



THESIS / THÈSE

DOCTEUR EN SCIENCES

Etude de la communication pédagogique à l'université à travers les notes et les acquis des étudiants à l'issue du cours magistral

Houart, Mireille

Award date:
2009

Awarding institution:
Universite de Namur

[Link to publication](#)

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.

SOMMAIRE

Sommaire	i
Préface	iii
Remerciements	v
Résumé	ix

INTRODUCTION ET CADRES CONCEPTUELS

1 Contexte et problématique	3
2 Définition et caractéristiques de la communication	6
3 Objectifs et questions de recherche	14
4 Modèle des trois niveaux de savoir en chimie	19

PARTIE I : CONFRONTATION ENTRE LE MESSAGE ET LES NOTES

5 Méthodologie	59
6 Description des messages sources du cours magistral	68
7 Procédure d'analyse des notes des étudiants	84
8 Résultats et leur interprétation	104
9 Discussion	160
10 Conclusion	164
11 Suggestions en termes de comportements pédagogiques	166

PARTIE II : ACTIONS PÉDAGOGIQUES ET ACQUIS DES ÉTUDIANTS

12 Introduction et rappel des questions	173
13 Méthodologie	174
14 Résultats	181
15 En résumé	187
16 Enjeux pour la didactique de la chimie	187
17 Interventions pédagogiques pour améliorer la communication	189

PARTIE III : LIEN ENTRE LA QUALITÉ DES NOTES ET LA PERFORMANCE À L'EXAMEN DE CHIMIE

18 Introduction et rappel de la question	195
19 Méthodologie	195
20 Résultats	196
21 En résumé	202
22 Discussion	202
23 Conséquences pour l'accompagnement méthodologique	205

CONCLUSIONS

24 Principaux résultats et implications pédagogiques	211
25 Analyse critique de la méthodologie	218
26 Perspectives en termes de recherche	221

Postface	225
Références	229
Annexes	239
Liste des illustrations.....	241
Table des matières	245

Préface

De mes études de licence en sciences chimiques à la réalisation d'une thèse en didactique de la chimie...

En vingt-deux années, mon parcours professionnel m'a amenée à enseigner la chimie, la physique et la biologie dans l'enseignement secondaire ; à former des futurs enseignants en tant que maître de stage d'agrégation ; à former et accompagner des enseignants, des conseillers pédagogiques et des directeurs d'écoles, dans le cadre de la formation continue ; à accompagner des milliers d'étudiants dans l'apprentissage de matières scientifiques ainsi qu'à réaliser plusieurs travaux de recherche, dans de nombreux domaines pédagogiques dont quelques-uns centrés plus principalement sur l'apprentissage des sciences.

Par ailleurs, en tant que professeur dans le secondaire, j'ai intégré la métacognition dans mon enseignement avant de découvrir le concept dans la littérature. Un article rédigé par Marc Romainville, en 1990, m'a fait comprendre que la métacognition était déjà largement théorisée en pédagogie et que je la pratiquais avec mes élèves. Ensuite, j'ai organisé de nombreuses formations sur l'apprentissage de méthodes de travail et la motivation avec en toile de fond ce concept aux multiples facettes.

En 1996, engagée au Département Éducation et Technologie, j'ai été entraînée, au contact de Jean Donnay et d'Évelyne Charlier, dans le courant de la réflexivité, un cousin pas si éloigné de mon concept préféré...

Puis a germé l'idée d'un doctorat...

Le sujet de ma thèse se situe à la croisée de mes centres d'intérêt et de mes domaines de compétences : l'apprentissage de la chimie et son enseignement, ainsi que les méthodes d'étude des étudiants et plus particulièrement la prise de notes. La métacognition et la réflexivité n'en sont pas absentes même si elles ne constituent pas le cœur de cette recherche. Je les ai intégrées en tant que processus. En effet, convaincue de la primauté du processus sur le produit lors de la réalisation d'une recherche doctorale, je me suis contrainte à rédiger des ébauches de ma thèse, au fur et à mesure (dès les premières lectures en didactique de la chimie). Cette écriture progressive m'a permis non seulement de structurer ma pensée mais en plus de pouvoir analyser *a posteriori* les parcours sinueux empruntés, les choix opérés, les impasses, les modifications apportées, les corrections successives... Le document en cours de rédaction pendant ces quatre années a joué le rôle d'un portfolio en me permettant d'analyser mon propre processus de développement professionnel.

De l'ensemble de ce cheminement, quelques passages particulièrement représentatifs d'une démarche de recherche ont été conservés dans la thèse de doctorat pour qu'ils puissent, éventuellement, un jour, éclairer de futurs doctorants. Le reste, je l'ai intégré précieusement ; il fait partie de mon développement professionnel et personnel. Je dévoile toutefois quelques aspects de ce processus d'élaboration ci-dessous.

Réaliser une thèse, c'est composer avec l'incertitude liée à l'assemblage d'un puzzle gigantesque dont l'image au départ est très floue et où les pièces sont à concevoir une à une, au fil du temps. L'élaboration d'une pièce prend du temps. Une première esquisse est souvent nécessaire. Une longue maturation s'avère quelquefois primordiale. Des ajustements successifs indispensables et quelques retouches permettent une intégration harmonieuse... Mais il se peut que la pièce ne soit pas parfaitement ajustée et qu'il faille la recommencer.

Réaliser une thèse, c'est également se résoudre à restreindre le recueil de données, à réduire les échantillons, à sélectionner un nombre de questions de recherche raisonnable, à abandonner certaines pistes... C'est donc gérer en continu des contraintes matérielles, temporelles mais aussi conceptuelles et méthodologiques.

Réaliser une thèse, c'est aussi se faire confiance dans le dédale de sa réalisation : recherche bibliographique, lecture approfondie, appropriation des écrits, analyse des données, synthèse, rédaction assidue, prise de recul, relecture attentive, prise en compte des corrections successives... Le doute est permis et même souhaité, mais *in fine* la progression impose prises de risques et décisions.

Réaliser une thèse, c'est accepter pour des raisons de cohérence de revenir sur un vocabulaire parfois déjà bien ancré même si cette démarche entraîne des modifications à opérer en cascade...

Réaliser une thèse, c'est, en fin de parcours, faire le deuil de l'intégration de nouvelles lectures intéressantes, de l'approfondissement de domaines connexes pourtant infiniment passionnants, rencontrés en cheminant de références bibliographiques en références bibliographiques.

Enfin, réaliser une thèse, c'est aussi et surtout le délice de la liberté accordée au doctorant, le plaisir d'orienter le projet selon sa personnalité, ses intérêts et ses convictions. C'est, à l'occasion, la satisfaction de démêler un nœud inextricable, la joie de venir à bout d'une question épineuse. C'est l'excitation de créer une œuvre comme aime à le dire Jean Donnay qui n'hésite pas à utiliser les termes « chef-d'œuvre¹ » lorsqu'il désigne la production écrite d'un cré-acteur².

Mireille Houart, août 2008

¹ Au sens de l'œuvre qu'un artisan devait réaliser au Moyen Âge pour passer maître dans sa corporation.

² Ce mot correspond à la contraction des mots créateur et acteur de terrain (Donnay, 2008).

Remerciements

Je remercie très sincèrement la Faculté des Sciences et particulièrement Joseph Delhalle de m'avoir permis, en tant que Doyen en décembre 2004, de réaliser une première thèse en didactique de la chimie au Département de Chimie des Facultés universitaires de Namur. Il est de petites phrases qui paraissent anodines et qui pourtant restent gravées dans la mémoire et donnent des ailes. Elles m'ont insufflé l'énergie nécessaire pour mon envol vers ce nouveau défi.

Toute ma gratitude va à mon promoteur, Daniel Vercauteren pour l'intérêt qu'il a manifesté tout au long de mon travail de thèse de doctorat, pour ses encouragements continuels et pour les nombreuses relectures pendant lesquelles il n'a eu de cesse d'exercer un œil de lynx particulièrement développé. J'ai apprécié ses nombreux conseils ainsi que la rigueur et la cohérence au niveau de la forme qu'il m'a imposées.

Je remercie vivement mon copromoteur, Marc Romainville, qui a patiemment répondu aux listes de questions qu'il jugeait parfois interminables. Son analyse critique, ses précieux conseils et ses questions pertinentes m'ont aidée à m'orienter judicieusement dans les choix stratégiques à effectuer, les bifurcations à entreprendre, les cadrages à réaliser...

J'exprime mes plus vifs remerciements à Daniel Simon d'avoir accepté de m'accompagner dans la réalisation de ce travail, en tant que chimiste et directeur d'un Centre de pédagogie à Lyon. Ses remarques, ses corrections et ses suggestions m'ont été infiniment utiles.

Toute ma reconnaissance va également à Jean Donnay qui m'a accueillie, en 1996, au sein du Département Éducation et Technologie. Le développement professionnel dont j'ai pu profiter au quotidien pendant ces années en tant que chercheuse, accompagnatrice, formatrice, gestionnaire de projet, ainsi que ses nombreux messages de réassurance ont fourni un terreau fertile à l'entreprise de cette thèse.

Je remercie de tout cœur mon amie, Ruth Phillion, qui m'a montré que réaliser un doctorat en tant qu'épouse et maman était finalement compatible avec le maintien d'une famille unie et équilibrée. Ce qui constitue à mes yeux le plus merveilleux des trésors. En outre, le long chemin de réalisation de ce travail a été agréablement adouci par son soutien empathique et quelques feed-back toujours positifs et enthousiastes.

Mes plus vifs remerciements vont également à mes collègues et ex-collègues pour l'ambiance chaleureuse et l'esprit bienveillant exceptionnels qui habitent le Département. L'énergie psychologique indispensable à la gestion d'un travail de recherche doctorale a dès lors pu être condensée et mise au service d'un travail serein. J'ai une pensée émue pour Jacky Antoine, un collègue, qui m'avait maintes fois incitée à entreprendre une thèse de doctorat, et qui malheureusement nous a quittés en juillet 2008.

Toute ma reconnaissance va à Nathalie Warzée, ma collègue et amie de l'ULB³, avec laquelle j'ai eu la chance de mener, depuis janvier 2006, deux recherches FNRS⁴ qui ont « alimenté » une partie de ce travail. Par ses compétences multiples, sa bonne humeur constante et sa devise légendaire « *impossible, je ne connais pas !* », elle a rendu ce travail particulièrement efficace et agréable. Je la remercie également pour les analyses statistiques qu'elle m'a aidée à réaliser.

Johan Wouters, professeur de chimie aux Facultés universitaires de Namur, m'a témoigné confiance et intérêt tout au long de la mise en œuvre de ma thèse et des deux recherches FNRS qui en ont découlé. De plus, il a résolument installé un esprit constructif lors de nos échanges. Quand l'excitation des premiers pas a fait place au doute et au questionnement, il m'a fait redécouvrir l'intérêt du travail en cours. Je le remercie profondément pour ce soutien continu.

Merci à François Reniers, professeur de chimie générale à l'ULB, d'avoir accepté de collaborer aux projets FNRS malgré ses charges cumulées de vice-recteur et de professeur. L'enthousiasme dont il a fait preuve lors de nos réunions a été stimulant et très apprécié.

Un tout grand merci va également à Stéphane Vincent, professeur de chimie aux Facultés universitaires de Namur, d'avoir permis et consacré le temps nécessaire à un recueil de données, dans le cadre de ses cours magistraux. Son intérêt et ses intentions d'intégrer dès la rentrée académique 2008 des pistes pédagogiques proposées dans ma thèse m'ont été droit au cœur.

Dans le cadre d'un cours de statistiques, en 1^{er} Master en Sciences Mathématiques, Marcel Rémon, professeur de mathématiques aux Facultés universitaires de Namur, a eu la gentillesse d'exploiter les données de la troisième partie de ma thèse en guise d'exemple d'utilisation du logiciel SPSS. Cette leçon, à laquelle j'ai été conviée, fut particulièrement enrichissante et m'a montré le chemin pour un traitement statistique adéquat. À cet égard, je tiens à le remercier tout particulièrement.

Je remercie très vivement Gréta Dubois, Jean Delvaux, Didier Lepièce, Pauline Sovet et Thierry Duchâteau⁵ pour l'efficace soutien logistique dont j'ai pu profiter dans le cadre de mes recueils de données.

Je tiens à remercier très chaleureusement Michèle Monballin et Fabienne Gousset, mon amie d'enfance, pour la lecture attentive de cette thèse qu'elles ont exercée avec talent. Leurs conseils et leurs suggestions ont contribué à enrichir ce travail.

Il y a des personnes qui par leurs commentaires sur certaines parties du contenu redonnent confiance et encouragent. À cet égard, je remercie tout spécialement Marie-Christine Pollet et Michèle Monballin pour leurs conseils avisés en linguistique, Caroline Dozot pour son regard critique et enfin Pauline Slosse et Nathalie Matthys pour leurs compétences en tant que chimistes et pédagogues.

³ Université Libre de Bruxelles.

⁴ Fonds National de la Recherche Scientifique.

⁵ Membres du SAVÉ (Service de l'audio-visuel et de l'électronique).

Sans le financement par le Fonds National de la Recherche Scientifique, les projets en lien avec ma thèse doctorale n'auraient pas pu être réalisés en collaboration avec l'ULB. Je l'en remercie très vivement.

Un merci tout spécial à mes amies et mes amis, à mes collègues et amis du groupe AdAPTE⁶ et à toutes les personnes qui par leur sincère amitié, leurs marques d'intérêt, leur empathie, leurs encouragements distillés tout au long de ces quatre années ont eu tantôt l'effet d'un carburant, tantôt d'un tison permettant de raviver une petite flamme parfois en veille.

Je remercie du fond du cœur mes chers parents qui m'ont inculqué des valeurs essentielles, d'après moi, à l'aboutissement d'une thèse de doctorat : goût de l'effort, détermination, persévérance... Leur soutien bienveillant, leur regard attentionné, leur présence et leur fierté ont constitué de solides fondations sur lesquelles j'ai pu édifier ce travail...

