

## RESEARCH OUTPUTS / RÉSULTATS DE RECHERCHE

### **Rapport final du projet FNRS : La communication pédagogique dans les exposés de chimie à l'université.**

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

*Publication date:*  
2008

*Document Version*  
Première version, également connu sous le nom de pré-print

#### [Link to publication](#)

*Citation for published version (HARVARD):*

Houart, M, Warzée, N, Wouters, J, Reniers, F & Romainville, M 2008, *Rapport final du projet FNRS : La communication pédagogique dans les exposés de chimie à l'université. Mesure des effets sur l'apprentissage des étudiants.*

#### **General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

#### **Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# La communication pédagogique dans les exposés de chimie à l'université

## Mesure des effets sur l'apprentissage des étudiants

Projet G.4.517.07.F

### I. Contexte et cadre conceptuel

A l'université, en première année, l'exposé magistral demeure le mode de communication pédagogique principal. Ainsi, dans les sections scientifiques, ce mode de communication correspond à un volume de 65 à 76 % de l'horaire de cours de l'étudiant. La qualité de la communication pédagogique, lors d'un exposé, peut être considérée comme un premier élément déterminant pour enclencher les processus d'apprentissage adéquats chez les bacheliers et donc comme un facteur de réussite qui mérite une attention particulière.

En effet, parmi l'ensemble des facteurs de réussite (nombre d'heures dédiées à l'étude, méthodes de travail, projet personnel, maîtrise de la langue, etc.), la communication pédagogique offre l'avantage d'être un facteur sur lequel les enseignants ont en partie le pouvoir d'agir.

Dans le cursus des sections à caractère scientifique, les cours de chimie sont centraux. En effet, ces cours sont présents dans les cursus au premier cycle quelle que soit la faculté scientifique considérée<sup>1</sup>. Pourtant ces cours constituent une source de difficultés pour de nombreux étudiants. Parmi ces difficultés très largement explorées dans les recherches en didactique de cette discipline (Astolfi & Peterfalvi, 1993 ; Barlet, 1993 ; Barlet & Plouin, 1994, 1997 ; Carretto & Viovy, 1994 ; Fillon, 1997 ; Larcher, 1994 ; Beaufils, 1998), une d'entre elles apparaît comme transversale. Autrement dit, elle est présente quel que soit le contenu envisagé. Il s'agit des passages et des associations omniprésents, quoique la plupart du temps implicites, entre la description des phénomènes (niveau macroscopique), la représentation par des modèles de leurs aspects microscopiques (niveau microscopique) et l'utilisation de l'écriture symbolique standardisée (niveau symbolique).

Lorsqu'un enseignant présente des concepts chimiques, les allers-retours entre les niveaux macroscopique, microscopique et symbolique sont omniprésents. Toutefois, Johnstone (1991) et Gabel (1993) soulignent que dans l'enseignement de la chimie, le temps alloué au niveau symbolique est très important au détriment de celui consacré aux niveaux macro- et microscopique. De plus, à l'université, l'enseignement de la chimie combine exposés magistraux, séances de laboratoire qui constituent la porte d'entrée du niveau macroscopique et séances d'exercices pendant lesquelles le niveau symbolique domine. Ces diverses activités sont dispensées par des personnes différentes. Un professeur est généralement responsable du cours alors que les travaux pratiques et les travaux dirigés sont pris en charge par un groupe d'assistants. De ce fait, les trois niveaux de représentation de la chimie pourraient encore davantage apparaître comme cloisonnés aux yeux des étudiants.

Établir des liens entre les trois niveaux de savoir n'est ni évident, ni *a fortiori* automatique pour les étudiants, alors que cette démarche constitue une condition *sine qua non* d'une compréhension en profondeur de « la chimie » et notamment de l'activité de modélisation cruciale dans la maîtrise des concepts chimiques (Tiberghien, 1994).

A l'instar de Gabel (1993), nous émettons une **première hypothèse** selon laquelle **mettre l'accent sur le niveau microscopique** lors de l'enseignement de la chimie devrait accroître les

---

<sup>1</sup> A l'exception des baccalauréats en sciences mathématiques et en sciences informatiques.

De plus, les cours de chimie générale font également partie des cursus des ingénieurs de gestion.

performances des étudiants non seulement à ce niveau mais également aux niveaux macroscopique et symbolique et donc globalement augmenter leur maîtrise de cette discipline. Le raisonnement qui a abouti à cette hypothèse est le suivant : le niveau microscopique correspond à l'aspect le plus fondamental et le plus difficile de la chimie. Insister sur ce niveau, qui constitue le cœur de la compréhension en profondeur des phénomènes chimiques, permet plus facilement d'établir les liens avec les deux autres niveaux. Or, l'établissement de ces liens est associé à la maîtrise des concepts dans les trois niveaux.

Cette hypothèse a été vérifiée au niveau secondaire, avec deux classes de respectivement 20 et 23 élèves sur l'ensemble du programme de chimie d'une année scolaire. Cependant, Gabel reconnaît que cette expérience, de petite envergure, mériterait d'être reconduite à plus large échelle.

En outre, comme Larcher (1994), nous pensons que « *faute de distinguer le registre des phénomènes, le registre des modèles et le registre des représentations symboliques avec suffisamment de rigueur, nous entraînons souvent les élèves (ou les étudiants) dans de mauvaises représentations des phénomènes et nous les entretenons dans des confusions* ». Nous émettons donc une **seconde hypothèse** corollaire de cette affirmation : **explicitement et fréquemment le niveau du discours (macroscopique, microscopique et symbolique), les passages et les rapports dialectiques qu'ils entretiennent entre eux** devrait également augmenter la compréhension profonde des étudiants des concepts chimiques et dès lors, augmenter sensiblement leurs performances. En effet, pour une matière abordée, une absence d'explication dans un des trois niveaux ainsi qu'un temps trop important alloué à un niveau sans référence aux autres niveaux handicapent la compréhension de la chimie et démobilisent l'étudiant en tant que récepteur actif.

Dans le présent travail, nous avons tenté de vérifier ces deux hypothèses en comparant les performances en chimie sur trois matières avec deux groupes d'étudiants témoins de première année universitaire et deux groupes d'étudiants cibles. Cette recherche a été menée en collaboration avec deux professeurs titulaires du cours de chimie générale en première année du grade de bachelier, l'un à l'Université Libre de Bruxelles (ULB) et l'autre aux Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix à Namur (FUNDP).

## II. Objectifs

Les objectifs de cette recherche sont doubles. Ils se déclinent en objectifs de compréhension et en objectifs d'action à propos de la communication pédagogique dans les exposés de chimie à l'université.

Plus concrètement, pour la première hypothèse, nous répondrons aux questions suivantes :

- A quelles conditions un message pédagogique qui insiste sur le registre microscopique influence-t-il la compréhension profonde de la chimie ?
- Quelles actions pédagogiques lors d'exposés oraux permettent d'insister sur le registre microscopique ?

Pour la seconde hypothèse, nous répondrons aux questions suivantes :

- A quelles conditions un message pédagogique qui favorise l'explicitation des niveaux du discours, les passages et les rapports dialectiques qu'ils entretiennent entre eux influence-t-il la compréhension profonde de la chimie ?
- Quelles actions pédagogiques lors d'exposés oraux permettent l'explicitation des niveaux du discours, les passages et les rapports dialectiques qu'ils entretiennent entre eux ?

### III. Méthodologie (première année - 2007)

Durant l'année 2007, une première étape a consisté à mesurer les performances d'un large échantillon d'étudiants à des items de chimie dans les trois registres : macroscopique, microscopique et symbolique couvrant des sujets-clés. Ces performances ont été considérées comme un indicateur de la compréhension profonde des étudiants pour un ensemble de phénomènes chimiques. Cet échantillon d'étudiants a constitué le **groupe témoin**. Cette étape s'est réalisée avec tous les étudiants de 10 sections (8 à l'ULB et 2 aux FUNDP), dans les deux universités participantes et avec les deux professeurs **délivrant le cours classiquement**, c'est-à-dire sans intervention pédagogique explicite reliée à nos hypothèses. Cette étape a également visé à valider nos présupposés et à préparer consciencieusement le terrain pour pouvoir tester les deux hypothèses, c'est-à-dire à repérer les différents niveaux de savoir dans les six cours magistraux, et l'établissement des liens éventuels entre les niveaux mis en évidence par les enseignants.

