D., Vingt années de thèses en didactique de la physique et de la chimie, *Aster*, **1998**, 27, p. 23.
- [8] Johnstone A.-H., Thinking about thinking, *International Newsletter on Chemical Education*, **1991**, 36, p. 7.
- [9] Gabel D., Use of the particle nature of matter in developing conceptual understanding, *Journal of Chemical Education*, **1993**, 70, p. 193.
- [10] Houart M., Étude de la communication pédagogique à l'université à travers les notes et les acquis des étudiants à l'issue du cours magistral de chimie, Thèse de doctorat, Facultés universitaires de Namur, **2009**, à paraître aux Éditions Universitaires Européennes.
- [11] Tiberghien A., Modeling as a basis for analyzing teaching-learning situation, *Learning and Instruction*, **1994**, 4, p. 71.
- [12] Buty C., Étude d'un apprentissage dans une séquence d'enseignement en optique géométrique, Thèse de doctorat, Université Lumière Lyon 2, **2000**.
- [13] Vince J., Approches phénoménologique et linguistique des connaissances des élèves de 2^{nde} sur le son. Contribution à l'élaboration et l'analyse d'un enseignement et au développement d'un logiciel de simulation, Thèse en sciences de l'éducation, Université Lumière Lyon 2, **2000**.
- [14] Séjourné A., Conception d'un hypermédia et analyses de l'influence de l'organisation des contenus sur l'activité des élèves : le cas de « Labdoc Son et Vibrations », Thèse en sciences de l'éducation, Université Lumière Lyon 2, **2001**.
- [15] Tiberghien A., Buty C., Le Maréchal J.-F., La modélisation, axe prioritaire d'une approche théorique sur les relations entre apprentissage et enseignement, *Journées de l'Ardist*, Toulouse, **2003**.
- [16] Roux M., Le Maréchal J.-F., Introducing dynamic equilibrium before static equilibrium by means of computer modelling, *ESERA*, Noordwijkerhout (Hollande), août **2003**.
- [17] Pekdag B., Le Maréchal J.-F., Changement conceptuel et hyperfilm : cas de l'apprentissage des acides et des bases en classe de Première S, *Journées de l'Ardist*, Toulouse, **2003**.
- [18] Pekdag B., Le Maréchal J.-F., Influence of the relations between picture and text of chemical education film on conceptual change, *Proceedings of the 6th Esera Summerschool* (Radovljica, Slovénie, 25-31 août 2002), University of Ljubljana, Faculty of Education, Dusan Krnel (ed.), **2003**, p. 138.
- [19] Le Maréchal J.-F., Bécu-Robinault K., La simulation en chimie au sein du projet Microméga, *Aster*, **2006**, 43, p. 81.



M. Houart



M. Romainville



N. Warzée



F. Reniers

Mireille Houart (auteur correspondant) est chercheuse et **Marc Romainville** professeur au Département Éducation et Technologie, Facultés universitaires Notre-Dame de la Paix, Namur¹.

Nathalie Warzée est chercheuse et **François Reniers** professeur et vice-recteur du Service de Chimie générale, Université Libre de Bruxelles².

Johan Wouters est professeur au Département de Chimie, Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix, Namur³.



J. Wouters

¹ Département Éducation et Technologie, Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix, Rue de Bruxelles 61, B-5000 Namur (Belgique).

² Service de Chimie générale, CP 250, Université Libre de Bruxelles, Campus de la Plaine, Boulevard du Triomphe, B-1050 Bruxelles (Belgique).

³ Département de Chimie, Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix, Rue de Bruxelles 61, B-5000 Namur (Belgique).
 Courriel : johan.wouters@fundp.ac.be

« Made in Europe for the World »
 Oui, mais avec vos contributions !

Analytical and Bioanalytical Chemistry
 Springer
 the language of science

L'Actualité Chimique
 Société Chimique de France

Les journaux de ChemPubSoc*
 * ChemPubSoc regroupe 14 sociétés de chimie européennes, dont la SCF

WILEY-VCH ChemPubSoc

- Chemistry, a European Journal
- European Journal of Organic Chemistry
- European Journal of Inorganic Chemistry
- ChemBioChem
- ChemCatChem
- ChemMedChem
- ChemPhysChem
- ChemSusChem

Pour montrer la vitalité de la chimie française,
 toutes ces revues attendent vos communications.