Je tiens enfin à remercier tout spécialement mon mari qui m'a inlassablement stimulée, et encouragée tout au long des heures passées devant mon ordinateur, lors de soirées, de week-ends et de vacances. Sans l'ambiance familiale tendre et sereine, parfois drôle et mouvementée, souvent studieuse et posée, basée sur l'échange et surtout l'attention à l'autre, ce projet de thèse n'aurait pas vu le jour et n'aurait assurément jamais pu aboutir. Merci à Sylvie, Laurent et Yves d'avoir contribué à cette ambiance jour après jour.

⁶ Groupe de recherche interuniversitaire sur les Actions d'Accompagnement Pédagogique, leur Typologie et leur Évaluation.

Résumé

Objectifs et méthodes

Notre thèse de doctorat vise principalement à analyser, de manière exploratoire, la communication pédagogique à l'université. Le contexte particulier est celui de cours magistraux de chimie générale dispensés en amphithéâtre, en première année.

Pour caractériser la communication pédagogique du point de vue de la discipline enseignée, une difficulté majeure et transversale de l'apprentissage de la chimie a servi d'ancrage à notre étude : il s'agit des passages omniprésents entre les niveaux de savoir de la chimie (phénoménologique, moléculaire et symbolique) et des liens qu'ils entretiennent entre eux.

Dans un premier temps, un modèle des trois niveaux de savoir et de leurs modes de représentation a été élaboré. Chaque niveau ainsi que ses modes de représentation ont été minutieusement décrits et illustrés à partir d'extraits de cours magistraux. En lien avec l'exploitation de ce modèle, des enjeux pour la didactique de la chimie ont été dégagés et des questions ont été soulevées. Nous avons tenté d'y apporter des réponses dans ce travail.

Afin d'investiguer la communication pédagogique, deux approches complémentaires ont été envisagées. L'une considère les prises de notes des étudiants à l'issue du cours magistral comme témoin de la communication pédagogique (partie I) et l'autre exploite les acquis des étudiants au terme de la leçon en tant que reflet de la qualité de la communication (partie II).

Dans la première partie, une confrontation entre le message et les notes des étudiants a été effectuée en fonction des caractéristiques de la communication pédagogique, pour trois extraits d'un cours magistral sur la solubilité, et quatre extraits d'un autre cours magistral, sur les liaisons intermoléculaires. Ces analyses ont impliqué quatre étapes : (1) une subdivision du message en petites unités de sens, (2) une description fine de chaque unité selon sept caractéristiques, (3) une comparaison des notes des étudiants et du message en utilisant **quatre descripteurs (l'ampleur, la fidélité sémantique, la pertinence et le canal choisi par les étudiants pour prendre des notes)** et enfin (4) un traitement des observations. Cette dernière étape devait permettre de répondre à la question principale de cette partie, celle des liens entre les caractéristiques de la communication et les descripteurs des notes.

Les caractéristiques de la communication qui ont été retenues sont :

- le **niveau de l'énoncé oral** : les données notionnelles ou les commentaires phatiques et métalinguistiques⁷ ;
- le **nombre de canaux** utilisés pour transmettre le message ;
- la **nature des canaux** utilisés pour transmettre le message ;
- le **niveau hiérarchique** des éléments du message ;
- les **reprises** (répétitions et reformulations) ;
- les **indices déclencheurs et inhibiteurs de la prise de notes** ;
- le **niveau de savoir de la chimie** comprenant leurs **modes de représentation**.

Sur la base de l'analyse réalisée, nous avons pu établir le lien entre cinq caractéristiques du message du professeur (le niveau du message, le nombre et la nature des canaux, le niveau hiérarchique ainsi que le mode de représentation) et la qualité des notes des étudiants.

Dans une deuxième partie, les actions pédagogiques et les acquis des étudiants à la fin d'une leçon ont été analysés en utilisant la difficulté transversale de la chimie comme fil conducteur. Six cours magistraux différents, couvrant des matières clés (solutions aqueuses, thermodynamique et cinétique), dans deux universités différentes ont ainsi été disséqués.

Dans une troisième partie, la relation entre la qualité des notes des étudiants et leur performance à l'examen de chimie en juin a été explorée, pour trois extraits du cours magistral sur la solubilité et quatre extraits sur les liaisons intermoléculaires. De cette manière, nous avons tenté de mettre en évidence des éléments clés à développer, en rapport avec la prise de notes, en tant qu'accompagnateur méthodologique des étudiants de première année.

Pour clôturer ce travail, et dans la perspective de la troisième mission qui nous est confiée au Service de Pédagogie Universitaire (recherche, accompagnement des étudiants et soutien à l'enseignement), nous avons interrogé l'enseignant le plus impliqué dans ces recherches à caractère pédagogique à propos du lien entre son implication dans des recherches

⁷ En effet, un message oral diffère d'un écrit par l'existence d'une trame à deux niveaux : les données notionnelles traitant la matière enseignée et les commentaires phatiques et métalinguistiques. Dans le cadre d'un cours *ex cathedra*, les commentaires phatiques permettent au professeur d'entretenir un contact avec les étudiants : « *Vous vous rappelez, lorsqu'on a parlé de la dissociation ionique ?* ». Les commentaires métalinguistiques, quant à eux, fournissent des informations sur le statut des données notionnelles : « *Et ça, c'est très important* », « *Je vais vous définir ce terme* » et permettent au locuteur de commenter ce qu'il est en train de dire : « *Je ne vais pas entrer dans les détails* ».

en didactique de la chimie et en pédagogie et son développement professionnel. Le point de vue du professeur est présenté dans la postface.

Résultats

Partie I

La confrontation entre le message transmis par l'enseignant et les notes des étudiants au terme du cours magistral a permis de mettre en évidence l'existence de très nombreux liens entre les caractéristiques de la communication et la qualité des notes des étudiants.

Premièrement, par quelle proportion d'étudiants l'information est-elle notée ? Les informations sont notées par un nombre d'étudiants qui varie fortement en fonction des caractéristiques du message. Les données notionnelles, transmises à travers l'énoncé oral seulement, sont notées par un nombre très limité d'étudiants (8%). En particulier, les nombreuses explications orales, fournies à propos des divers modes de représentation de la chimie et faisant par ailleurs l'objet d'un support écrit, ne sont presque jamais notées par les étudiants (5%). Pourtant, ces explications facilitent la compréhension du message écrit dans la mesure où elles traduisent le symbolisme utilisé, apportent des précisions, mettent en mots les abréviations, signes et mots clés notés au tableau.

En revanche, dès qu'un canal écrit supporte le message oral, l'information est notée par la plupart des étudiants (78%). Quand le professeur parle en gérant simultanément deux supports écrits (par exemple, le tableau noir et des diapositives), les informations transmises *via* les trois canaux sont non seulement notées par tous les étudiants, mais même deux fois par certains d'entre eux. En revanche, les commentaires phatiques ne sont jamais notés et les commentaires métalinguistiques ne sont notés par certains étudiants (14%) que lorsqu'ils annoncent la structure (« *C'est le point b* ») ou le statut de l'information (« *Je vous rappelle que...* »). Enfin, *mutatis mutandis*, plus le niveau hiérarchique est élevé, plus les informations sont notées par les étudiants.

Deuxièmement, les informations notées le sont-elles totalement ou partiellement ? Les informations notées à partir d'un support écrit sont recopiées quasi mot à mot ou totalement lorsqu'il s'agit de schémas, de tableaux, de graphiques et d'écriture symbolique, alors que les modèles moléculaires sont souvent recopiés de manière partielle. Au contraire, l'énoncé oral du professeur, lorsqu'il est noté, l'est presque toujours partiellement : soit des bribes de phrases sont saisies, soit les informations sont retraitées.

Troisièmement, la fidélité sémantique est-elle respectée lors de la prise de notes ? Le sens est respecté pour la très grande majorité des informations (97%) *a fortiori* lorsqu'il s'agit d'informations transmises à travers un support écrit. Les erreurs proviennent le plus souvent d'informations notées partiellement à partir de l'énoncé oral. Elles correspondent à l'écriture d'un mot à la place d'un autre, à l'utilisation d'abréviations douteuses, de généralisations abusives, de manques de précision, à une sélection non pertinente des informations.

Quatrièmement, les notes des étudiants sont-elles pertinentes ? Autrement dit, les informations de niveau hiérarchique élevé sont-elles davantage notées que celles de bas niveau hiérarchique ? La pertinence, au sens où nous l'avons définie dans notre thèse, est globalement respectée. Mais le nombre et la nature des canaux semblent être des caractéristiques de la communication qui influencent davantage la qualité des notes que le niveau hiérarchique.

Enfin, les étudiants, certes peu nombreux, qui ne recopient pas uniquement les supports écrits, adaptent véritablement leur prise de notes aux caractéristiques particulières de chaque information et à d'autres facteurs qui leur sont propres, notamment leurs prérequis.

Partie II

Les six cours magistraux analysés à travers le prisme des niveaux de savoir de la chimie révèlent que les passages d'un niveau de savoir à un autre font réellement partie intégrante des cours de chimie (en moyenne : 1 à 2,6 changements de niveau par minute). Pourtant, les actions pédagogiques, telles que l'identification et l'explicitation d'un niveau de savoir, l'établissement et l'explicitation des liens entre les niveaux, sont très peu nombreuses (en moyenne : 0,005 par minute). Les professeurs se comportent comme si ces opérations faisaient partie du bagage des étudiants *primo* inscrits⁸. Or, l'analyse des questionnaires complétés par les étudiants à l'aide de leurs notes à l'issue des cours magistraux montre qu'en première année universitaire, la majorité des étudiants ne maîtrise ni l'identification d'un niveau de savoir, ni l'établissement des liens entre ces niveaux de savoir pour les concepts clés abordés (solubilité, saturation d'une solution, spontanéité d'un processus...). Ces constats expliquent probablement en partie les faibles performances des étudiants aux questions portant sur la matière, pourtant jugées basiques et essentielles par les enseignants. En effet, l'hypothèse selon laquelle l'établissement des liens entre les niveaux de savoir pour des

⁸ Il s'agit d'étudiants dont c'est la première inscription à l'université.

notions de chimie participe à leur compréhension en profondeur semble de plus en plus se confirmer (Houart *et al.*, 2008).

En conclusion des deux premières parties, la confrontation entre les notes des étudiants et le message de l'enseignant ainsi que l'analyse des questionnaires complétés par les étudiants à l'aide de leurs notes à l'issue du cours magistral ont permis de mettre en évidence ce qui se joue dans la communication pédagogique. Si les étudiants déclarent que leur objectif lors de la participation aux cours magistraux consiste à se créer un support de cours et à comprendre la matière, la réalité doit être plus nuancée. Les notes des étudiants au terme d'un cours magistral correspondent dans une très large mesure à une copie des supports écrits exploités pendant la leçon mais les explications complémentaires fournies oralement en sont en grande partie absentes. De plus, la compréhension de la matière n'est que partielle. De ces points de vue, la communication pédagogique n'est donc pas optimale.

Partie III

L'analyse des liens entre les descripteurs des notes des étudiants et leur performance à l'examen de chimie en juin met surtout en lumière une énorme disparité dans la qualité des notes des étudiants, qu'ils réussissent ou échouent en chimie. Malgré cette hétérogénéité des notes, une différence significative a pu être épinglée. Les étudiants qui réussissent notent davantage d'informations à partir de l'énoncé oral du professeur que les autres.

Postface

Enfin, le professeur le plus impliqué dans les recherches pédagogiques liées à notre thèse souligne les apports dont il a pu bénéficier en termes de développement professionnel. Il pointe également les actions qui y ont contribué et les modifications concrètes engendrées dans ses cours magistraux.

Conclusions

L'apport de cette thèse pour les étudiants et les enseignants peut être ventilé selon plusieurs axes :

- une méthodologie pour caractériser la communication pédagogique de l'enseignant et la confronter aux notes des étudiants ;
- un modèle des trois niveaux de savoir et leurs modes de représentation en chimie ;
- des enjeux didactiques associés au modèle des niveaux de savoir ;

- des propositions d'actions concrètes liées à ces enjeux ;
- des activités à mettre en œuvre auprès des étudiants, tant pour les professeurs afin d'améliorer la communication pédagogique que pour les accompagnateurs méthodologiques.

Ces résultats soulignent l'intérêt de la synergie engendrée par la coexistence de nos trois fonctions (chercheuse, accompagnatrice des étudiants et des enseignants).

INTRODUCTION ET CADRES CONCEPTUELS

1	Contexte et problématique	3
2	Définition et caractéristiques de la communication	6
3	Objectifs et questions de recherche	14
4	Modèle des trois niveaux de savoir en chimie	19

1 Contexte et problématique

En première année universitaire, l'exposé magistral demeure le mode de communication pédagogique principal. En effet, durant cette année, le volume des cours *ex cathedra* est important, en regard de celui des travaux dirigés et des travaux pratiques. Par exemple, aux Facultés universitaires de Namur, il correspond selon les sections scientifiques des Facultés des Sciences et de Médecine à un volume de 65 à 76% du programme horaire de l'étudiant. C'est dire l'importance de ce type de communication pédagogique à ce niveau d'enseignement. Comme le soulignent Bouchard *et al.* (2003), la transmission de savoirs par la voix autorisée de l'enseignant reste vécue, sans doute par tradition académique très ancienne, comme le mode d'initiation disciplinaire essentiel des jeunes étudiants.

Or, à l'université et surtout en première année, l'échec interpelle par son ampleur tous les acteurs de l'enseignement (Romainville, 2000a). Plusieurs analyses (Droesbeke *et al.*, 2001 ; Galand *et al.*, 2005) indiquent que le taux d'échec des *primo* inscrits de première année universitaire en Belgique francophone se situe aux environs de 60% et qu'il est relativement stable dans le temps.

Les enseignants qui consacrent de nombreuses heures à dispenser la matière qui devrait être assimilée se trouvent souvent déconcertés par l'absence de maîtrise des concepts enseignés chez de nombreux étudiants.