#### III.1 Sélection des cours magistraux

Trois leçons<sup>2</sup> différentes des cours de chimie générale ont été sélectionnées en accord avec les professeurs, dans chacune des deux universités. Chacune d'elles porte sur des chapitres communs, jugés par les professeurs comme importants dans la formation des étudiants de première année universitaire.

Un premier chapitre concerne les solutions aqueuses, un deuxième traite de la thermodynamique et un dernier couvre la cinétique.

Lors de la sélection de ces leçons, il a fallu trouver des pans de matière communs aux deux cours de chimie générale dans les deux universités. En effet, même si les trois chapitres cités font partie intégrante des cours dispensés dans les deux universités impliquées dans le projet, les notions sont généralement traitées de manière personnelle et différemment par les deux professeurs. En conséquence, les parties pour lesquelles un même questionnaire pouvait être élaboré ont dû être identifiées. Cependant, pour le premier chapitre, il a été impossible de sélectionner une leçon traitant de notions et de phénomènes identiques au premier semestre. Nous avons dès lors dû concevoir deux questionnaires différents ; ce qui ne porte en aucun cas préjudice au bon déroulement du projet puisque le questionnaire associé à cette matière sert de « témoin » et permet de comparer les groupes d'étudiants des années 2006-2007 et 2007-2008 dans chacune des deux universités.

#### III.2 Observation des cours magistraux

Chacun des cours magistraux ainsi sélectionnés ont été suivis et filmés par les chercheurs. Les diapositives de type PowerPoint ont été fournies par les enseignants de manière à pouvoir analyser tant le message oral que les messages écrits (supports pédagogiques exploités pendant la leçon) transmis aux étudiants.

Ensuite, le message oral du professeur a été intégralement transcrit sur la base des leçons filmées. Les informations notées au tableau (aux FUNDP) ou sur un transparent (à l'ULB) ont aussi été intégralement transcrites.

Enfin, l'ensemble de ces informations orales et écrites ont été mises en parallèle, dans une grille en trois colonnes, pour tenter de reproduire le plus fidèlement possible l'ensemble du message adressé aux étudiants, dans le cadre des six leçons analysées.

---

<sup>2</sup> Selon les sujets traités et les universités, la durée de ces leçons varie de 1 heure à 2 heures 30 de manière à former un tout conceptuel.

### **III.3 Analyse du message transmis aux étudiants**

Afin de repérer et de comptabiliser les interventions pédagogiques liées aux deux hypothèses, les trois éléments du message (le message oral, les diapositives et le tableau ou les transparents) ont été analysés.

L'énoncé oral du professeur a été subdivisé en unités en fonction du niveau de savoir. Autrement dit, à chaque changement de niveau, une nouvelle unité est créée. De plus, une colonne permet de comptabiliser le nombre de changement de niveau. Ensuite, chaque unité est analysée en fonction des catégories suivantes :

- l'identification du niveau du message : macroscopique, moléculaire, symbolique ;
- l'explicitation du niveau du message ;
- l'établissement de lien entre les niveaux ;
- l'explicitation des relations entre les niveaux ;
- l'explicitation du symbolisme.

De plus, nous avons relevé dans le message oral deux caractéristiques mises en évidence par les chercheurs qui s'intéressent aux cours magistraux (Rickards *et al.*, 1997 ; Scerbo *et al.*, 1992 ; Titsworth, 2001 ; Piolat, 2001 ; Parpette & Bouchard, 2003). D'une part, le débit (exprimé en nombres de mots par seconde) et, d'autre part, la proportion d'informations correspondant aux données notionnelles par rapport aux commentaires phatiques et métalinguistiques. Les données notionnelles qui constituent la majeure partie de l'énoncé oral correspondent à l'énoncé principal. Elles se combinent à une série d'énoncés secondaires appelés les commentaires phatiques et métalinguistiques. Les fonctions de ces derniers sont très diversifiées : interpellier les étudiants - commentaires phatiques, introduire le sujet de la leçon, préciser la nature des notions présentées (rappels, exemples, éléments connus, éléments essentiels à connaître pour l'évaluation... - commentaires métalinguistiques).

### **III.4 Élaboration des questionnaires**

Trois questionnaires ont été élaborés en collaboration avec les enseignants. Ils portent sur chacun des trois cours magistraux sélectionnés par université. Ces questionnaires contiennent une série d'items communs construits sur la base de ce que les professeurs pensent que les étudiants devraient savoir et savoir faire à l'issue de leur cours magistral, à l'aide de leurs notes de cours. Ces items visent à mesurer le degré de compréhension profonde de la chimie et la manière dont la communication pédagogique est passée entre le professeur et les étudiants. Ils sont en partie orientés vers nos hypothèses, c'est-à-dire la capacité des étudiants à passer d'un niveau de représentation de la chimie à un autre ou encore de décrire spécifiquement un des niveaux.

Un nombre raisonnable d'items a enfin été conservé afin que chacun des questionnaires soit compatible avec le temps de réponse accordé aux étudiants.

### **III.5 Passation des questionnaires**

Ces questionnaires ont été distribués à l'ensemble des étudiants présents lors de la séance de cours de chimie générale, à la fin du cours magistral.

Les étudiants ont été informés oralement et par écrit, via le questionnaire, de l'objectif poursuivi par le questionnaire, du caractère confidentiel des réponses et de l'utilité de leurs réponses. En outre, il leur a été demandé d'y répondre individuellement, le plus soigneusement et le plus franchement possible à l'aide de leurs notes de cours.

Le tableau 1 illustre le taux de participation des étudiants à chaque questionnaire au cours des deux années de la recherche. Les catégories permettant de classer les étudiants sont expliquées au point III.6.

N° questionnaire	Caractéristiques	Année 1	Année 2
	Nombre d'étudiants inscrits au cours de chimie générale	641	623
1. Solutions	Nombre de questionnaires complétés*	402 (63%)	375 (60%)
	Nombre de questionnaires sans données personnelles ou avec des données incomplètes ou erronées**	17 (4%)	6 (2%)
	Nombre de questionnaires très laconiques, repérés comme peu fiables**	13 (3%)	13 (3%)
	Nombres de questionnaires valides** :	372 (93%)	356 (95%)
	- <i>primo</i> inscrits	291 (72%)	307 (82%)
	- bisseurs dans une autre faculté	29 (7%)	11 (3%)
	- bisseurs dans la même faculté	52 (13%)	38 (10%)
2. Thermo-dynamique	Nombre de questionnaires complétés	388 (61%)	345 (55%)
	Nombre de questionnaires sans données personnelles ou avec des données incomplètes ou erronées	9 (2%)	5 (1%)
	Nombre de questionnaires très laconiques, repérés comme peu fiables	11 (3%)	3 (1%)
	Nombres de questionnaires valides :	368 (95%)	337 (98%)
	- <i>primo</i> inscrits	286 (74%)	274 (79%)
	- bisseurs dans une autre faculté	19 (5%)	27 (8%)
	- bisseurs dans la même faculté	63 (16%)	36 (10%)
3. Cinétique	Nombre de questionnaires complétés	336 (52%)	346 (56%)
	Nombre de questionnaires sans données personnelles ou avec des données incomplètes ou erronées	14 (4%)	15 (4%)
	Nombre de questionnaires très laconiques, repérés comme peu fiables	24 (7%)	11 (3%)
	Nombres de questionnaires valides :	298 (89%)	320 (92%)
	- <i>primo</i> inscrits	228 (68%)	265 (77%)
	- bisseurs dans une autre faculté	19 (6%)	20 (6%)
	- bisseurs dans la même faculté	51 (15%)	35 (10%)

Tableau 1 : Répartition des étudiants dans les différentes catégories pour les trois questionnaires, pour les deux universités confondues et pour les deux années de recherche

\* pourcentages calculés par rapport au nombre d'étudiants inscrits au cours de chimie générale

\*\* pourcentages calculés par rapport au nombre de questionnaires complétés

### **III.6 Encodage des questionnaires**

Les questionnaires complétés par les étudiants et corrigés par les chercheurs ont été encodés dans un fichier Excel qui comprend :

- ✓ les données personnelles des étudiants demandées dans la première partie du questionnaire ;
- ✓ les notes attribuées aux réponses aux questions portant sur la matière enseignée.