Les hypothèses explicatives de cet échec massif sont abondantes : manque de prérequis, méthodes de travail défaillantes, compréhension insuffisante, absence de travail, motivation déficiente, faible affiliation à l'université, milieu socioculturel défavorisé... La très grande majorité de ces hypothèses sont centrées sur l'étudiant. Jusqu'à présent, de nombreuses études (Dejean *et al.*, 1999 ; Pirot *et al.*, 2000 ; Romainville, 2000a ; Biemar *et al.*, 2003 ; Galand *et al.*, 2005 ; Neuville *et al.*, sous presse) se sont, en effet, intéressées à des caractéristiques de l'étudiant, tels que des facteurs de présage, comme son âge, son projet personnel, ou des facteurs spécifiques à la manière dont il travaille ses cours, par exemple, le nombre d'heures dédiées à l'étude, son engagement académique, la maîtrise de la langue... En revanche, des

recherches sur les facteurs de processus, c'est-à-dire ceux intrinsèquement liés à la communication pédagogique, manquent actuellement.

Pourtant, 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 jeunes apprenants, donc comme un facteur de réussite qui mérite une attention toute particulière.

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

Dans le cadre de ce travail, nous tenterons d'investiguer cette communication pédagogique dans le contexte particulier de cours magistraux, en amphithéâtre, pendant lesquels l'étudiant prend en général des notes. Plus précisément, nous nous centrerons sur des cours magistraux de chimie générale, de première année universitaire. Dans ce contexte, les corpus de prise de notes seront utilisés en tant que cristalliseurs de la communication pédagogique à l'université et aussi en tant que révélateurs des problèmes rencontrés, des difficultés d'apprentissage, des attitudes et des stratégies de prise de notes des étudiants.

Concrètement, une analyse basée sur la confrontation entre le message du professeur et la prise de notes des étudiants, considérée comme témoin de la réception du message, sera effectuée pour deux cours magistraux de chimie générale. Cette analyse permettra d'**étudier l'effet des caractéristiques du message de l'enseignant sur quatre descripteurs des notes des étudiants** qui seront définis plus loin : l'ampleur, la fidélité sémantique, la pertinence et le canal sélectionné par les étudiants pour prendre note du message.

De plus, comme les notes d'un étudiant prises lors d'un cours magistral ne reflètent pas forcément une compréhension en profondeur du message, nous nous intéresserons aux acquis des étudiants à court terme, donc à la fin de plusieurs cours magistraux portant sur des matières différentes. Nous tenterons par ce biais de **mettre en évidence des difficultés inhérentes à l'apprentissage de la chimie et leurs liens avec l'activité de prise de notes et la communication pédagogique**. En outre, en analysant la communication lors de ces cours magistraux, nous tenterons également **d'épingler les actions pédagogiques des enseignants spécifiques à une difficulté transversale de l'apprentissage de la chimie**. Cette difficulté servira d'ailleurs de fil conducteur à une série de questions de recherche liées au contenu chimique du message. Il s'agit des allers-retours et des liens entre trois niveaux de savoir en

chimie : la description des phénomènes (**niveau phénoménologique**), la représentation par des modèles de leurs aspects microscopiques (**niveau moléculaire**⁹) et l'utilisation de l'écriture symbolique standardisée (**niveau symbolique**). Ces trois niveaux de savoir constituent la trame d'un cours de chimie générale. En effet, à l'université, dans les cours magistraux de chimie de première année, le message transmis par l'enseignant oscille perpétuellement entre les niveaux phénoménologique, moléculaire et symbolique.

En outre, nous tenterons **d'établir un lien entre la qualité des notes des étudiants, et leurs performances lors d'une évaluation en chimie générale pour les cours magistraux analysés**. Autrement dit, nous mettrons en évidence les éventuels critères des notes qui différencient les étudiants qui réussissent l'examen de chimie de ceux qui y échouent. Nous utiliserons le terme « qualité » des notes au sens purement descriptif (et donc premier du terme, c'est-à-dire la propriété déterminant la nature d'un objet) et *a priori* sans aucune connotation prescriptive. Nous aurions pu utiliser le mot « caractéristique » que nous avons voulu éviter afin de bien distinguer les deux catégories de variables en jeu dans notre thèse : les caractéristiques du message de l'enseignant et la qualité des notes des étudiants.

Enfin, pour clôturer ce travail, nous avons souhaité y intégrer la facette soutien à l'enseignement de notre mission au Service de Pédagogie Universitaire. Ainsi, nous présenterons le point de vue de l'enseignant à propos du lien entre sa participation à cette recherche à caractère pédagogique et son développement professionnel.

En résumé, cette thèse doctorale vise à traiter trois problématiques qui s'articulent autour de la communication pédagogique dans les cours magistraux de chimie de première année universitaire. La première analyse la communication pédagogique à travers la qualité des notes des étudiants (qui reflète la qualité de la communication pédagogique) pour deux cours magistraux particuliers. La deuxième s'intéresse à la fois, au terme d'un cours magistral, aux acquis des étudiants (qui constituent un second produit de la communication pédagogique) et aux actions pédagogiques liés à une difficulté transversale de l'apprentissage de la chimie et ce pour six leçons portant sur des matières différentes mais représentatives d'un cours de chimie générale. La dernière problématique s'occupe des liens entre la qualité des notes des étudiants et leur réussite en chimie.

⁹ Dans le chapitre 4, les termes « microscopique » et « moléculaire » seront largement discutés. En effet, selon le contexte, les termes « microscopique », « atomique », « moléculaire » ou « ionique » conviennent plus ou moins bien.

Après avoir décrit, dans ce premier chapitre, le contexte de notre recherche, nous définirons dans le chapitre suivant le terme « communication » et en expliciterons les principales caractéristiques. Le chapitre 3 sera consacré à la présentation des objectifs et plus concrètement à la formulation des questions de recherche auxquelles nous tenterons de répondre. Enfin, le chapitre 4 traitera de manière détaillée d'une difficulté transversale de l'apprentissage de la chimie, laquelle servira de fil rouge pour une partie de nos questions de recherche.

2 Définition et caractéristiques de la communication

La communication entre l'enseignant et ses étudiants constitue le cœur de ce travail. Or, ce concept est extrêmement large comme le mentionne Winkin (1981, p. 13) : « *Communication. Terme irritant : c'est un invraisemblable fourre-tout, où l'on trouve des trains et des autobus, des télégraphes et des chaînes de télévision, des petits groupes de rencontres, des vases et des écluses, et bien entendu une colonie de rats laveurs, puisque les animaux communiquent comme chacun sait depuis Lorenz (...).* ». Ce terme est également difficile à définir. En fait, il existe presque autant de définitions de la communication que de champs disciplinaires (sociologie, anthropologie, sciences de l'information et de la communication, linguistique, psychologie, politique, téléphonie...) et d'auteurs qui s'y intéressent.

Une définition de la communication humaine (et non entre machines, insectes, cellules...) et une description fine de ses caractéristiques liées au contexte de ce travail s'avèrent donc incontournables.

Un tour d'horizon de quelques définitions du terme « communication » (Jakobson, 1963 ; Bardin, 1983 ; Wolton, 1997 ; Adam, 2000 ; Le Nouveau Petit Robert, 2004) et des modèles des principaux auteurs qui s'y sont intéressés nous amène à proposer la définition suivante :

La communication est l'ensemble des processus dynamiques qui consistent, dans une situation donnée (le contexte), à échanger une information porteuse de signification (le message) à l'aide d'un code¹⁰, entre une source (un ou plusieurs émetteurs) et une cible (un ou plusieurs récepteurs) à travers un canal.

D'après cette définition, une communication réussie est basée sur deux conditions, la seconde dépendant de la première : le message est reçu par le(s) récepteur(s) et le sens du message perçu par le(s) récepteur(s) est sensiblement identique à celui qui a été produit par l'émetteur.

L'aspect dynamique de ce processus est lié au modèle circulaire de la communication reconnu actuellement par de nombreux chercheurs. Il met en évidence le phénomène de rétroaction du récepteur au message émis et son retour vers l'émetteur, ce qui amène ce dernier à réajuster son message en fonction du feed-back du destinataire. Il y a donc interaction et inter-influence entre les partenaires de la communication au cours du temps.

Dacheux (2000) précise en outre que toute communication s'inscrit dans un cadre historique, géographique, social et culturel qui participe à la construction du sens de la communication. Ce cadre interprétatif est, d'après Coletta (1995, cité par Dacheux), tout à la fois donné (le cadre de la relation tel qu'il pourrait être décrit par un observateur extérieur) et construit (le cadre de la relation tel qu'il est intériorisé par chacune des personnes en relation).

La communication pédagogique lors d'un **cours magistral de chimie**, en première année à l'université, est précisée ci-après par la description des éléments de notre définition.

Le mot « cours », lui aussi doit être défini, car il est polysémique. Il désigne à la fois l'enseignement suivi ou dispensé d'une matière déterminée sur l'ensemble d'une année académique (le cours de chimie générale se donne tous les lundis ; Monsieur Dupont est chargé du cours de chimie organique) ou de manière ponctuelle (suivre un cours à 9h30 ; dispenser un cours le jeudi matin) et le message transmis ou le produit obtenu (la matière elle-même, les notes prises par un élève et reproduisant le message). Afin de lever toute ambiguïté, dans le cadre de notre étude, nous adopterons les conventions suivantes : le mot « cours » désignera l'ensemble de la matière enseignée sur une année académique complète (ici, le cours de chimie générale dispensé par le professeur aux étudiants de première année en sciences chimiques ou en sciences pharmaceutiques). Les expressions « séance de cours »,

¹⁰ Ce terme est défini page 10.

« leçon », « exposé *ex cathedra* », « cours magistral » correspondront aux moments ponctuels d'enseignement. Pour indiquer le message transmis, on utilisera les termes « matière du cours de chimie générale » ou « matière du cours magistral ». Enfin, les termes « notes » ou « notes de cours » feront référence aux productions des étudiants.

Le **contexte** de la communication qui nous intéresse dans la première partie de notre thèse concerne un cours magistral de chimie générale en première année universitaire dispensé en janvier 2005. Il peut être caractérisé par les éléments comme le lieu (un amphithéâtre), par le moment dans l'horaire des étudiants (le moment dédié au cours magistral), par le nombre de personnes impliquées (ici un émetteur et une centaine de récepteurs, ce qui correspond à une communication de groupe, par opposition à une communication inter-individuelle ou encore une communication de masse, comme c'est le cas par exemple pour les médias) et enfin, par le statut de ces personnes (un enseignant et des étudiants). On peut encore affiner le contexte en précisant que le cours de chimie générale comprend 90 heures de cours magistraux dispensés par le professeur, 30 heures de travaux dirigés (TD : séances d'exercices) et 30 heures de travaux pratiques (TP : séances de laboratoire) assurés par une équipe d'assistants. Pour le cours de chimie générale qui concerne la première partie de ce travail, le professeur suggère en début d'année, un livre de référence dont la structure et la présentation diffèrent fortement du cours. On ne fournit pas d'autres supports aux étudiants¹¹ qui se réfèrent donc pour l'étude principalement à des notes de cours (les leurs ou celles d'autres étudiants). Trois moments d'évaluation sont prévus pendant l'année académique : le test de novembre qui correspond à une évaluation purement formative, l'examen de janvier (une évaluation à mi-parcours) et l'examen de juin¹². Les deux premières évaluations se font sur la base de questions ouvertes. Une dizaine de questions sont posées aux étudiants auxquelles des réponses claires et précises sont demandées. L'examen de juin est, quant à lui, oral. À côté de la note du cours de chimie générale, il y a un examen de TD. La note de cet examen est combinée aux notes obtenues en cours d'année aux interrogations et aux TP. Cette note TP/TD intervient directement pour un tiers dans la note finale¹³. Des exemples de questionnaire d'évaluation ainsi que les questionnaires corrigés sont à disposition des étudiants sur le site Intranet du cours. Les questions posées aux examens

¹¹ Depuis l'année académique qui a suivi celle de notre recueil de données, le professeur met également les diapositives à disposition des étudiants.

¹² Évidemment, en cas d'ajournement, les étudiants peuvent repasser l'examen de chimie fin août.

¹³ Ces informations sont données lors des premiers cours magistraux en début d'année académique et se trouvent par ailleurs inscrites telles quelles sur le site de description du cours de chimie générale accessible par les étudiants sur l'Intranet des Facultés universitaires de Namur.

sont des questions qui visent à vérifier les acquis des étudiants tant au niveau de leurs connaissances (nomenclature, définitions...) que de leurs compétences (calcul d'une concentration, écriture et pondération d'équations, détermination d'une formule moléculaire...).

Ce contexte peut être complété par les éléments du cadre historique, géographique, social et culturel. Aux Facultés universitaires de Namur, en première année universitaire, les cours en amphithéâtre sont *ex cathedra* ; les étudiants sont habitués à poser leurs questions pendant les pauses, en fin de cours et même sur rendez-vous dans le bureau du professeur.

Dans ce contexte, **l'émetteur**, autrement dit, celui qui produit le message est le professeur. Cet émetteur joue plusieurs rôles dans la communication lors d'un cours magistral. Il est responsable du contenu du message, ce qui dans d'autres situations n'est pas toujours le cas (les porte-parole, les journalistes chargés seulement de la diffusion de messages élaborés par d'autres...). Il s'occupe également de la manipulation du ou des codes en vue de l'élaboration d'un message adapté à l'intention qu'il poursuit en tant qu'émetteur. De plus, il contrôle le contexte dans lequel se déroule la communication. Il est enfin responsable de la production concrète du message.

Les **récepteurs** sont les étudiants. Ils reçoivent le message et se préoccupent en toute logique de retrouver l'intention de celui qui émet le message. De plus, ils y réagissent non par la parole (« *les interventions des étudiants, quand elles existent, ne représentent que des parenthèses dans le déroulement de la séance* ») (Parpette, 2002, p. 261) mais par la prise de notes.