A ces données, ont été ajoutés les résultats des étudiants aux différentes épreuves certificatives en chimie (examens de chimie de janvier, de juin et de septembre).

#### ***Données personnelles***

Le nom, le prénom, la section, le fait d'être *primo* inscrit ou bisseur, le degré de familiarité avec la matière de la leçon et enfin la perception du degré de compréhension de la matière liée à la leçon ont été demandés dans la première partie du questionnaire.

A partir de ces informations, quatre catégories ont été conçues afin de classer les étudiants :

- les *primo* inscrits ;
- les bisseurs qui recommencent une année à l'université dans une autre faculté ;
- les bisseurs qui recommencent une année à l'université dans la même faculté ;
- les étudiants qui fournissent des données personnelles erronées ou qui omettent d'y répondre.

A partir de ces catégories, il a été possible de différencier les étudiants qui permettent une analyse complète des autres, c'est-à-dire les questionnaires sans données personnelles ou comportant des données personnelles non valides. Ces deux types de questionnaires ont été classés différemment parce qu'ils ne permettaient pas d'établir un lien entre la compréhension du message au terme du cours magistral de chimie et d'autres données comme, par exemple, les résultats à l'examen de chimie en janvier, en juin et en septembre.

De plus, il fallait distinguer les questionnaires complétés par des étudiants *primo* inscrits ou qui recommencent une année dans une autre faculté des autres en se basant sur l'hypothèse que la communication pédagogique est probablement différente entre le professeur et les étudiants qui ont déjà suivi un cours de chimie générale à l'université. En effet, pour les étudiants bisseurs qui recommencent une année à l'université dans la même faculté, le phénomène d'adaptation aux cours universitaires est sans doute dépassé et la matière a vraisemblablement été entendue et même étudiée une ou plusieurs fois de telle sorte que la communication pédagogique serait favorisée. La décision de ne retenir pour l'analyse que le groupe des étudiants *primo* inscrits a été confirmée par la question portant sur le degré de familiarité avec la matière vue au cours magistral. En effet, une différence bien marquée a été observée entre les catégories d'étudiants (*primo* inscrits, « bisseurs dans une autre faculté » et « bisseurs dans la même faculté »).

### ***Questions portant sur la matière***

Une note globale pour chaque questionnaire complété a été attribuée de la manière suivante : la réponse attendue pour chaque question a été subdivisée en éléments de réponse et en caractéristiques de la réponse liées aux hypothèses. Une note de « 1 » est octroyée pour un élément de réponse complet, une note de « ½ » pour un élément de réponse incomplet et une note de « 0 » lorsque l'élément de réponse est incorrect. Une somme des notes attribuées aux éléments de réponse est calculée par question et finalement, le total des notes pour l'ensemble du questionnaire est réalisé. Cette note sera considérée comme le reflet du taux de compréhension réel de l'étudiant vis-à-vis de la matière.

Enfin, les questionnaires qui apparaissent comme très laconiques et qui ont donc été complétés par des étudiants qui, de toute évidence, se sont peu investis dans l'activité ont été éliminés de l'analyse. Le critère arbitrairement retenu est le suivant : pas de réponse à la moitié ou à plus de la moitié des questions. Il ne recouvre pas plus de 2 à 4% des étudiants (tableau 1).

### **III.7 Correction des questionnaires**

La correction de chacun des questionnaires s'est réalisée dans la perspective de répondre aux questions de recherche et d'étayer les hypothèses du projet et non dans celle d'une évaluation certificative classique.

Ainsi, une attention toute particulière a été portée à la capacité des étudiants à traduire le symbolisme utilisé dans les cours magistraux analysés, à distinguer les différents niveaux macroscopique, moléculaire et symbolique, à les décrire et à établir des liens entre ces niveaux.

Une double correction par chacun des chercheurs sur plusieurs questionnaires a permis de valider la procédure de correction.

## **IV. Méthodologie (seconde année - 2008)**

Pour la seconde année, la méthodologie de la recherche comprenait trois étapes distinctes (tableau 2).

La mesure des performances du groupe témoin (première étape de la recherche) a été réalisée sur le chapitre des solutions aqueuses, comme elle l'avait été précédemment lors de la première année, pour les trois chapitres.

Dans la deuxième étape, la même démarche a été mise en œuvre avec un échantillon équivalent d'étudiants et sur une autre matière (la cinétique). Le dispositif d'enseignement tenait compte de la **première hypothèse** de recherche, c'est-à-dire que le **temps alloué au registre microscopique a été augmenté**. Pour cela, en collaboration avec les professeurs titulaires des cours magistraux, de nombreux modèles moléculaires figés ou animés ont été conçus et ajoutés aux diapositives. Ces modèles étaient soit en rapport avec des concepts ou des notions expliqués au niveau macroscopique et/ou au niveau symbolique, soit en rapport avec des notions expliquées au niveau moléculaire mais à l'aide d'autres modes de représentation comme des graphiques par exemple. Lors des cours magistraux, ces modèles ont été décrits, expliqués et commentés oralement par les enseignants.

Lors de la troisième et dernière étape, une démarche semblable a été menée, toujours avec un échantillon équivalent d'étudiants et sur une autre matière (la thermodynamique). Cette fois, le dispositif d'enseignement visait à tester la **seconde hypothèse**. Les enseignants ont été invités à **pointer davantage à quel niveau (macroscopique, microscopique, symbolique) se situait leur discours, ils ont explicité plus fréquemment les passages entre les niveaux et ont mis en évidence les liens qui existaient entre eux**.

Le tableau 2 décrit de manière synthétique la méthodologie globale de la recherche.

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

Tableau 2 : Récapitulatif de la méthodologie sur les deux années

Les résultats obtenus à chaque questionnaire ont été comparés entre la première année et la seconde année pour les deux universités confondues, grâce à un test U de Mann-Whitney (XLSTAT version 2008.7.01 ; Siegel, 1956). Pour les deux cours subissant des interventions pédagogiques, un test U de Mann-Whitney (XLSTAT version 2008.7.01) a été réalisé afin de comparer les résultats obtenus à chaque question et d'identifier les questions significativement mieux réussies la seconde année.

## V. Résultats et discussion

## V.1 Conception d'actions pédagogiques

Des actions pédagogiques visant d'une part à insister sur le niveau microscopique et d'autre part à augmenter l'identification et l'explicitation des niveaux de savoir et des liens entre eux ont été élaborées en collaboration avec les enseignants.

De nombreux modèles moléculaires figés ou animés ont été conçus pour s'intégrer dans les supports écrits des enseignants afin d'augmenter la part du niveau microscopique.

Lors des cours magistraux, grâce à une diapositive (figure 1), le modèle des trois niveaux de savoir en chimie et de leurs modes de représentation a été décrit et les logos d'identification des niveaux de savoir (figure 2) ainsi que son utilité ont été présentés.

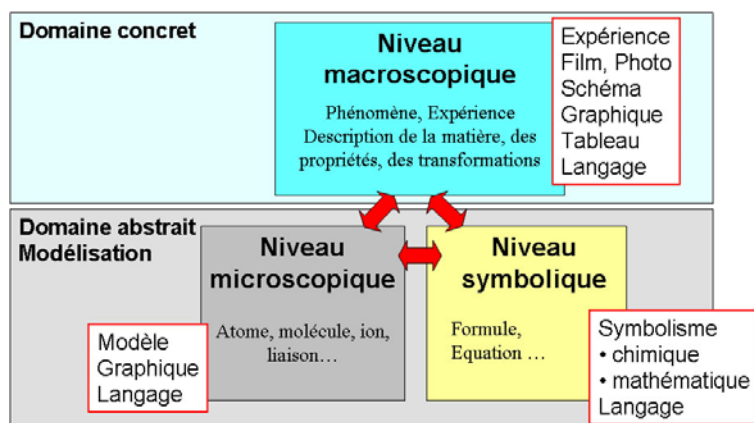


Figure 1 : Description des trois niveaux de savoir et de leurs modes de représentation

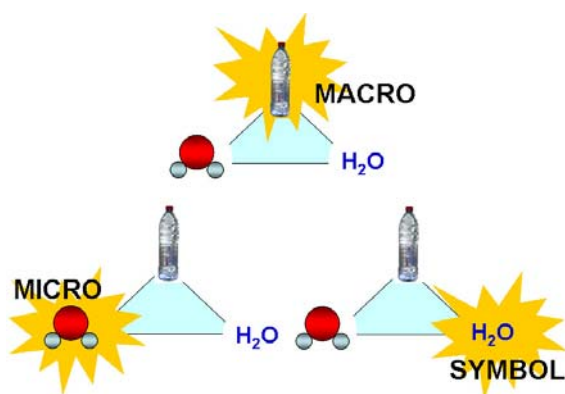


Figure 2 : Logos d'identification des niveaux

Ces logos ont été insérés dans les diapositives pour permettre l'identification des niveaux ou l'établissement des liens entre eux.

De plus, des actions concrètes qui concernent la précision des grandeurs et des unités dans le niveau symbolique ont été envisagées.

Enfin, des concepts décrits à des niveaux différents ont été rapprochés sur une même diapositive et des illustrations pour certains niveaux inexistantes ont été ajoutées. Ces deux dernières actions visaient à établir des liens entre les niveaux de savoir.

## V.2 Caractéristiques du message transmis aux étudiants

### V.2.1 Message oral

#### *Caractéristiques des cours magistraux*

Deux caractéristiques du message oral des cours magistraux ont été analysées lors de la première année de recherche. Il s'agit du débit et de la proportion d'énoncé principal (les données notionnelles) par rapport à l'énoncé secondaire (les commentaires phatiques et métalinguistiques).

Comparativement aux données fournies par la littérature sur le **débit verbal** d'un conférencier d'environ 2 à 3 mots par seconde (Piolat, 2001), nous constatons que le débit des professeurs est globalement proche, voire légèrement moins soutenu dans le cadre des cours magistraux de chimie générale que nous avons filmés (tableau 3).

Caractéristiques du message	Solutions (Année 1)		Thermodynamique (Année 1)		Cinétique (Année 1)	
	ULB	FUNDP	ULB	FUNDP	ULB	FUNDP
Débit verbal (mots/seconde)	2,0	1,8	2,0	1,6	1,3	1,8

Tableau 3 : Débit verbal pour les cours magistraux analysés

Ce résultat peut s'expliquer par le fait qu'il s'agit de cours magistraux en première année universitaire et non d'une conférence, ce qui conditionne probablement les professeurs à ralentir le rythme notamment pour permettre aux étudiants de prendre des notes. De plus, pour des cours de sciences les professeurs utilisent simultanément et constamment le tableau, ce qui ralentit probablement encore le débit verbal.

Le tableau 4 rend compte des proportions **de données notionnelles et de commentaires phatiques et métalinguistiques** pour les cours magistraux de chimie générale filmés.

Caractéristiques du message	Solutions (Année 1)		Thermodynamique (Année 1)		Cinétique (Année 1)	
	ULB	FUNDP	ULB	FUNDP	ULB	FUNDP
Proportion de données notionnelles	74%	72%	74%	82%	71%	75%
Proportion de commentaires phatiques et métalinguistiques	26%	28%	26%	18%	29%	25%

Tableau 4 : Proportions des données notionnelles et des commentaires phatiques et métalinguistiques dans les cours magistraux analysés

En moyenne trois quarts du message oral correspondent aux données notionnelles tandis qu'un quart est dédié aux énoncés secondaires. Ces derniers constituent des pauses pour les étudiants au niveau de la prise de notes car les commentaires phatiques et métalinguistiques sont rarement notés (Houart, thèse en cours).

### *Actions pédagogiques en lien avec les niveaux de savoir*

Chaque année, les messages oraux ont été analysés du point de vue du **modèle des niveaux de savoir** et de la difficulté transversale associée afin de repérer et de comptabiliser les interventions pédagogiques liées aux deux hypothèses. Les résultats sont présentés pour les deux universités confondues dans le tableau 5.

Caractéristiques du message	Solutions		Thermodynamique		Cinétique	
	Année 1	Année 2	Année 1	Année 2	Année 1	Année 2
Durée d'enregistrement (minutes)	123	125	126	150	135	117
Changement de niveaux (fréquence/minute)	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
Explicitation du symbolisme	49	36	26	37	23	36

Tableau 5 : Caractéristiques du message oral pour les six cours magistraux analysés pour les deux universités confondues<sup>3</sup>

### Année témoin

La première année de recherche, le nombre de changements de niveaux de savoir est très élevé comme l'annonçait qualitativement la littérature. La fréquence moyenne de ces changements oscille de un à deux par minute.

Par contre, toutes les autres caractéristiques observées sont peu fréquentes voire inexistantes : le niveau de savoir est rarement identifié ou explicité par les professeurs, l'établissement de liens entre les divers niveaux est peu présent, en dehors du cours magistral de thermodynamique délivré dans une des deux universités, pour lequel les liens restent toutefois implicites. Des explications à propos des liens et des rapports dialectiques entre les différents niveaux sont absentes des discours.

En revanche, le symbolisme est fréquemment explicité. Une analyse des unités relatives à ces explicitations montre que les professeurs traduisent souvent oralement le symbolisme qu'ils inscrivent au tableau ou qui est noté sur les diapositives.

Cette analyse des cours magistraux montre à quel point les changements de niveaux sont fréquents sans être explicités par les enseignants. Tout se passe comme si les enseignants faisaient l'hypothèse implicite que les étudiants maîtrisent parfaitement la distinction entre les différents niveaux de savoir et parviennent lors de la réception du message 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 abordés.

L'identification des niveaux de savoir et l'établissement des liens entre les niveaux constituent-ils vraiment des opérations maîtrisées par les étudiants en première année universitaire ? Cette question est l'objet du point V.3.

<sup>3</sup> Pour des raisons de clarté, les résultats sont présentés pour les deux universités confondues mais nous tenons à souligner que les résultats suivent la même tendance dans chacune des deux universités, donc avec deux professeurs différents.

## Première hypothèse

Pour le message oral des cours magistraux analysés durant les deux années de recherche, la proportion de chaque niveau de savoir a été estimée afin de caractériser ces messages en lien avec notre première hypothèse (figure 3).

Au sein de l'énoncé oral du professeur, le niveau microscopique est très peu mis en évidence dans les six cours magistraux, ce qui avait déjà été pointé par Gabel (1993). Le niveau symbolique est loin d'être prédominant comme l'avaient suggéré Johnstone (1991) et Gabel (1993).

Évidemment, ces données devraient être confrontées à celles obtenues pour des cours magistraux portant sur d'autres matières et délivrés par d'autres professeurs, les matières des cours analysés étant propices à la description du niveau phénoménologique.

Conformément à notre première hypothèse, nous constatons qu'un accent particulier a été mis sur le niveau microscopique pour le cours « Cinétique » durant l'année 2 (16% vs. 37%). De façon intéressante, nous constatons également une augmentation du niveau microscopique pour les deux autres cours, « Solutions » (14% vs. 25%) et « Thermodynamique » (7% vs. 10%), entre les deux années.