Il y a donc bien une **interaction entre l'émetteur et les récepteurs** mais elle est asymétrique comme l'indique Parpette (2002, p. 261) « *parce que de nature différente pour l'un et l'autre des partenaires : essentiellement verbale et écrite chez l'enseignant, elle prend chez les étudiants une forme mimogestuelle* ». Les modalités de l'activité de prise de notes des étudiants (tension, relâchement, regards sur l'écrit du voisin...) constituent pour l'enseignant des indices qui lui permettent d'adapter son message.

Le **message** correspond à l'ensemble des informations porteuses de signification, échangées entre l'enseignant et ses étudiants. Il peut être défini par sa nature : il s'agit de la matière d'un cours de chimie générale de première année à l'université. Ce cours, subdivisé en plusieurs chapitres, comprend les principes de base sur lesquels repose la chimie. Il décrit des phénomènes, des expériences et des propriétés physico-chimiques, il explique des

concepts, présente des exemples et des applications dans divers domaines et il propose des exercices ciblés et des problèmes d'intégration de la matière. Les spécificités d'un message de chimie seront largement décrites dans le chapitre 4.

Le message peut également être caractérisé par le canal qui le véhicule et le code utilisé. Le **canal** de la communication est le moyen de transmission de l'information. C'est la voie matérielle qui permet l'acheminement du message. On distingue en général les différents canaux selon la modalité sensorielle qui est sollicitée chez le récepteur. Dans le cas qui nous intéresse, la communication est multicanale car plusieurs canaux sont exploités simultanément. D'une part, l'ouïe (canal auditif en rapport avec l'énoncé oral du professeur) et d'autre part, la vue (canal visuel en lien avec les supports pédagogiques exploités pendant la leçon : diapositives de type PowerPoint et tableau noir).

Enfin, le **code** correspond au système de signes utilisés pour élaborer le message. Un même message peut emprunter ses signes à plusieurs codes distincts. La communication est alors pluricodique. Dans le cadre d'un cours magistral de chimie générale, le message exploite conjointement un code de **nature linguistique orale**, il s'agit de l'énoncé oral du professeur, et de **nature sémiotique**, c'est-à-dire tout ce qui, non linguistique, peut être porteur de signification comme la communication non verbale (posture, gestes, distance spatiale) et les comportements du professeur. Les supports pédagogiques, s'ils sont exploités pendant le cours magistral, correspondent quant à eux au **code linguistique écrit et iconique** caractérisé par l'écriture symbolique, les graphismes, les images, les films...

Le code doit en principe être partagé par les partenaires de la communication, ce qui leur permet de se comprendre. Mais en général, chacun développe des compétences langagières en relation avec son rapport au langage lui-même lié à sa construction identitaire et à son expérience (familiale, scolaire, culturelle...). Dès lors l'interprétation des éléments du code peut différer entre les individus. L'absence de recouvrement total entre les codes des émetteurs et des récepteurs est l'une des sources d'échec de la communication, chacun pouvant supposer que l'autre comprend son code, sans que ce soit le cas. Dans le cas particulier d'un cours magistral de chimie, un objectif du cours consiste justement à établir les correspondances entre des signes spécifiques à la chimie et leur signification pour les chimistes, notamment tous les éléments du symbolisme spécifique de la chimie.

L'ensemble de ces caractéristiques confère à la communication son **caractère pédagogique**, c'est-à-dire l'ensemble des moyens techniques dont le but est de normaliser et

de contrôler les procédés de transmission des connaissances (Thinès et Lempereur, 1984) et de développer des apprentissages précis chez autrui (Raynal et Rieunier, 1998).

La figure 2.1 rend compte de la définition de la communication et des principales caractéristiques de ses composantes.

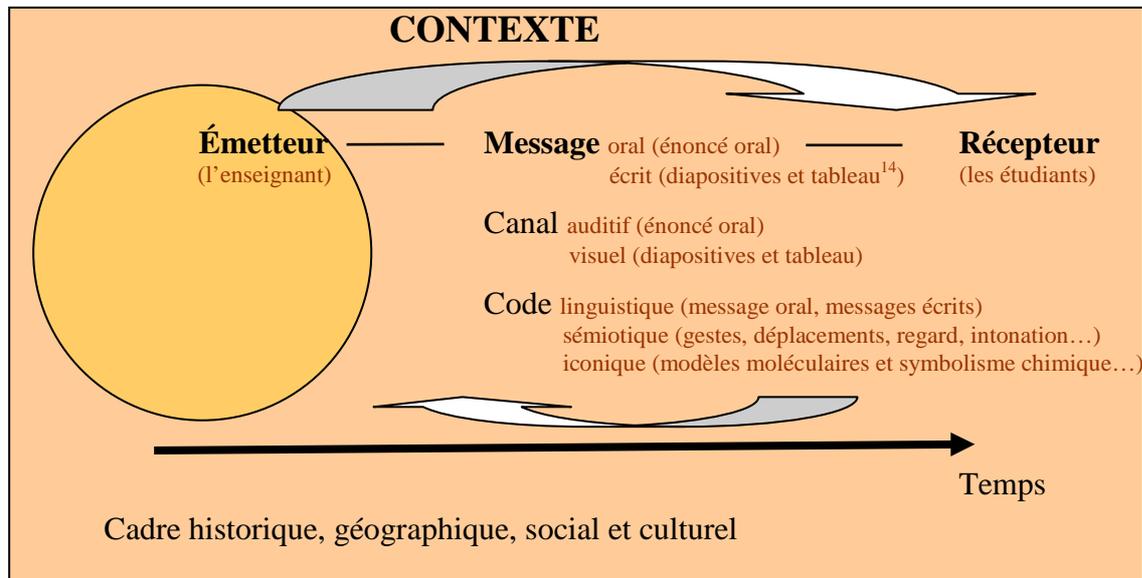


Figure 2.1 : Éléments de la définition et principales composantes de la communication

Pour décrire plus précisément la communication qui nous occupe, nous reprenons les quatre critères de Dacheux (2000). Chacun d'eux, le temps, l'espace, la technique et la situation de communication, se décline en deux modalités. L'ensemble illustre la complexité de la communication humaine en rendant visibles certains constituants qui la composent.

Dans le cadre de ce travail, la communication est **synchrone** puisque l'émetteur et les récepteurs sont dans la même temporalité.

Il s'agit, paradoxalement, d'une **communication à distance** au sens défini par Dacheux (2000) car la distance qui sépare l'émetteur de la plupart des récepteurs, voire de tous les récepteurs, est supérieure à ce que Hall (1978, cité par Dacheux), nomme « distance publique mode proche ». Cette distance correspond en Occident à environ quatre mètres.

La communication est à la fois **directe et médiatée**. En effet, elle met en relation l'émetteur et les récepteurs par l'intermédiaire de la voix, du geste, de la posture... et aussi

¹⁴ Les messages transmis aux étudiants seront respectivement ceux émis oralement par le professeur et ceux inscrits sur les diapositives et sur le tableau. L'ordre de présentation de ces messages dans notre travail est lié au volume des différents messages. Ainsi, les informations sont plus abondantes sur les diapositives que sur le tableau pour le cours magistral analysé.

par l'intermédiaire de diverses techniques qui vont du simple micro à l'utilisation de supports pédagogiques comme le tableau, le projecteur de courtes « vidéo », des diapositives de type PowerPoint...

Enfin, la communication est **faiblement interactive** et non unidirectionnelle dans la mesure où le comportement du groupe ou de certains étudiants peut modifier, certes de manière marginale, le comportement du professeur et inversement.

L'ensemble de ces caractéristiques détermine les principales fonctions de la communication pédagogique en amphithéâtre en première année à l'université. Jakobson (1963) qui développe un point de vue centré sur les fonctions du message lui-même propose six fonctions de la communication : référentielle, expressive / émotive, conative, phatique, poétique et métalinguistique. Dans notre contexte, la fonction dominante correspond à la **fonction référentielle**, c'est-à-dire ce dont il est question dans le message. Elle permet de parler des objets du monde quelle que soit la nature de ces objets : perceptibles, conceptuels ou imaginaires. Cette fonction se rapproche d'une communication, appelée fonctionnelle par Wolton (1997), basée sur la transmission, la diffusion et l'instrumentation.

La communication pédagogique combine également deux autres fonctions :

- la **fonction phatique** qui permet d'établir, de prolonger ou d'interrompre le contact entre l'émetteur et les récepteurs. On entend par contact la liaison tant physique que psychologique entre l'émetteur et le(s) récepteur(s) que le professeur maintient en s'adressant directement aux étudiants dans le cadre d'un cours magistral ;
- la **fonction métalinguistique** qui est présente lorsque le message sert à s'assurer qu'il existe une bonne compréhension du code commun. Dans le cas d'une communication pédagogique, cette fonction est essentielle puisqu'une partie du cours magistral sert, en général, à faire apprendre des signes nouveaux du code spécifique de la discipline.

Dans le but de cadrer ce travail, nous nous intéresserons essentiellement au message verbal et écrit, aux éléments de l'énoncé oral qui peuvent être transcrits et aux supports écrits exploités pendant la leçon. Autrement dit, ce qui est de l'ordre de l'intonation, du rythme, de la prosodie (accent et pause) ainsi que les éléments de la communication non verbale (regard, déplacements...) ne seront pas analysés. Ce choix de minimiser dans notre analyse la dimension non verbale se justifie par les fonctions référentielle et métalinguistique

dominantes de la communication pédagogique dans le contexte étudié. Il s'agit surtout de transmettre et de faire comprendre un message et non pas, par exemple, de négocier, de séduire, de persuader..., fonctions pour lesquelles la communication non verbale est essentielle.

Un autre cadrage consiste à centrer le recueil de données sur le processus de transmission d'information du professeur vers les étudiants (la caméra est orientée vers le professeur, l'estrade et le tableau) et non sur le processus de rétroaction, à savoir la transmission d'information des étudiants vers le professeur. Bien que le modèle circulaire de la communication ait été adopté dans ce travail, les signaux émis par les étudiants lors de la séance de cours filmée n'ont pas été recueillis. Cette option se justifie par le fait que le point de vue qui nous intéresse ici est le processus de communication dans le sens émetteur-récepteurs.

L'analyse du sens inverse, quant à elle, tente de déceler les effets de la prise de notes sur la façon dont l'enseignant orateur gère son propre discours. Elle a été réalisée pour trois extraits de cours par Parpette (2002), mais il s'agit d'une toute autre approche.

Enfin, dans le cadre de notre étude, nous traiterons la communication pédagogique au sein de quelques cours magistraux de chimie générale en première année universitaire. Afin de caractériser davantage cette communication, du point de vue de la discipline enseignée, nous nous sommes penchée sur les nombreuses difficultés inhérentes à l'apprentissage de la chimie, très largement explorées dans les recherches en didactique de cette discipline (Astolfi et Peterfalvi, 1993 ; Barlet, 1993 ; Barlet et Plouin, 1994, 1997 ; Carretto et Viovy, 1994 ; Fillon, 1997 ; Larcher, 1994 ; Beaufils, 1998). Comme nous l'avons déjà mentionné, l'une d'entre elles a particulièrement retenu notre attention car d'une part, elle apparaît comme transversale (elle est présente quel que soit le contenu envisagé) et d'autre part, elle est intrinsèquement associée au message transmis par l'enseignant. Il s'agit des passages et des associations omniprésents, quoique la plupart du temps implicites, entre la description des phénomènes (niveau phénoménologique), la représentation par des modèles de leurs aspects microscopiques (niveau moléculaire) et l'utilisation de l'écriture symbolique standardisée (niveau symbolique). Ces trois niveaux de savoir de la chimie seront décrits de manière détaillée dans le chapitre 4. Le terme niveau utilisé ici n'introduit pas de hiérarchie dans le savoir. Ce qui relève de la description des phénomènes n'est ni inférieur, ni supérieur à ce qui relève de leur explication, de leur interprétation à l'aide de modèles moléculaires (Buty, 2000) ou de l'utilisation du symbolisme. D'ailleurs, d'autres termes à connotation moins

hiérarchique ont été utilisés jusqu'à présent, notamment « registre » (Larcher, 1994 ; Martinand, 1996) et « monde » (Tiberghien, 1994 ; Pekdag et Le Maréchal, 2003a et 2003b).

Nous avons choisi de conserver le mot « niveau » dans un esprit pédagogique. En effet, le modèle largement décrit dans le chapitre 4 pourrait sans doute être abordé dès l'enseignement secondaire et être exploité dès les premières années de l'enseignement de la chimie, soit vers 14 ans. Or, le terme « niveau » apparaît plus accessible et plus simple que les termes « registre » ou « monde » qui renvoient à d'autres réalités.

3 Objectifs et questions de recherche

Afin de mieux comprendre ce qui se joue dans la **communication pédagogique**, nous analyserons comment le message est reçu par les récepteurs lors d'un cours magistral. Cette analyse se base sur la confrontation entre le message du professeur, donc l'ensemble des informations porteuses de sens échangées lors du cours magistral, et les corpus de prise de notes des étudiants considérés comme témoin de cette réception.

Analyser l'interaction entre le message de l'enseignant et ce que les étudiants notent implique plusieurs étapes. Il s'agit d'abord de s'intéresser au **pôle émission** en décrivant minutieusement le message oral de l'enseignant ainsi que ses messages écrits, soit l'ensemble des supports pédagogiques qu'il présente pendant l'exposé. Cette étape sera traitée au chapitre 6.

Il convient ensuite de se pencher sur le **pôle réception** en analysant les notes des étudiants selon quatre descripteurs : l'ampleur, la fidélité sémantique, la pertinence (définis au point 7.1.3) et le canal¹⁵ à partir duquel les étudiants prennent des notes. Le chapitre 7 concerne cette deuxième étape en mettant l'accent sur la conception des outils qui ont permis de la mettre en oeuvre. Bien que cette étape soit centrée sur les notes des étudiants, elle nécessite une confrontation entre les notes et le cours magistral.

Une dernière étape, pour rejoindre la problématique générale centrée sur la communication pédagogique, vise à **établir des liens** entre des caractéristiques du message et

¹⁵ Rappelons que le terme « canal » désigne soit l'énoncé oral, soit les diapositives, soit le tableau qui véhiculent l'ensemble du message de l'enseignant, à partir desquels les étudiants prennent des notes.

le traitement de ces informations par les différents récepteurs sous la forme de leur prise de notes (désormais PDN). Les caractéristiques du message qui ont été retenues sont de quatre types. Elles peuvent être liées aux **canaux** utilisés pour échanger l'information : l'énoncé oral et / ou le(s) support(s) écrit(s) tels que les diapositives de type PowerPoint et le tableau (*cf.* points 6.1, 6.2 et 6.3). Elles peuvent correspondre au **niveau hiérarchique** du discours : titre, unité majeure, unité conceptuelle, unité de base, sous-unité de base (*cf.* point 7.1.3). Elles peuvent également être inhérentes à l'énoncé oral de l'émetteur comme le niveau de l'énoncé : données notionnelles, commentaires métalinguistiques (*cf.* point 6.1.1), le caractère de reprise, répétitions et reformulations, (*cf.* point 6.1.2.2) et l'attribut déclencheur ou inhibiteur de la PDN ou non (*cf.* point 6.1.2.3). Elles peuvent enfin être intrinsèques à la **spécificité du contenu chimique** du message. Pour cette dernière caractéristique du message, le niveau de savoir de la chimie (phénoménologique, moléculaire et symbolique) a été retenu (*cf.* point 6.1.3.1).

Plus précisément, l'objectif central de la première partie de notre travail sera le suivant :

Étudier l'effet des caractéristiques du message de l'enseignant sur les descripteurs des notes des étudiants : l'ampleur, la fidélité sémantique, la pertinence et le canal sélectionné par les étudiants pour noter le message.

Cet objectif se décline en plusieurs questions regroupées en fonction de ces quatre descripteurs.

Des questions en relation avec l'ampleur des notes

Question 1 : Comment évolue l'ampleur des notes en fonction des caractéristiques de l'information transmise lors de la communication pédagogique ?

Question 2 : Parmi les informations notées, quelles sont les caractéristiques de celles notées avec une ampleur maximale, c'est-à-dire notées à l'identique ou de manière abrégée et les caractéristiques de celles notées avec une ampleur partielle, c'est-à-dire notées partiellement ou de manière adaptée ?

Une question en relation avec la fidélité sémantique des notes

Question 3 : Quel est le degré de fidélité sémantique des notes en fonction des caractéristiques de l'information échangée lors de la communication pédagogique ?

Une question en relation avec la pertinence des notes des étudiants

Question 4 : Quel est le degré de pertinence des notes en fonction des caractéristiques du message lors de la communication pédagogique ?

Des questions en relation avec le canal

Deux questions qui concernent le canal choisi par les étudiants seront traitées.

Question 5a : Lorsque les étudiants sont confrontés simultanément à un énoncé oral et un support écrit (des diapositives et/ou le tableau), quel canal choisissent-ils de privilégier pour leur prise de notes ?

Question 5b : Comment les étudiants de première année universitaire prennent-ils note des explications orales fournies à propos des divers modes de représentation des phénomènes (schémas, graphiques, tableaux...), des modèles moléculaires et du symbolisme chimique et mathématique notés sur les diapositives et/ou au tableau ?

Les résultats obtenus pour les questions de recherche portant sur cette première partie, c'est-à-dire les descripteurs de la PDN des étudiants en fonction des caractéristiques du message du professeur pour un cours magistral particulier, seront présentés dans le chapitre 8. Une discussion des résultats et des conclusions seront proposées dans les chapitres 9 et 10.

Enfin, en regard des résultats, des pistes pédagogiques seront suggérées. Elles visent à améliorer la communication pédagogique lors d'un cours magistral de chimie générale. Ces suggestions en termes de comportements pédagogiques seront présentées tant pour le professeur que pour l'accompagnateur méthodologique dans le chapitre 11.

Dans la deuxième partie de notre travail, nous envisagerons des questions à propos **des acquis des étudiants à court terme et des actions pédagogiques** en relation avec la difficulté majeure de l'apprentissage de la chimie déjà évoquée. Nous tenterons par ce biais de mettre en évidence les difficultés inhérentes à cet apprentissage et leurs liens avec l'activité de PDN et la communication pédagogique.

Question 6 : Lors d'un cours magistral de première année universitaire, quelles actions pédagogiques se rapportent aux trois niveaux de savoir de la chimie (phénoménologique, moléculaire et symbolique) ?

Question 7 : Au terme d'un cours magistral et à l'aide de leurs notes, quelle proportion d'étudiants de première année à l'université est capable de différencier les trois niveaux de savoir de la chimie, (phénoménologique, moléculaire et symbolique) ?

Question 8 : Au terme d'un cours magistral et à l'aide de leurs notes, quelle proportion d'étudiants de première année à l'université est capable d'établir des liens entre les différents niveaux de savoir à propos des concepts traités pendant la leçon ?

La méthodologie portant sur les trois questions de recherche basées sur les actions pédagogiques et les compétences des étudiants en lien avec les niveaux de savoir de la chimie sera expliquée dans le chapitre 13, les résultats et un résumé seront présentés respectivement dans les chapitres 14 et 15. Enfin, des enjeux didactiques induits par les résultats et concrétisés par des actions pédagogiques seront proposés dans les chapitres 16 et 17.

La deuxième partie s'appuie largement sur l'analyse des cours magistraux réalisée dans le cadre d'une recherche de deux ans financée par le Fonds National de la Recherche Scientifique (FNRS) et menée en collaboration avec l'Université Libre de Bruxelles¹⁶. Mentionnons que ce travail de recherche intitulé « La communication pédagogique dans les exposés de chimie à l'université. Mesure des effets sur l'apprentissage des étudiants » a été très fortement inspiré par le travail de thèse présenté ici. Le projet de recherche FNRS se situe toutefois en aval, dans la mesure où l'identification et la mise en œuvre d'actions pédagogiques concrètes pour améliorer la communication pédagogique dans les cours magistraux de chimie en première année universitaire en constitue la principale visée alors que notre thèse se situe davantage dans le mode descriptif et compréhensif.

Dans la troisième partie, nous tenterons de mettre en évidence un **lien éventuel entre la qualité des notes des étudiants et leur réussite** lors d'une évaluation certificative du cours de chimie générale. En effet, les notes des étudiants ne constituant pas un produit fini et la PDN ne constituant qu'une stratégie d'appropriation de la matière d'une séance de cours parmi bien d'autres, il nous paraît intéressant d'analyser l'influence de cette stratégie sur les performances des étudiants.

Ce lien renvoie également à une question de recherche :

¹⁶ Cette recherche interuniversitaire dont les promoteurs sont Johan Wouters, François Reniers et Marc Romainville a été menée de janvier 2007 à décembre 2008 par Mireille Houart et Nathalie Warzée.

Question 9 : Quels sont les caractéristiques qui différencient éventuellement la qualité des notes des étudiants qui réussissent l'examen de chimie en juin de ceux qui y échouent ?

Cette troisième partie sera traitée dans les chapitres 18 à 23. Des pistes pour l'accompagnement méthodologique découlant des réponses à cette question de recherche et des propositions d'activités méthodologiques seront suggérées dans le chapitre 23.

Les chapitres 24, 25 et 26 seront consacrés aux conclusions qui comprendront, les principaux résultats ainsi que les implications pédagogiques, l'analyse critique de la méthodologie et la présentation des perspectives pour d'éventuelles futures recherches dans les domaines de la didactique de la chimie et de la communication.

Enfin, dans le but de faire état des retombées de recherches en didactique de la chimie impliquant des professeurs d'université, nous présenterons brièvement les liens entre ces recherches et leur développement professionnel, dans la postface.

4 Modèle des trois niveaux de savoir en chimie

4.1 Introduction

Afin de caractériser la communication pédagogique au sein des cours magistraux de chimie générale de première année à l'université, plusieurs cours ont été analysés du point de vue de la difficulté majeure et transversale de la chimie liée aux passages et aux relations entre les différents niveaux de savoir.

Le but de notre analyse est de cerner davantage cette difficulté et de proposer un modèle qui intègre les différents niveaux de savoir de la chimie en décrivant le plus finement possible chaque niveau et en tentant de mieux comprendre comment s'effectuent les passages entre eux.

En effet, plusieurs hypothèses formulées en didactique des sciences et quelques recherches dans le domaine de la chimie (Tiberghien, 1994 ; Vince, 2000 ; Buty, 2000 ; Séjourné, 2001 ; Tiberghien *et al.*, 2003 ; Roux et Le Maréchal, 2003 ; Pekdag et Le Maréchal, 2003a et b ; Le Maréchal et Bécu-Robinault, 2006) nous amènent à avancer qu'un modèle basé sur les trois niveaux de savoir de la chimie pourrait avoir une incidence favorable sur l'apprentissage et la compréhension en profondeur des concepts essentiels en chimie, à condition toutefois, comme nous le verrons ci-après, que ces niveaux de savoir et les relations entre eux soient explicités aux étudiants. Le modèle des trois niveaux de savoir proposé dans ce chapitre pourrait dès lors s'avérer crucial pour améliorer la communication pédagogique dans les exposés de chimie, notamment en première année universitaire. Ce modèle ainsi que les enjeux didactiques qui en découlent constituent les premiers résultats de notre travail de thèse. Ce chapitre pourrait être exploité dans les cours de didactique de la chimie tant dans les cours d'agrégation à l'université que dans les Départements pédagogiques des Hautes Écoles.

4.2 Méthodologie

Notre analyse des cours magistraux s'est opérée sur huit séances de cours dispensés par trois professeurs de chimie générale, en première année de baccalauréat, dans deux universités

différentes, l'Université Libre de Bruxelles (ULB) et les Facultés universitaires de Namur (FUNDP).

Les thèmes abordés lors des huit leçons couvrent un large panel de notions traitées dans des chapitres classiques de chimie générale : la solubilité, les interactions intermoléculaires, les propriétés colligatives, la thermodynamique et la cinétique chimique. Les données pour deux de ces cours magistraux (solubilité et interactions intermoléculaires) ont été recueillies dans le cadre de notre thèse de doctorat et pour les six autres lors de la recherche financée par le FNRS dont il a déjà été question.

Le tableau 4.1 présente quelques caractéristiques de l'ensemble des cours analysés.

Matière	Nombre de séances	Nombre de professeurs	Universités	Dates	Sections des étudiants concernés
Solutions	2	1	FUNDP	janvier 2005 et décembre 2006	Chimie et pharmacie
Interactions intermoléculaires	1	1	FUNDP	mars 2005	Biologie
Propriétés colligatives	1	1	ULB	décembre 2006	Chimie, biologie, géologie, géographie, bioingénieur, bioinformatique, physique, sciences polyvalentes
Thermodynamique	2	2	FUNDP et ULB	février et mars 2007	Chimie et pharmacie (FUNDP)
Cinétique chimique	2	2	FUNDP et ULB	avril 2007	Chimie, biologie, géologie, géographie, bioingénieur, bioinformatique, physique, sciences polyvalentes (ULB)

Tableau 4.1 : Caractéristiques des cours magistraux de chimie générale analysés

Ces cours magistraux ont tous été suivis, filmés et les énoncés oraux ont ensuite été entièrement retranscrits. Les supports didactiques exploités pendant les séances de cours comme les diapositives PowerPoint ont été fournis par les enseignants et nous avons recopié les inscriptions au tableau. Enfin, toutes les informations transmises aux étudiants pendant la leçon ont été mises en parallèle dans un même document afin de visualiser le message dans son intégralité.

4.3 *Trois niveaux de savoir*

4.3.1 Description

Bon nombre de contenus d'enseignement en chimie générale, en première année à l'université, peuvent se répartir dans l'un des trois niveaux de savoir suivants : le niveau expérimental, phénoménologique ou macroscopique, le niveau moléculaire ou microscopique et le niveau de l'écriture symbolique (Johnstone, 1991 ; Gabel, 1993 ; Larcher, 1994 ; Tasker, 1998 ; Le Maréchal, 1999 ; Roux et Le Maréchal, 2003 ; Le Maréchal et Bécu-Robinault, 2006). Qu'il s'agisse d'étudier la structure de la matière ou sa transformation qui correspondent aux deux axes principaux de la chimie, les trois niveaux coexistent et permettent de décrire, d'expliquer les phénomènes chimiques et les concepts associés d'un point de vue scientifique et enfin de communiquer entre chimistes.

Ces trois niveaux de savoir trouvent une origine dans l'épistémologie¹⁷ de la chimie. Car premièrement, comme l'indique Barlet (1999, p. 1425) « *La chimie, en tant qu'activité expérimentale se perd dans la nuit des temps [...] le champ expérimental de la chimie est très vaste. Les nouvelles réactions comme les nouveaux produits quotidiens ou industriels (alimentation, hygiène, matériaux, médicaments, engrais...) sont chaque jour plus nombreux.* ». Deuxièmement, la modélisation pour décrire la diversité des entités constitutives de la matière et interpréter les phénomènes en chimie a toujours constitué et constitue encore l'un des principaux outils de développement de la connaissance en chimie (Gilbert, 1993). En effet, « *les chimistes utilisent les représentations pour comprendre et manipuler les molécules parce que les molécules et leurs propriétés ne sont pas disponibles à la perception directe.* » (Kozma *et al.*, 2000, p. 106, cité par Pekdag et Le Maréchal, 2006). Il suffit pour s'en convaincre de penser aux très nombreux modèles qui jalonnent l'enseignement de cette discipline dans tous les domaines : les modèles atomiques, le modèle de la réaction, les modèles des liaisons chimiques..., pour ne citer que ceux-là. Troisièmement, de tout temps, les chimistes, et même avant eux, les alchimistes, ont eu recours à l'écriture symbolique pour représenter la matière et les phénomènes chimiques. L'utilisation d'un langage symbolique standardisé est incontournable pour communiquer entre chimistes.