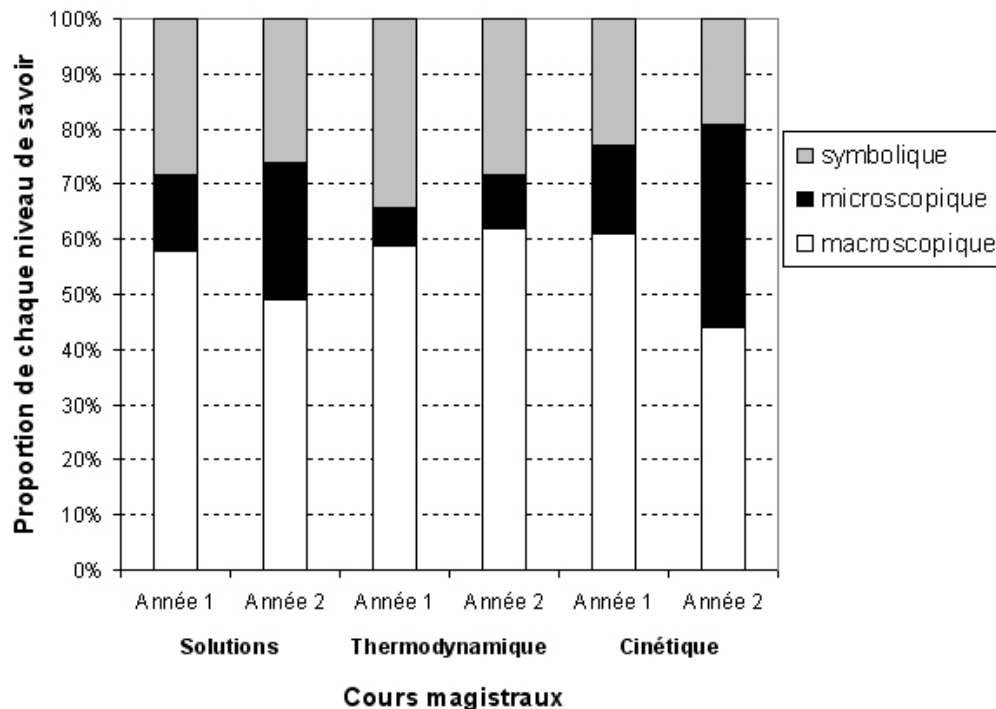


Figure 3 : Proportion des différents niveaux de savoir au sein des trois cours magistraux durant les deux années de recherche pour les deux universités confondues

## Seconde hypothèse

Durant la deuxième année de recherche, le cours de « Thermodynamique » dans les deux universités a été modifié conformément à la seconde hypothèse, à savoir celle prônant une explicitation claire et fréquente du niveau du discours (macroscopique, microscopique et symbolique), des passages et des rapports dialectiques qu'ils entretiennent entre eux.

En effet, au niveau du message oral, nous observons une augmentation du nombre d'identifications du niveau de savoir (7 durant l'année 1 vs. 47 durant l'année 2) et d'établissements de liens entre les niveaux (26 vs. 98). Le cours de « Thermodynamique »

présente également une augmentation du nombre d'explicitations, tant du niveau de savoir (0 vs. 20) que des liens entre les niveaux (0 vs. 17).

Il est intéressant de constater que pour les deux autres cours (« Solutions » et « Cinétique »), le nombre d'identifications du niveau de savoir et d'établissements de liens entre ces niveaux ont également augmenté alors que pour le cours sur les « Solutions », il avait été demandé aux professeurs de donner le cours de la même manière que lors de la première année. Et pour le cours de « Cinétique », les indications de changements à apporter concernaient seulement l'augmentation du niveau microscopique.

Les différences constatées au sein de l'énoncé oral pour le cours « Solutions » (qui devait servir de témoin) sont inattendues. Toutefois, une hypothèse explicative de ces différences peut être avancée : les deux professeurs qui participent à la recherche ont probablement été imprégnés par les idées maîtresses de la recherche et modifient en conséquence leur discours, sans doute de manière inconsciente.

Parmi les actions pédagogiques réalisées de cette manière, l'identification du niveau de savoir, l'établissement des liens entre les niveaux et l'augmentation du niveau microscopique semblent correspondre à des actions mises en œuvre facilement. En revanche, les actions pédagogiques de l'ordre de l'explicitation des niveaux de savoir et des rapports dialectiques qu'ils entretiennent entre eux semblent être plus difficiles à intégrer naturellement dans son enseignement.

De plus, nous soulignons une augmentation du nombre d'explicitations du symbolisme pour les cours de « Thermodynamique » et « Cinétique » (respectivement 26 vs. 37 et 23 vs. 36), bien que cette action pédagogique ne corresponde à aucune de nos deux hypothèses. En revanche, les difficultés des étudiants au niveau de la traduction du symbolisme avaient été épinglées lors de la première année de recherche. Des exemples précis et des mesures quantitatives avaient fait l'objet d'un rapport intermédiaire transmis aux enseignants.

Nous épinglons enfin, entre les deux années, une augmentation du nombre de changements de niveaux par minute pour chacun des cours magistraux analysés, la différence étant moins marquée pour le cours « Solutions » qui a servi de témoin.

L'augmentation du nombre de changements de niveau de savoir dans les messages oraux correspond également à un résultat inattendu quoique parfaitement justifiée. En effet, si les professeurs mettent davantage l'accent sur l'identification des niveaux de savoir et sur l'établissement des liens entre eux, ils établissent probablement des liens supplémentaires et le nombre de changements de niveaux augmente en conséquence.

### V.2.2 Message écrit

Pour les cours magistraux pour lesquels des interventions pédagogiques liées aux hypothèses ont été réalisées, l'ensemble des messages écrits (diapositives, tableau et transparents) ont été également analysés.

Pour le cours de « Thermodynamique », le nombre d'identifications du niveau de savoir passe de 1 la première année à 48 la seconde année et le nombre d'établissements de liens entre les niveaux de 5 à 28. Les messages écrits des cours de « Thermodynamique » n'ont pas été modifiés en ce qui concerne la proportion de diapositives qui comportent le niveau microscopique et le nombre de modèles moléculaires présentés aux étudiants.

Pour le cours de « Cinétique », la proportion de diapositives qui comportent le niveau microscopique passe de 23% à 41% et le nombre de modèles moléculaires présentés aux étudiants passe de 1 à 23.

Les messages écrits des cours de « Cinétique » n'ont, quant à eux, pas été modifiés à propos du nombre d'identifications du niveau de savoir et le nombre d'établissements de liens entre les niveaux.

En conséquence, les observations réalisées à propos de l'analyse de l'ensemble des messages transmis aux étudiants montrent que le cours de « Cinétique » a très largement été modifié en lien avec notre première hypothèse tant au niveau des supports écrits proposés aux étudiants qu'au niveau de l'énoncé oral. Les messages écrits et oraux du cours de « Thermodynamique » ont, quant à eux, été profondément adaptés en fonction de notre seconde hypothèse.

### V.3 Acquis des étudiants à l'issue du cours magistral

Les acquis des étudiants *primo* inscrits en relation avec les trois niveaux de savoir sont présentés de manière transversale pour les trois questionnaires analysés de la première année. Les réponses des étudiants ont fait l'objet d'une analyse quantitative à propos de leur capacité à identifier le niveau de savoir et à établir des liens entre deux niveaux.

La figure 4 présente la proportion d'étudiants ayant respecté le niveau de savoir exigé dans la question et ayant établi des liens entre deux niveaux de savoir. Par exemple, pour le cours magistral sur la solubilité, il était demandé de représenter au niveau macroscopique deux expériences de mise en solution d'un soluté (l'une sans saturation, l'autre à saturation), d'expliquer au niveau microscopique la mise en solution et la saturation ainsi que d'inscrire symboliquement les équations de mise en solution.