¹⁷ « *Au sens strict, l'épistémologie est une branche de la philosophie qui étudie la façon dont se construisent les sciences, le mode d'établissement des faits, la nature des relations entre faits, théorie et modèles. [...] Mais on use de plus en plus ce terme d'une façon extensive pour caractériser le mode de fonctionnement singulier de chaque discipline de recherche.* » Astolfi (encadré dans le numéro spécial du Bulletin de Psychologie Tome XLI - n° 386 - 1998).

En outre, le modèle des trois niveaux de savoir constitue une pierre angulaire de la didactique de cette discipline comme nous tenterons de le montrer à plusieurs reprises pour chacun des niveaux de savoir et pour les interactions qu'ils entretiennent entre eux.

Nous proposons dans la figure 4.1 un modèle qui articule les trois niveaux de savoir en chimie et en donne quelques caractéristiques. Chacun de ces niveaux et leurs connexions seront définis, décrits et illustrés ci-après. De plus, une discussion à propos du vocabulaire utilisé sera proposée. En effet, jusqu'à présent, selon les auteurs, des mots différents couvrant des réalités semblables mais non synonymes sont utilisés pour présenter les trois niveaux de savoir.

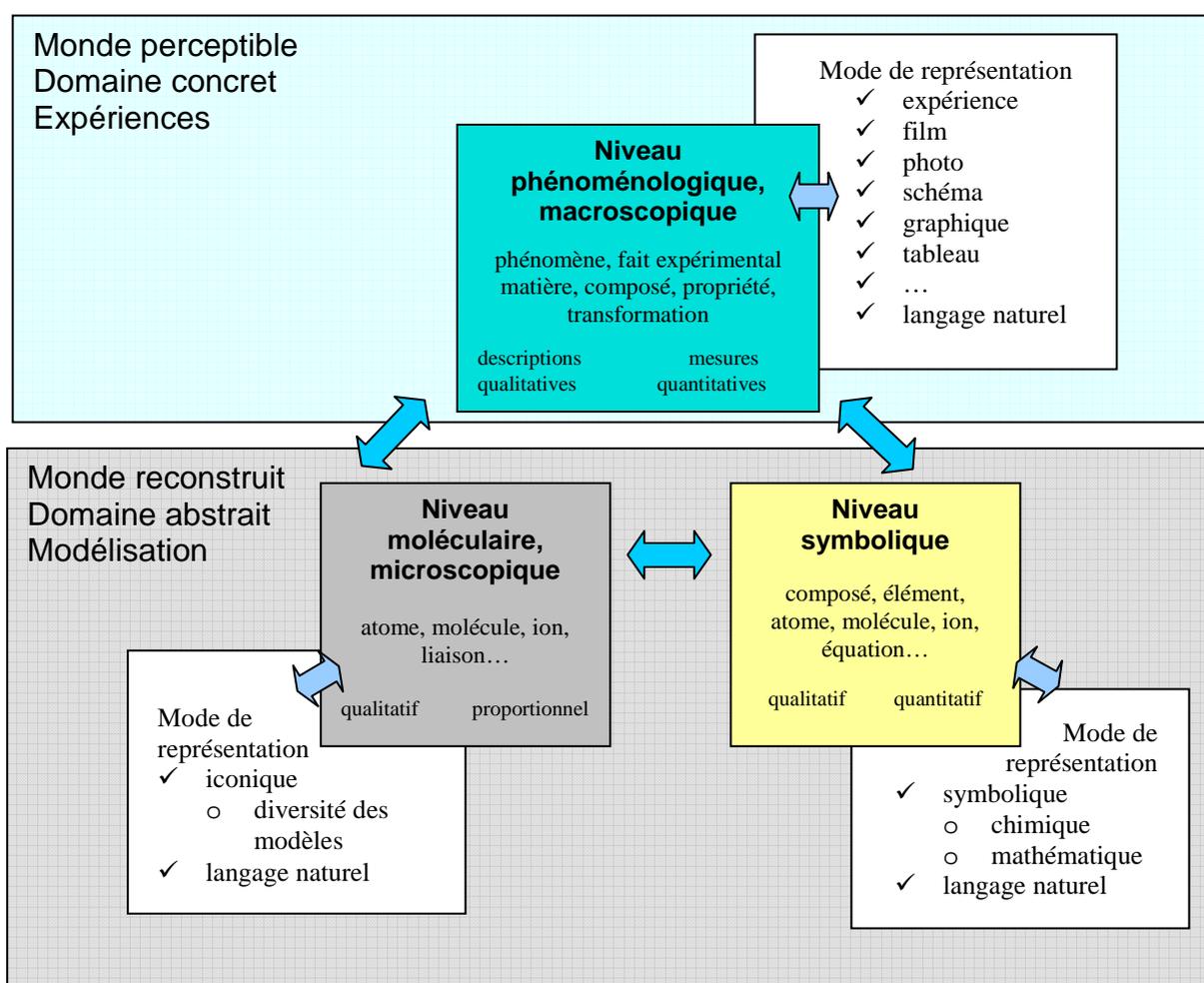


Figure 4.1 : Modèle des trois niveaux de savoir de la chimie, de leurs modes de représentation et de leurs connexions

De nombreux auteurs tels que Lijnse *et al.* (1990) mais encore Barlet et Plouin (1997) mettent en avant la dualité macroscopique-microscopique sans différencier les niveaux microscopique et symbolique et d'autres distinguent seulement deux niveaux de savoir, le registre du référent empirique et celui des modèles (Martinand, 1996) ou le monde perceptible

et le monde reconstruit (Le Maréchal, 1999 ; Le Maréchal et Bécu-Robinault, 2006). Pour notre part, nous diviserons le domaine abstrait de la modélisation en deux niveaux : le niveau moléculaire et le niveau symbolique. Cette distinction finale en trois niveaux nous apparaît opérationnelle au vu des nombreuses difficultés spécifiques à chaque forme de représentation éprouvées par les étudiants. À l'instar de Larcher (1994, p. 57), nous pensons que « *faute de distinguer le registre des phénomènes, le registre des représentations symboliques et le registre des modèles avec suffisamment de rigueur, nous entraînons souvent les élèves (et les étudiants) dans de mauvaises représentations des phénomènes et nous les entretenons dans des confusions.* ».

Subdiviser l'espace de la modélisation en deux parties, le niveau moléculaire ou microscopique et le niveau de l'écriture symbolique, constitue une opération à visée didactique, pertinente, selon nous, au vu des difficultés multiples liées à la modélisation éprouvées par les étudiants. Tant du côté des enseignants que des étudiants, mettre l'accent sur ces deux niveaux devrait inciter les uns et les autres à illustrer le niveau microscopique par des modèles moléculaires statiques ou animés, à être particulièrement vigilants au symbolisme nouvellement introduit dans les cours magistraux et enfin à établir de nombreux liens entre ces deux formes de modélisation des phénomènes.

En outre, une attention particulière portée aux illustrations présentées dans les livres récents de chimie de première année universitaire¹⁸ ainsi qu'à des sites Internet comme « Chemistry Comes Alive »¹⁹ et l'analyse des cours magistraux de première année à l'université font apparaître clairement cette catégorisation en trois niveaux. Remarquons pourtant que dans d'autres livres²⁰, des illustrations tant du niveau phénoménologique que du niveau moléculaire sont peu présentées et que dans les programmes de chimie en Communauté française de Belgique²¹, les niveaux « phénoménologique ou macroscopique », « moléculaire ou microscopique » et « symbolique » ne sont pas particulièrement mis en évidence.

De plus, 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 phénoménologique et moléculaire. Barlet et Plouin (1997, p. 144)

¹⁸ Par exemple : CHIMIE générale John W. Hill, Ralph H. Petrucci, Martin Dion et Martin Lamoureux, Pearson Education, 2002.

¹⁹ <http://jchemed.chem.wisc.edu/JCESoft/CCA/CCA1/R1MAIN/CD1R2290.HTM>

²⁰ Par exemple : Chimie, Maurice Griffé, Presses Universitaires de Namur, 1996.

²¹ <http://www.restode.cfwb.be/download/programmes/126-2001-240.pdf>
et <http://www.restode.cfwb.be/download/programmes/125-2001-240.pdf>

enchérissent en considérant l'algorithmisation, c'est-à-dire la facette quantitative du niveau symbolique, très présente dans l'enseignement de la chimie, comme un refuge et un obstacle à la conceptualisation. « *La réussite dans des exercices 'calculatoires' n'est pas toujours gage de la compréhension en profondeur.* ». Nous pensons également que la réussite des nombreux exercices proposés à l'université dans le cadre des travaux dirigés, qui complètent le cours de chimie générale et pour lesquels le niveau symbolique domine, n'implique pas automatiquement une compréhension en profondeur des phénomènes chimiques liés à ces exercices. Ce contexte particulier de l'enseignement de la chimie à l'université constitue à nos yeux une raison supplémentaire pour distinguer le niveau moléculaire du niveau symbolique.

La figure 4.1 correspond à un modèle qui représente une manière de catégoriser le contenu d'un cours de chimie générale. Comme tous les modèles, il présente des limites. Ainsi, « la théorie » n'y trouve pas sa place, la frontière entre les niveaux est parfois ténue et la distinction entre niveau de savoir et mode de représentation est quelquefois difficile à cerner. Néanmoins, ce modèle à visée didactique devrait permettre aux acteurs de l'enseignement de prendre conscience de la nature du contenu enseigné, de son niveau, des modes de représentations utilisés, des difficultés inhérentes pour l'apprentissage et dès lors de mettre en oeuvre des stratégies didactiques adaptées. Dans le paragraphe qui suit, nous formulons des questions en lien avec ce modèle et la présente recherche et nous identifions des enjeux pour la didactique.

4.3.2 Questions et enjeux pour la didactique

La distinction des niveaux de savoir en chimie offre un véritable outil en didactique de la chimie qui repose sur des hypothèses provenant pour la plupart de travaux en didactique de la physique (Tiberghien, 1994 ; Buty, 2000 ; Vince, 2000 ; Séjourné, 2001 ; Tiberghien *et al.*, 2003). Comme Roux et Le Maréchal (2003), Pekdag et Le Maréchal (2003a et b), Le Maréchal et Bécu-Robinault (2006), nous les avons étendues à l'enseignement et l'apprentissage de la chimie :

- les concepts chimiques prendraient leur sens pour les étudiants grâce à la mise en relation entre les niveaux phénoménologique, moléculaire et symbolique ;
- un concept serait d'autant plus opérationnel qu'il est mis en oeuvre par un étudiant dans les trois niveaux de savoir.

En conséquence, l'établissement des liens entre les trois niveaux de savoir constituerait une démarche favorable à une compréhension en profondeur des concepts de base en chimie.

Les trois questions qui seront traitées dans la deuxième partie de ce travail prennent dès lors tout leur sens. Nous les rappelons :

- Question 6 : Lors d'un cours magistral de première année universitaire, quelles actions pédagogiques se rapportent aux trois niveaux de savoir de la chimie (phénoménologique, moléculaire et symbolique) ?
- Question 7 : Au terme d'un cours magistral et à l'aide de leurs notes, quelle proportion d'étudiants de première année à l'université est capable de différencier les trois niveaux de savoir de la chimie, (phénoménologique, moléculaire et symbolique) ?
- Question 8 : Au terme d'un cours magistral et à l'aide de leurs notes, quelle proportion d'étudiants de première année à l'université est capable d'établir des liens entre les différents niveaux de savoir à propos des concepts traités pendant la leçon ?

4.4 Niveau phénoménologique

4.4.1 Description

La description d'un phénomène est associée à l'expérimentation. Le vocable « phénomène » est utilisé ici dans son acception courante, celle de « *fait naturel complexe pouvant faire l'objet d'expériences et d'études scientifiques* » selon la définition du Nouveau Petit Robert (2004). Il s'agit de décrire la matière qui nous entoure, les espèces chimiques qui la composent, leurs propriétés, leur diversité et la manière dont elles réagissent entre elles.

Ce niveau essentiellement descriptif a d'ailleurs été l'objet unique de l'enseignement de la chimie jusqu'au début des années 60 en France (Barlet, 1999).

Il s'agit du niveau de savoir que Martinand (1996) appelle « registre du référent empirique » au sein duquel il regroupe objets, phénomènes, procédés et rôles sociotechniques, et que Pekdag et Le Maréchal (2003a et b) nomment « monde perceptible » composé d'objets, de propriétés et d'évènements. Ces auteurs se sont inspirés de travaux en physique ; ce qui explique le vocabulaire (comme le mot objet) qui peut sembler plus adapté à cette discipline scientifique qu'à la chimie.

Dans les écrits à propos des niveaux de savoir (Johnstone, 1991 ; Gabel, 1993, Martinand, 1996 ; Tasker, 1998), la phénoménologie et le niveau macroscopique vont de pair. Dans les cours magistraux analysés, c'est ce que nous avons observé le plus souvent. La

dimension macroscopique correspond alors à l'ensemble des observations en lien avec les phénomènes étudiés. Cette facette peut parfaitement être décrite de façon qualitative d'une part, à partir de la perception par les organes des sens et de manière quantitative d'autre part, sur la base des mesures réalisées à l'aide d'instruments adéquats. Dans les cours magistraux de chimie, l'aspect phénoménologique peut être présenté par une ou plusieurs expériences en rapport avec la notion étudiée, par sa description en termes de propriétés comme la couleur, la granulosité, l'odeur, appréhendés par les organes des sens, et par les mesures telles que le degré d'acidité, la température, la masse, le volume, la pression, réalisées par des instruments appropriés.

Deux exemples de description de phénomènes épinglés dans les cours magistraux que nous avons analysés sont présentés dans le tableau 4.2. Ce tableau permet d'identifier le cours magistral duquel les messages écrits et oraux sont extraits, de présenter les messages en rapport avec les phénomènes et d'indiquer les systèmes sémiotiques (Duval, 1995) associés aux messages. On entend par système sémiotique les différents modes de représentation (film, photo, dessin, schéma, tableau, graphique, langage naturel²²...) utilisés par l'enseignant pour faire percevoir le phénomène.