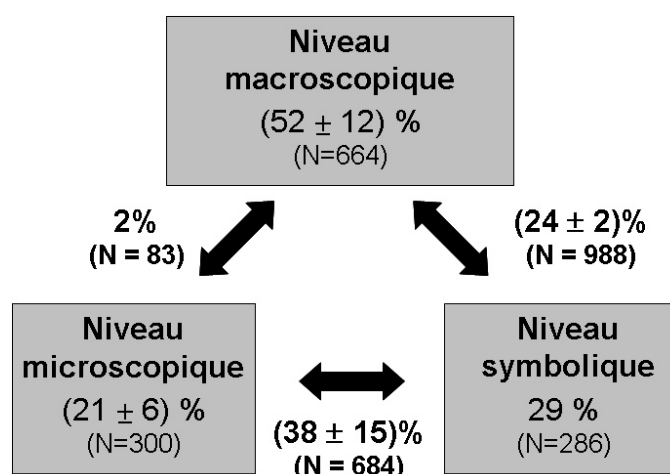


Figure 4 : Proportion des étudiants ayant respecté le niveau de savoir demandé et ayant établi des liens entre deux niveaux de savoir au sein de leurs réponses aux questionnaires

Un peu plus de la moitié des étudiants respecte le niveau macroscopique dans leurs réponses tandis que le niveau symbolique est respecté par moins d'un tiers des étudiants et que le niveau microscopique l'est par moins d'un quart.

Moins d'un tiers des étudiants établit correctement les liens entre deux niveaux de savoir pour expliquer une notion ou un concept en chimie : solvatation, pression osmotique, température d'ébullition et de congélation d'une solution, spontanéité d'un processus, molécularité...

Cette analyse quantitative des questionnaires fait apparaître clairement que des lacunes en termes d'identification de niveaux de savoir et d'établissement de liens entre ces niveaux existent pour une large majorité des étudiants en première année à l'université.

Les deux hypothèses qui ont été testées au cours de la seconde année étaient donc en parfaite cohérence avec les difficultés des étudiants face à l'apprentissage de la chimie.

De plus, une analyse qualitative des erreurs récurrentes réalisées par les étudiants, dans les deux universités, a été effectuée sur l'ensemble des questionnaires corrigés lors de la première année de recherche. Notre objectif, à visée purement formative, était principalement de repérer les difficultés des étudiants face à la matière et d'en informer les enseignants via un échange et un rapport intermédiaire.

La moyenne obtenue au questionnaire pour l'ensemble des étudiants *primo* inscrits et pour les deux universités confondues a été comparée pour chaque questionnaire entre la première année et la seconde année (figure 5).

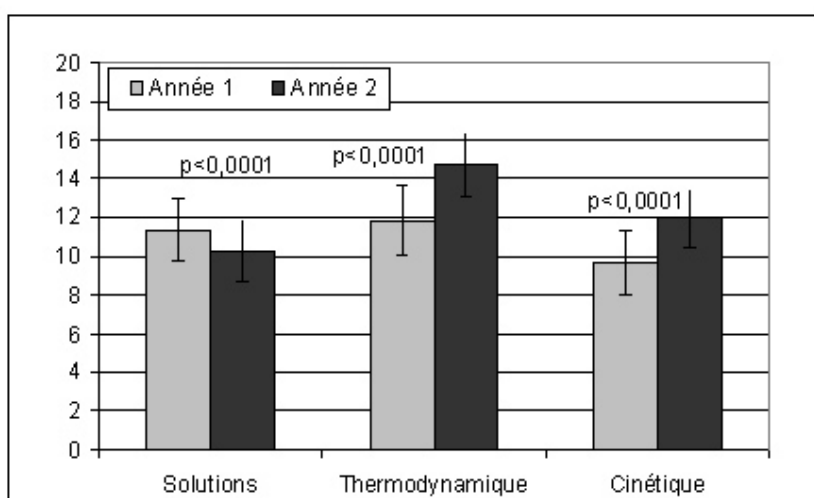


Figure 5 : Comparaison des moyennes obtenues à chaque questionnaire entre l'année 1 et l'année 2, pour les deux universités confondues

Les mêmes tendances sont observées au sein de chaque université, donc avec deux professeurs différents (figure 6 et tableau 6).

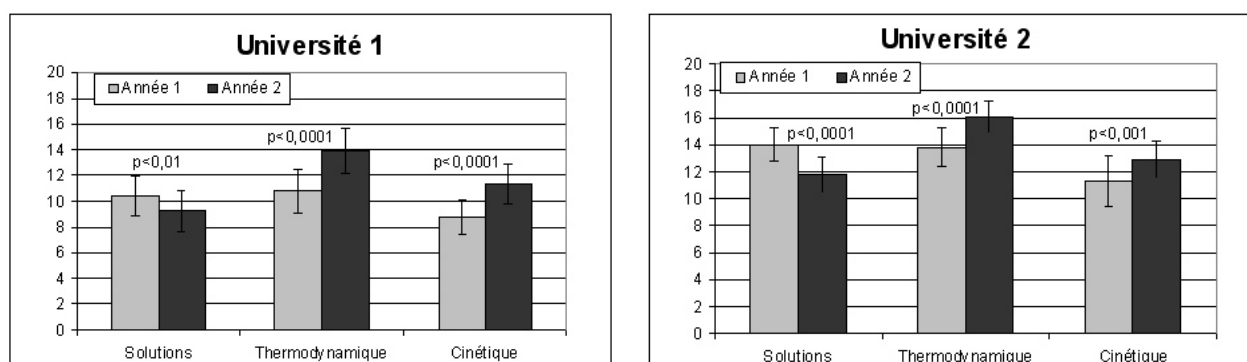


Figure 6 : Comparaison des moyennes obtenues à chaque questionnaire entre l'année 1 et l'année 2, au sein de chaque université

Questionnaire	Université 1				Université 2			
	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	U	p	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	U	p
Solutions	208	179	22063,0	p=0,002	83	128	7703,0	p<0,0001
Thermodynamique	187	166	8119,0	p<0,0001	99	108	2681,5	p<0,0001
Cinétique	152	157	6372,5	p<0,0001	76	108	2961,5	p=0,001

Tableau 6 : Résultats obtenus aux tests U de Mann-Whitney, comparant les moyennes obtenues aux questionnaires entre l'année 1 (N<sub>1</sub>) et l'année 2 (N<sub>2</sub>), dans chaque université

Pour le questionnaire « Solutions », les étudiants *primo* inscrits obtiennent une moyenne significativement plus faible la seconde année que la première, tandis que pour les deux autres questionnaires, « Thermodynamique » et « Cinétique », les étudiants *primo* inscrits obtiennent une moyenne significativement plus élevée la seconde année. Les résultats des tests U de Mann-Whitney sont repris dans le tableau 7.

Questionnaire	(Moyenne ± écart-type)/20 (année 1)	(Moyenne ± écart-type)/20 (année 2)	N (année 1)	N (année 2)	U	p
Solutions	11,4 ± 1,7	10,3 ± 1,6	291	307	52283,0	p<0,0001
Thermodynamique	11,9 ± 1,8	14,8 ± 1,6	286	274	21074,0	p<0,0001
Cinétique	9,6 ± 1,7	12,0 ± 1,5	228	265	17908,5	p<0,0001

Tableau 7 : Résultats obtenus aux tests U de Mann-Whitney, comparant les moyennes obtenues aux questionnaires entre l'année 1 et l'année 2

Les acquis des étudiants pour les cours « Solutions » sont significativement moins élevés la seconde année alors que ces cours servaient de témoins. Nous avons dès lors tenté d'expliquer ce résultat. A cette fin, la note à l'examen de chimie obtenue par les étudiants ayant participé au questionnaire « Thermodynamique » pour les deux années de la recherche a été comparée. Néanmoins, elle ne permet pas d'affirmer que les étudiants de la seconde année étaient plus faibles que les étudiants de la première année. En revanche, plusieurs éléments du contexte de passation du questionnaire ont été modifiés entre les deux années. Dans une des deux universités, le questionnaire « Solutions » a été proposé fin janvier. Un examen de chimie en janvier avait été organisé lors de la première année mais pas lors de la seconde année. On peut dès lors raisonnablement penser que les acquis des étudiants en chimie étaient meilleurs la première année lors de la passation du questionnaire. De plus, lors de la seconde année, le cours de chimie a été partagé entre deux titulaires de cours. Pour les contraintes liées à notre recherche, le cours magistral sur les « Solutions » était le premier cours dispensé par le professeur copromoteur de notre recherche, les cours magistraux précédents ayant été pris en charge par l'autre titulaire. Au contraire, lors de la première année de recherche, le cours avait été entièrement dispensé par le professeur participant à la recherche. Les étudiants étaient donc familiarisés depuis plusieurs mois aux habitudes pédagogiques du professeur (rythme, utilisation de supports écrits, etc.) lors de la passation du questionnaire. Ce contexte différent suffit à notre avis à expliquer les moins bons résultats au questionnaire « Solutions » lors de la seconde année.

Concernant les questionnaires de « Thermodynamique » et de « Cinétique », les étudiants *primo* inscrits réussissent significativement mieux certaines questions la seconde année que la première (tests U de Mann-Whitney, p<0,0001 ; respectivement N<sub>1</sub>=286, N<sub>2</sub>=274 ; N<sub>1</sub>=228, N<sub>2</sub>=265).

Tout d'abord en « Thermodynamique », ils réussissent mieux à prédire la spontanéité d'une réaction (par exemple la combustion d'une bougie) ou le devenir de la spontanéité suite à une augmentation de la température et ce, en considérant aussi bien le facteur enthalpique que entropique (respectivement U=23643,0 ; U=27212,5).

Pour le questionnaire « Cinétique », ils annotent mieux le graphique de l'énergie en fonction de l'avancement de la réaction ( $U=24349,5$ ), ils citent et classent mieux les facteurs cinétiques en fonction du niveau de savoir exigé (macroscopique :  $U=19178,5$  ; microscopique :  $U=25021,5$ ). Finalement, ils semblent avoir mieux compris la notion de « molécularité » car ils la définissent plus correctement et appliquent mieux la définition aux exemples donnés (respectivement  $U=19713,5$  ;  $U=21023,0$ ).

Pour les deux questionnaires, ils explicitent mieux les grandeurs dans une expression mathématique-clé du cours : la variation d'enthalpie libre ( $U=25226,5$ ) et l'équation d'Arrhenius ( $U=17962,0$ ).

#### **V.4 Développement professionnel des professeurs**

Au vu des résultats, il semble que l'implication des professeurs dans des recherches à caractère pédagogique constitue une occasion de développement professionnel. Pour étayer cet aspect, une interview d'un professeur impliqué dans cette recherche a été réalisée sur la base de la question du lien entre la présente recherche et le développement professionnel. L'interview d'une heure a été enregistrée. Ensuite, lors de l'écoute, elle a fait l'objet d'un traitement immédiat basé principalement sur le regroupement d'idées. Les termes et les expressions-clés utilisés par l'enseignant ont été conservés et quelques extraits particulièrement éclairants ont été retranscrits mot à mot. Enfin, la synthèse a été validée par l'enseignant concerné.

##### ***Le point de vue d'un enseignant***

Le professeur précise qu'il est difficile d'envisager ce qu'aurait été son développement professionnel sans la participation à cette recherche. Toutefois, il ajoute que le cours de chimie qu'il donne actuellement en première année a fortement évolué depuis 2004-2005. Il attribue cette évolution, au moins en partie, aux diverses expériences pédagogiques auxquelles il a participé, notamment la présente recherche.

*« Je ne suis pas certain que je serais arrivé aux mêmes conclusions et certainement je n'y serais pas arrivé aussi vite. »*

Le professeur pointe précisément quelques exemples d'apports pédagogiques :

- une prise de conscience d'éléments importants liés à la transition secondaire-université comme la difficulté pour les étudiants de passer d'un niveau de savoir de la chimie à un autre ;
- une vue claire et formatée de la problématique liée aux niveaux de savoir en chimie ;
- une prise de conscience de la présence des implicites dans les discours.

Le professeur mentionne les actions concrètes qui, d'après lui, ont contribué à son développement professionnel :

- lire et commenter les projets de recherche, les rapports de recherche, les articles liés aux recherches pédagogiques ;
- échanger des pratiques et des supports pédagogiques (notamment de courtes vidéos) avec le professeur partenaire d'une autre université, lors des réunions du projet FRFC ;
- échanger avec les chercheurs ;
- modifier les supports pédagogiques (diapositives) en collaboration avec les chercheurs.

Le professeur explique globalement qu'il a modifié la manière dont il aborde l'enseignement.

Plus précisément, il illustre quelques changements :

- prévenir les étudiants des obstacles potentiels, notamment l'existence des trois niveaux de savoir de la chimie ;
- situer le niveau de savoir correspondant au message ;
- prévenir les étudiants lors de passages épineux d'un niveau de savoir à un autre.

Le professeur ajoute que ces actions ne sont pas ponctuelles mais qu'au contraire, chaque cours magistral peut se prêter à leur mise en œuvre. En outre, il fait part de l'acquisition d'automatismes pour ces nouvelles pratiques.

« C'est devenu une pratique inconsciente. C'est devenu assez intégré et logique et comme c'est logique et que ça me paraît justifié, ça se fait assez naturellement. C'est devenu intégré et ça ne l'était pas au début et ça c'est clair que c'est un plus. »

### ***Le point de vue des chercheurs***

Cette participation à une recherche en pédagogie, en collaboration avec des professeurs à l'université offre, du point de vue des chercheurs, de nombreux avantages liés à leur développement professionnel. Elle permet de traiter des problématiques pédagogiques situées au cœur des préoccupations des enseignants (la communication pédagogique au sein de leurs cours magistraux). Elle suscite la lecture approfondie de sujets à caractère pédagogique et elle incite à l'appropriation des concepts afin de les intégrer dans leur pratique et de les mettre en œuvre ou les tester dans leur cours. De plus, elle leur permet de prendre conscience des difficultés récurrentes que leurs étudiants rencontrent et de l'impact de leurs pratiques sur l'apprentissage des étudiants.

En outre, les contraintes du projet de recherche telles que la rédaction des rapports intermédiaires, les échéances liées à l'avancement du projet, la rédaction d'articles... créent une dynamique qui stimule les professeurs à dégager, malgré leur charge de travail écrasante, le temps nécessaire à son bon déroulement.

## **VI. Conclusion**

Les apports de cette recherche sont multiples et diversifiés. Ils se déclinent en termes de :

- création de savoirs sur les cours magistraux de chimie en première année universitaire ;
- création de savoirs en didactique de la chimie ;
- création de savoirs d'action pour améliorer la communication pédagogique dans les exposés de chimie ;
- développement professionnel des professeurs participants.

### ***VI.1 Création de savoir sur les cours magistraux de chimie en première année universitaire***

Lors des cours magistraux, les enseignants fournissent de nombreuses explications orales jugées *a priori* claires et précises. Celles-ci sont supportées par un ou deux supports écrits structurés. Le rythme de l'énoncé oral est inférieur à celui d'un conférencier et donc probablement adapté à des étudiants de première année universitaire. Les commentaires phatiques, pour maintenir le contact avec les étudiants, et métalinguistiques, pour commenter ce qui est dit, sont nombreux (entre un quart et un tiers du message oral). Ces commentaires allègent le cours magistral en données notionnelles à noter. Ce contexte précis, mis en évidence dans la présente recherche devrait d'après les enseignants permettre aux étudiants de noter suffisamment d'informations pour

répondre, en utilisant leurs notes, à des questions de base sur la matière. Or, l'analyse des questionnaires complétés par les étudiants à l'issue des cours magistraux de la première année, montre que c'est loin d'être le cas pour la majorité des étudiants.