Identification du cours magistral	Présentation du phénomène	Systèmes sémiotiques
Solubilité Janvier 2005	<p><u>LE MESSAGE SUR UNE DIAPOSITIVE</u></p>  <p><u>LE MESSAGE ORAL</u> Alors un point important [...], c'est la notion de solubilité et on va voir que la solubilité peut être comprise d'un point de vue macroscopique et je dirais d'un point de vue intuitif comme étant le fait que l'on peut ajouter une certaine quantité de soluté dans un solvant pour former une solution et qu'à un certain moment, on va atteindre la saturation. Alors vous avez tous fait du cacao ou mis du sucre dans un café. Vous savez que d'un point de vue macroscopique, dans votre solvant vous allez pouvoir rajouter une certaine quantité de votre soluté, le sucre par exemple, vous allez pouvoir mettre une certaine quantité, un certain nombre de morceaux de sucre et à un certain moment, vous n'allez plus pouvoir dissoudre plus de sucre et une partie de ce sucre va se retrouver dans le fond de votre tasse. Et donc on va atteindre à ce moment la saturation.</p>	<p>Photo combinée à un dessin</p> <p>Langage naturel</p>

²² Nous donnons aux termes « langage naturel » le sens de langue parlée par un être humain (le français...) en opposition au langage symbolique (chimique, mathématique...) (dans notre modèle sur la communication, ces termes s'approchent de ceux de code linguistique oral, écrit et iconique).

Cinétique chimique Avril 2007	<p align="center"><u>LE MESSAGE SUR UNE DIAPOSITIVE</u></p>  <p>Transformation au cours du temps d'un mélange d'eau oxygénée et d'ion iodure (solution incolore) en ion triiodure (solution rouge brun)</p>	Série de photos et langage naturel
----------------------------------	---	------------------------------------

Tableau 4.2 : Exemples de présentation de phénomènes macroscopiques

Le premier exemple de phénomène sélectionné illustre un phénomène uniquement d'un point de vue qualitatif, il s'agit de la saturation d'une solution. Le second exemple correspond à une description semi-quantitative puisqu'un chronomètre permet de mesurer le temps et que le changement de couleur du système réactionnel indique l'évolution de la réaction au cours du temps. Dans les deux situations, la description du phénomène est à l'échelle macroscopique.

Mais au sein des cours magistraux de chimie générale de première année à l'université, le niveau phénoménologique apparaît de manière plus complexe. Les tableaux 4.3, 4.4 et 4.5, présentés de la même manière que le tableau 4.2, illustrent quatre phénomènes pour lesquels le terme « macroscopique » ne nous paraît pas vraiment approprié.

Identification du cours magistral	Présentation du phénomène	Systèmes sémiotiques
Interactions intermoléculaires Mars 2005	<p><u>LE MESSAGE ORAL</u></p> <p>Il y a en fait d'autres mystères qui ont mis un peu la puce à l'oreille aux chimistes. Et c'est par exemple, le cas d'un gaz rare ... le krypton. Alors, c'est un gaz rare. Donc il est stable et inerte chimiquement. Pourtant, on a pu mettre en évidence des complexes moléculaires entre le krypton et le mercure. Alors, ça a été mis en évidence par des techniques physiques, spectroscopiques – je ne vais pas entrer dans les détails. Mais il y a aussi un autre phénomène qui a été découvert, qui met aussi en jeu le krypton. Il s'agit des clathrates. Alors, qu'est-ce que c'est un clathrate ? Et bien, il faut s'imaginer en fait un corps solide, cristallin. Donc, là je suis en train de définir ce qu'est un clathrate. ... C'est un solide cristallin qui va présenter des qualités. Alors, on sait très bien préparer ces solides cristallins. Ce sont des solides le plus souvent non-organiques, inorganiques. Et dans ses cavités peuvent se loger des molécules, et notamment des molécules de gaz. Et ce qu'on s'est aperçu, et ça, ça a vraiment surpris la communauté des chimistes, c'est que les gaz rares tels que le krypton peuvent se loger dans ces cavités, mais à l'intérieur de ces cavités, on s'est aperçu que le krypton n'était pas seul. Il était en interaction avec un certain nombre de molécules d'eau.</p>	Langage naturel

<p>Interactions intermoléculaires Mars 2005</p>	<p><u>LE MESSAGE ORAL</u> L'autre exemple bien sûr, ce sont ... les protéines. Lorsqu'une protéine est synthétisée, donc s'est biosynthétisée en fait dans la cellule. En fait, on a d'abord un peptide linéaire. Vous savez que ce sont des macromolécules qui ont une seule chaîne principale. ... Et ensuite ce peptide va adopter une texture tridimensionnelle. Il y a un repliement, formation d'hélice alpha, feuillet bêta. Et on va obtenir ... ce qu'on représente souvent, en fait, une macromolécule plutôt globulaire. Cette protéine ne peut exercer son activité, donc exercer sa fonction que lorsqu'elle a adopté une structure tridimensionnelle bien précise qui va lui permettre d'exercer ses fonctions, sa fonction biologique.</p>	<p>Langage naturel</p>
---	---	------------------------

Tableau 4.3 : Exemples de phénomènes non visibles à l'œil nu

Ainsi, dans un cours *ex cathedra* sur les interactions intermoléculaires dispensé aux étudiants de biologie, le professeur décrit plusieurs phénomènes pour induire l'existence d'interactions intermoléculaires (tableau 4.3). Les deux phénomènes présentés ne sont **pas visibles à l'œil nu** et pourtant on pourrait prétendre qu'ils se situent au niveau phénoménologique.

Un autre exemple correspond aux dix premières minutes d'un des cours magistraux enregistrés. Dans le but d'introduire le célèbre film d'Al Gore « *Une Vérité Qui Dérange* », projeté le soir même à l'université pour les étudiants, le professeur fait une parenthèse et explique rapidement, en début de leçon, l'effet de serre responsable du réchauffement climatique (tableau 4.4). Ce phénomène présenté à l'aide d'une diapositive ne peut pas non plus être observé à l'œil nu car cette fois, **l'ordre de grandeur est trop grand**. Il correspond à celui de la dimension de la terre.

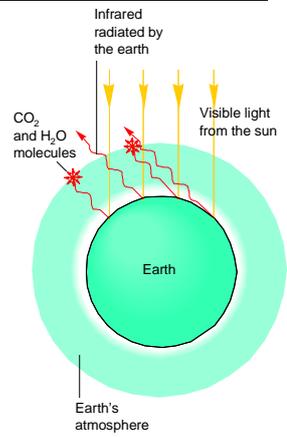
Identification du cours magistral	Présentation du phénomène	Systèmes sémiotiques
<p>Thermodynamique Février 2007</p>	<p><u>LE MESSAGE SUR UNE DIAPOSITIVE</u></p> 	<p>Schéma Langage naturel</p>

Tableau 4.4 : Exemple de phénomène non appréhendable par les organes des sens

Dans ce même cours magistral portant sur la thermodynamique, le professeur présente un phénomène sous la forme d'un tableau de résultats qui concernent la variation d'entropie de vaporisation pour une série d'espèces chimiques (tableau 4.5). Ce phénomène est **impossible à appréhender à partir des organes des sens**. Il implique une évocation de la part des étudiants basée sur la connaissance de ce que représente l'entropie.

Identification du cours magistral	Présentation du phénomène	Systèmes sémiotiques														
Thermodynamique Février 2007	<p><u>LE MESSAGE AU TABLEAU</u></p> $A_{(l)} \rightleftharpoons A_{(g)}$ $\Delta S_{\text{vap}} \text{ (Jmol}^{-1} \text{ K}^{-1}\text{)}$ <table> <tr><td>Br₂</td><td>88,6</td></tr> <tr><td>C₆H₆</td><td>87,2</td></tr> <tr><td>CCl₄</td><td>85,2</td></tr> <tr><td>C₆H₁₂</td><td>85,1</td></tr> <tr><td>H₂S</td><td>87,9</td></tr> <tr><td>NH₃</td><td>97,4</td></tr> <tr><td>H₂O</td><td>108,1</td></tr> </table> <p><u>LE MESSAGE ORAL</u></p> <p>Il y a un autre exemple. Si vous regardez la transition de A liquide qui donne A gazeux. Alors, je vais donner plusieurs A et plusieurs valeurs d'entropie. Br₂, C₆H₆, CCl₄, C₆H₁₂, H₂S, NH₃, et H₂O Liquide veut dire à l'état liquide, pas en phase aqueuse. À part l'eau, forcément en phase aqueuse. Le ΔS de vaporisation. Donc, le ΔS de vaporisation, c'est l'entropie de la phase gazeuse moins l'entropie de la phase liquide. En joules par mole par Kelvin, ça fait joule, mole moins un, kelvin moins un, c'est 88,6 - 87,2 - 85,2 - 85,1 - 87,9 - 97,4 et 108,1. Alors là, il y a quelque chose d'assez intéressant. Donc c'est pour vous indiquer le type d'informations qualitatives que l'on peut extraire de grandeurs thermodynamiques. Il ne faut pas simplement faire des grandeurs que vous ne sentez pas, d'accord ? Toutes ces grandeurs-là sont quand même associées à des molécules fort différentes. Le brome, ça n'a rien à voir avec le benzène qui lui-même n'a pas grand chose à voir avec le tétrachlorure de carbone ou avec C₆H₁₂, ce n'est pas de l'hexane, c'est de l'hexène. Toutes ces molécules ont quasiment la même entropie de vaporisation sauf l'ammoniac et l'eau. Alors le raisonnement est le suivant [...].</p>	Br ₂	88,6	C ₆ H ₆	87,2	CCl ₄	85,2	C ₆ H ₁₂	85,1	H ₂ S	87,9	NH ₃	97,4	H ₂ O	108,1	<p>Langage symbolique</p> <p>Langage naturel</p>
Br ₂	88,6															
C ₆ H ₆	87,2															
CCl ₄	85,2															
C ₆ H ₁₂	85,1															
H ₂ S	87,9															
NH ₃	97,4															
H ₂ O	108,1															

Tableau 4.5 : Exemple de phénomène non appréhendable par les organes des sens

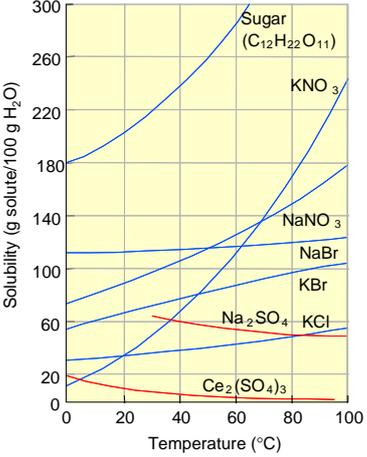
Les quatre derniers exemples présentés ci-dessus montrent bien que le terme « macroscopique » est inadapté pour une série de phénomènes. Dans notre étude, nous préférons adopter le qualificatif « phénoménologique » qui renvoie au mot « phénomène », donc à un « *fait naturel complexe pouvant faire l'objet d'expériences et d'études scientifiques* » comme nous l'avons déjà défini. Le terme « empirique », plus large puisqu'il recouvre ce qui est de l'ordre de l'observation des propriétés, pourrait également convenir.

En conséquence, la distinction « macroscopique / microscopique » peut ou non convenir selon le phénomène présenté aux étudiants pour qualifier le niveau de savoir en jeu dans la leçon. Cependant, du point de vue de la didactique de la chimie, plutôt que de renoncer à ces termes qui conviennent parfaitement dans un certain nombre de situations, il nous paraît plus approprié d'intégrer des moments 'méta', des moments de 'pause notionnelle' pendant lesquelles le niveau de savoir de la chimie dont il est question serait mis en évidence et le choix du vocabulaire serait discuté. En effet, ces moments permettraient de rejoindre un des enjeux didactiques favorisant l'appropriation d'un concept par les étudiants (cf. point 4.3.2) : dissocier les niveaux de savoir et faire comprendre à quoi ils correspondent.

4.4.2 Mode de représentation

Comme on vient de le voir à travers les divers exemples proposés, le système sémiotique utilisé pour représenter le phénomène chimique associé à l'expérience peut être multiple. L'expérience peut être réalisée en direct sous les yeux des étudiants ou également être réalisée par ces derniers lors des séances de laboratoire. Le phénomène peut être décrit par une photo ou un film (dans le cas d'une situation dynamique) ou encore par un ou plusieurs dessins ou schémas. La description du phénomène peut également être présentée à l'aide de graphiques en utilisant des tableaux de résultats et enfin à travers le langage naturel uniquement. Le plus souvent d'ailleurs, le langage naturel accompagne automatiquement les autres systèmes sémiotiques exploités par l'enseignant. Ainsi, un graphique montré lors d'un cours magistral est expliqué oralement par le professeur.

Ces divers modes de représentation sont illustrés dans le tableau 4.6 par des extraits puisés dans les cours magistraux. Seuls les films, pourtant présents dans les cours de chimie générale que nous avons traités, n'ont pas pu être illustrés ici.