## ***VI.2 Création de savoir en didactique de la chimie***

Lors de la première année de recherche, l'analyse des messages transmis par les enseignants met en évidence l'absence d'actions pédagogiques en lien avec nos hypothèses alors que les acquis des étudiants pointent la difficulté à identifier les niveaux de savoir et à établir des liens entre ceux-ci. Ces résultats confortent à la fois l'intérêt de la présente recherche ainsi que la pertinence des hypothèses émises au départ.

De plus, les résultats obtenus lors de la seconde année permettent de valider chacune de nos deux hypothèses dans deux contextes différents (deux universités, deux professeurs, des sections d'étudiants différentes).

En début de cycle universitaire, dans les cours magistraux de chimie, un message qui insiste sur le niveau microscopique semble augmenter le degré de compréhension des étudiants des concepts clés.

Des conditions pour qu'un message pédagogique qui insiste sur le registre microscopique influence positivement la compréhension profonde de la chimie ont également été repérées. Du point de vue des messages écrits, l'intégration du niveau microscopique en utilisant les modèles moléculaires fixes ou animés semble constituer une piste intéressante. Ces modèles moléculaires sont alors expliqués, décrits et commentés par l'enseignant au niveau du message oral. En première année à l'université, il semble que l'abstraction nécessaire à la maîtrise de nombreux concepts chimiques s'apprenne et que l'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 et les rapports dialectiques entre les niveaux permet de favoriser la compréhension des étudiants des concepts clés du cours magistral, au terme de celui-ci.

Des conditions ont été cernées pour qu'un message pédagogique, qui favorise l'explicitation des niveaux du discours, les passages et les rapports dialectiques qu'ils entretiennent entre eux, influence positivement la compréhension profonde de la chimie.

Vu le nombre élevé de changements de niveau de savoir, il semble impossible d'identifier les niveaux de savoir et d'établir des liens entre les différents niveaux pour chaque passage d'un niveau de savoir à un autre. Il s'agirait dès lors de mener ces actions pédagogiques sur des parties de cours ou des changements-clés.

Enfin, il semble que l'explicitation de liens entre les niveaux et plus particulièrement encore des rapports dialectiques qu'ils entretiennent entre eux constitue des actions pédagogiques peu naturelles sur lesquelles il conviendrait de se pencher dans le cadre de futures recherches.

## ***VI.3 Création de savoir d'action pour améliorer la communication pédagogique***

Les résultats proposent des pistes d'actions pédagogiques très concrètes pour améliorer la communication pédagogique en tenant compte des niveaux de savoir en chimie, c'est-à-dire pour expliciter clairement et fréquemment (contraire avec ce qui vient d'être dit ? qu'il était impossible de le faire tt le tps) le niveau du discours (macroscopique, microscopique et symbolique), les passages et les rapports dialectiques qu'ils entretiennent entre eux et pour

augmenter le niveau microscopique du message. Ces pistes recouvrent tant les messages oraux que les messages écrits transmis lors des cours magistraux de chimie.

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 pendant les cours magistraux ;
- décrire les trois niveaux de savoir et leurs modes de représentation à partir du modèle (figure 1) ;
- décrire les logos d'identification des niveaux (figure 2) et les intégrer dans les supports écrits ;
- préciser des grandeurs et des unités dans le niveau symbolique ;
- identifier le ou les niveau(x) sur certaines dias-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.

En outre, dans le cadre de la présente recherche, des 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 la communication pédagogique et donc sur la compréhension des étudiants.

Enfin, cette recherche de deux ans a permis d'identifier une autre difficulté transversale de la chimie inhérente à la communication pédagogique dans les cours magistraux. Il s'agit des implicites fréquemment utilisés dans le message oral. Cette difficulté qui n'a pas encore été explorée de manière systématique dans les recherches en didactique de la chimie fera l'objet d'une autre recherche de deux années.

## **Publications et communications scientifiques liées à la recherche**

Houart M., Warzée N., Reniers F., Wouters J. & Romainville M. (soumis en août 2008)

A model of the three levels of knowledge in chemistry and its impact on educational communication

*Journal of Chemical Education*

Houart M., Warzée N., Wouters J., Reniers F. & Romainville M.

"La communication pédagogique dans les exposés de chimie à l'université" (présentation orale)

Congrès AIPU 2008 "Le défi de la qualité dans l'enseignement supérieur : vers un changement de paradigme..."

19 au 22 mai 2008 à Montpellier (France)

Participation prévue au Congrès JIREC MIEC 2009 "Journées de l'Innovation et de la Recherche dans l'Enseignement de la Chimie – Multimédia et Informatique dans l'Enseignement de la Chimie "

3 au 5 juin 2009 à Mulhouse (France)

## Références

- Astolfi, J.-P. & Peterfalvi, B. (1993). Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales. *Aster*, 16, p. 103-141, Paris, INRP.
- Barlet, R. (1993). La dualité microscopique-macroscopique en Chimie, difficultés et enjeux didactiques. Actes 1<sup>o</sup> ECRIRE, 9<sup>o</sup> JIREC, Montpellier 25-28 Août 1992. *Bulletin du CIFEC*, p. 63-67.
- Barlet, R. & Plouin, D. (1994). L'équation-bilan en chimie un concept intégrateur source de difficultés persistantes. *Aster*, 18 p. 27- 56, Paris, INRP.
- Barlet, R. & Plouin, D. (1997). La dualité microscopique –macroscopique un obstacle sous-jacent aux difficultés en chimie dans l'enseignement universitaire. *Aster*, 25 p. 143-174, Paris, INRP.
- Beaufils, D. (1998). Vingt années de thèses en didactique de la physique et de la chimie. *Aster*, 27, p. 23-43, Paris, INRP.
- Carretto, J. & Viovy, R. (1994). Relevé de quelques obstacles épistémologiques dans l'apprentissage du concept de réaction chimique. *Aster*, 18, p. 11-26, Paris, INRP.
- Fillon, P. (1997). Des élèves dans un labyrinthe d'obstacles. *Aster*, 25 p. 113-141, Paris, INRP.
- Gabel, D. (1993). Use of the Particle Nature of Matter in Developing Conceptuel Understanding. *Journal of Chemical Education*, 70 (3) p. 193-194.
- Houart, M. (en cours). La prise de notes et les acquis des étudiants au terme d'un cours magistral, comme analyseurs de la communication pédagogique à l'université. Thèse de doctorat. Facultés Universitaires de Namur.
- Johnstone, A.H. (1991). Thinking about Thinking. *International Newsletter on Chemical Education*, 36, p. 7-11.
- Larcher, C. (1994). Point de vue à propos des équilibres chimiques. *Aster*, 18, p. 57-62 Paris, INRP.
- Parpette, C. & Bouchard, R. (2003). Gestion lexicale et prise de notes dans les cours magistraux. *Arob@se*, p. 69-78. [<http://www.arobase>].
- Piolat, A. (2001). La prise de notes. Paris : Presses Universitaires de France.
- Rickards, J. P., Fajen, B. R., Sullivan, J. F. & Gillespie, G. (1997). Signaling, note-taking, and field independence-dependence in text comprehension and recall. *Journal of Educational Psychology*, 89, p. 508-517.
- Scerbo, M. W., Warm, J. S., Dember, W. N. & Grasha, A. F. (1992). The role of time and cueing in a college lecture. *Contemporary Educational Psychology*, 17, p. 312-328.
- Siegel, S. (1956). *Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences*, International Student Edition. McGraw-Hill, New York, 312 p.
- Tiberghien, A. (1994). Modeling as a basis for analyzing teaching-learning situations. *Learning and Instruction*, vol. 4, p. 71-87.
- Titsworth, B. S. (2001). The effects of teacher immediacy, use of organizational lecture cues, and students' note-taking on cognitive learning. *Communication Education*, 50 (4), p. 283-297.