Identification du cours magistral	Présentation du phénomène	Systèmes sémiotiques																																										
Solubilité Décembre 2006	<p><u>LE MESSAGE SUR UNE DIAPOSITIVE</u></p> <p><i>Solubilité : point de vue qualitatif</i></p> <table border="1" data-bbox="456 416 1091 784"> <thead> <tr> <th></th> <th>NH₄⁺</th> <th>K⁺</th> <th>Ca²⁺</th> <th>Fe²⁺</th> <th>Ag⁺</th> <th>Pb²⁺</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nitrate</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> </tr> <tr> <td>Chlorure</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> </tr> <tr> <td>Sulfure</td> <td>●</td> <td>●</td> <td></td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> </tr> <tr> <td>Carbonate</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> </tr> <tr> <td>Hydroxyde</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> </tr> </tbody> </table>		NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Fe ²⁺	Ag ⁺	Pb ²⁺	Nitrate	●	●	●	●	●	●	Chlorure	●	●	●	●	●	●	Sulfure	●	●		●	●	●	Carbonate	●	●	●	●	●	●	Hydroxyde	●	●	●	●	●	●	Tableau Langage naturel
	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Fe ²⁺	Ag ⁺	Pb ²⁺																																						
Nitrate	●	●	●	●	●	●																																						
Chlorure	●	●	●	●	●	●																																						
Sulfure	●	●		●	●	●																																						
Carbonate	●	●	●	●	●	●																																						
Hydroxyde	●	●	●	●	●	●																																						
Interactions intermoléculaires Mars 2005	<p><u>LE MESSAGE ORAL</u></p> <p>On a vu un certain nombre de phénomènes qui ont attiré l'attention des chimistes. Je vous ai donné l'exemple classique de la glace qui flotte sur l'eau, les icebergs, les glaçons dans un verre.</p>	Langage naturel																																										
Propriétés colligatives Décembre 2006	<p><u>LE MESSAGE ORAL</u></p> <p>La première propriété colligative, la loi ébullioscopique, c'est que l'introduction d'un soluté non volatil dans un solvant volatil conduit à une élévation du point d'ébullition. Vous mettez du sel, du NaCl, dans l'eau, quand vous voulez cuire vos spaghettis, vous faites chauffer de l'eau. Si vous faites chauffer de l'eau pure, l'eau va commencer à bouillir à 100°C. Après, si vous mettez du sel dans l'eau, l'eau salée ne va pas bouillir à 100°C, elle va bouillir à 103-104-105°C.</p>	Langage naturel																																										
Propriétés colligatives Décembre 2006	<p><u>LE MESSAGE SUR UNE DIAPOSITIVE</u></p>  <p>Detailed description of the solubility graph: The y-axis is labeled 'Solubility (g solute/100 g H₂O)' and ranges from 0 to 300 in increments of 20. The x-axis is labeled 'Temperature (°C)' and ranges from 0 to 100 in increments of 20. The graph shows several curves: Sugar (C₁₂H₂₂O₁₁) starts at ~180g at 0°C and rises to ~300g at 100°C; KNO₃ starts at ~130g at 0°C and rises to ~240g at 100°C; NaNO₃ starts at ~100g at 0°C and rises to ~180g at 100°C; NaBr starts at ~80g at 0°C and rises to ~140g at 100°C; KBr starts at ~60g at 0°C and rises to ~110g at 100°C; Na₂SO₄ starts at ~40g at 0°C and rises to ~60g at 100°C; KCl starts at ~30g at 0°C and rises to ~50g at 100°C; Ce₂(SO₄)₃ starts at ~20g at 0°C and decreases to ~10g at 100°C.</p>	Graphique Langage naturel																																										

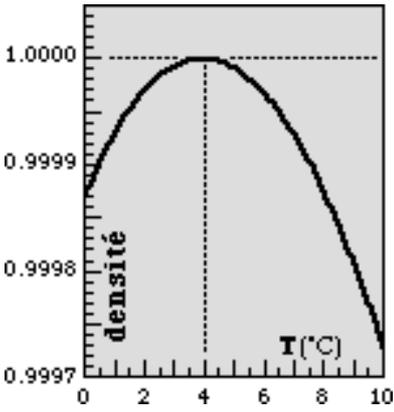
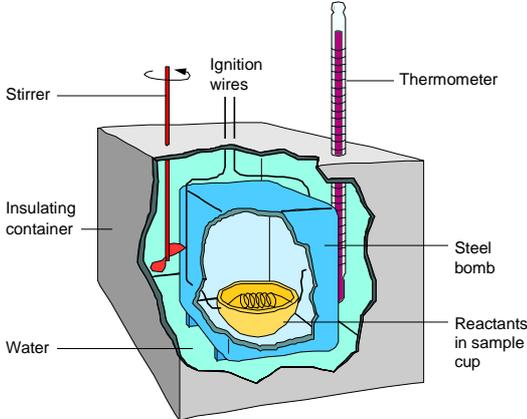
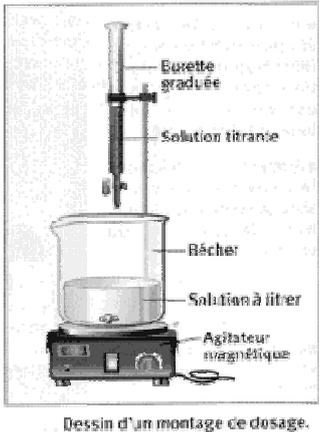
<p>Thermodynamique Mars 2007</p>	<p><u>LE MESSAGE SUR UNE DIAPOSITIVE</u></p> 	<p>Graphique Langage naturel</p>
<p>Thermodynamique Mars 2007</p>	<p><u>LE MESSAGE SUR UNE DIAPOSITIVE</u></p> 	<p>Schéma légendé Langage naturel</p>
<p>Thermodynamique Mars 2007</p>	<p><u>LE MESSAGE SUR UNE DIAPOSITIVE</u></p> 	<p>Schéma légendé Langage naturel</p>

Tableau 4.6 : Divers modes de représentation des phénomènes dans les cours magistraux de chimie

On le voit, le mode de présentation et de description des phénomènes peut être extrêmement varié. Selon le système sémiotique adopté, les compétences que les étudiants vont devoir mobiliser (capacité d'abstraction, niveau de pensée formelle) sont

fondamentalement différentes. Or, d'après Montagné (1992), à l'université, ces compétences peuvent encore poser problème à certains étudiants. De plus, Peraya (1995, p. 37-38) affirme que ceux qui font l'usage de ces multiples systèmes sémiotiques pensent que « *leur utilisation et leur exploitation iraient de soi, comme si les élèves possédaient naturellement la capacité – le don ? – de traiter l'information présentée sous une forme audio-scripto-visuelle. Or, toutes les recherches [...] tendent à prouver le contraire [...] une alphabétisation, une éducation aux représentations visuelles, sont indispensables si l'on veut que les plages visuelles deviennent un véritable outil d'apprentissage, une technologie intellectuelle.* ».

On constate donc que le registre phénoménologique *a priori* lié au domaine concret peut apparaître plus ou moins concret aux yeux des étudiants selon le type de phénomène présenté et surtout, pour un même phénomène, selon le choix du mode de représentation du phénomène par le professeur. De plus, la compréhension du message lors du cours magistral sera fonction de la compétence des étudiants à décoder et à lire des graphiques, des tableaux et des schémas. Une recherche, visant à mesurer dans quelle mesure les prérequis essentiels pour réussir une première année à l'université sont acquis par les étudiants entrants, montre d'ailleurs que si la lecture et la réalisation de graphiques et de tableaux « simples » sont maîtrisées, ces compétences font défaut pour des situations plus complexes telles que la lecture d'un graphique comportant plus d'une courbe (Romainville *et al.*, 2006).

Sans se hasarder à traiter les différents systèmes sémiotiques des modes de représentation de phénomènes chimiques abordés dans les cours magistraux de première année universitaire (cela dépasserait largement le cadre du travail que nous nous sommes fixé et orienterait cette recherche dans une toute autre direction), nous attirons toutefois l'attention sur les difficultés sous-jacentes pour les étudiants. L'idée est davantage d'ouvrir un champ de recherche encore peu exploré en didactique de la chimie pour les cours d'université, à savoir : la maîtrise par les étudiants de première année universitaire des différents systèmes sémiotiques. Le terrain a toutefois été déjà défriché par de nombreux travaux à la fois diversifiés, complémentaires et axés sur des disciplines différentes qui se sont préoccupés de la communication par images figuratives (pour une synthèse de ces études se référer notamment au numéro spécial du *Bulletin de Psychologie* Tome XLI - N° 386 - 1998). De plus, l'impact de l'utilisation des modes de représentation dynamique (comme les films et les simulations associés aux textes – langage naturel) sur la compréhension de concepts chimiques par les élèves a été étudié dans des recherches plus récentes en chimie (Le

Maréchal, 1999 ; Pekdag et Le Maréchal, 2003a ; Roux et Le Maréchal, 2003 ; Le Maréchal et Bécu-Robinault, 2006).

4.4.3 Questions et enjeux pour la didactique

Le niveau de la description des phénomènes et de l'expérimental est essentiel en didactique de la chimie quelles que soient les formes de représentation plus ou moins concrètes utilisées. En effet, selon la démarche inductive²³ (fréquente dans l'enseignement de la chimie et notamment préconisée dans le programme du second degré de l'enseignement secondaire en Belgique), ce niveau constitue très certainement une porte d'entrée primordiale vers l'apprentissage de nouveaux concepts. Il permet de susciter un questionnement chez les étudiants, de donner du sens à l'apprentissage, de développer des compétences essentielles liées à la démarche scientifique comme la manipulation expérimentale, l'observation, la mesure et la description fine et précise du phénomène en sélectionnant le vocabulaire spécifique. Ce dernier point est loin d'être évident en cours d'apprentissage car il n'y a pas de relation directe et évidente entre l'expérience et le phénomène et, comme le rappelle très justement Martinand (1996, p. 15), « *les adultes instruits ne se rendent pas compte que les apprenants ne 'lisent' pas (ne 'décrivent' pas) comme eux la réalité.* ».

Étant donné que le niveau phénoménologique est davantage lié à la vie quotidienne que les autres, c'est le niveau pour lequel les représentations initiales, parfois erronées, sont abondantes. C'est cette dimension que Martinand (1996) intègre dans le vocable « **réfèrent empirique** ». Or, on connaît, depuis les travaux de Giordan et de Vecchi (1987, 1994), l'impact parfois désastreux des représentations initiales erronées sur l'apprentissage si elles ne sont pas prises en considération dans l'enseignement.

Pour le niveau phénoménologique, l'enseignant est également responsable des choix qu'il opère dans la gamme des phénomènes à présenter. Quelles substances présenter ? Quelles propriétés mettre en évidence ? Quelles expériences réaliser ? Quels phénomènes mettre en lumière pour induire les théories, les concepts, les modèles que les étudiants seront amenés à maîtriser ? En résumé, quel bagage phénoménologique les élèves et les étudiants devraient-ils posséder ?

²³ Une démarche inductive consiste à induire de nouveaux concepts et de nouvelles notions à partir de l'observation de phénomènes alors qu'une démarche déductive part de l'explication des concepts et des notions et les illustre en exploitant le niveau phénoménologique.

En outre, les systèmes sémiotiques utilisés dans le niveau phénoménologique sont nombreux. Notamment les schémas. D'après Arnaud (1988, p. 579), « *chaque fois que l'on introduit un schéma dans une séquence d'enseignement, il conviendrait de savoir quel objectif particulier est visé : décrire, informer, faire comprendre ou favoriser la fixation [...] et s'efforcer à la congruence effective entre les objectifs et les moyens mis en œuvre.* ».

Enfin, nous partageons avec Tiberghien *et al.* (2003) une hypothèse qui concerne les modes de représentation : un concept prendrait d'autant plus de sens pour un étudiant qu'il est mis en jeu dans une large variété de modes de représentation.

Or, à l'université, dans le cadre d'un cours magistral, un type de lien particulier est pris en charge très fréquemment par les professeurs. Il s'agit des liens entre les divers systèmes sémiotiques exploités (schéma, graphique...) et le langage naturel. En effet, un schéma, un graphique, un tableau... est en général doublé d'explications fournies oralement par le professeur.

Nous formulons l'hypothèse selon laquelle ces explications seraient peu ou pas notées par les étudiants qui sont centrés sur la PDN de l'autre mode de représentation (schémas, graphiques...). Dès lors, lorsque les étudiants se retrouvent seuls face à leurs notes, l'établissement de ce lien particulier leur incombe. Il resterait probablement non établi pour des étudiants en difficulté.

La première partie de cette hypothèse correspond à une portion de la question 5b proposée dans le chapitre 3.

Question 5b : Comment les étudiants de première année universitaire prennent-ils note des explications orales fournies à propos des divers modes de représentation des phénomènes (schémas, graphiques, tableaux...), des modèles moléculaires et du symbolisme chimique et mathématique notés sur les diapositives et/ou au tableau ?

4.5 Niveau moléculaire

4.5.1 Description

Étudier la chimie, c'est dépasser l'observation et la description des phénomènes pour les interpréter, les expliquer à l'aide des modèles moléculaires et des théories scientifiques qui s'y rapportent. Ces modèles et ces théories devraient à leur tour permettre de prédire les phénomènes. Le niveau de savoir correspondant est le niveau moléculaire ou microscopique

dont l'appréhension passe par une modélisation plus ou moins uniformisée. Ici encore, les termes moléculaire et microscopique très largement utilisés dans la littérature (Barlet et Plouin, 1997 ; Gabel, 1993 ; Mahaffy, 2004) ne conviennent pas parfaitement. Ils seront discutés dans les paragraphes qui suivent.

La **représentation des phénomènes à l'échelle microscopique**, c'est-à-dire à l'échelle des entités en jeu, correspond à ce que certains auteurs appellent l'échelle moléculaire. On pourrait donc parler de niveau moléculaire, la molécule étant une entité très fréquente en chimie. Ce terme apparaît néanmoins comme restrictif dès qu'on s'intéresse aux propriétés et à la structure des métaux, des non-métaux et des solides cristallins puisque les entités qui les constituent sont alors des atomes et des ions mono ou polyatomiques.

Ce niveau est encore appelé **niveau particulière** par certains auteurs (Gabel, 1993 ; Piacenza et Roletta, 1994), **registre nanoscopique** par d'autres (Vermaat *et al.*, 2003 ; Dumon et Laugier, 2005) ou encore **niveau submicroscopique** (Johnstone, 1991). De tous ces mots liés à l'ordre de grandeur, nous préférons le terme « microscopique » qui renvoie à la seconde définition de l'adjectif : très petit, minuscule. En effet, le terme *particulare*, qui fait référence à la notion de particule (élémentaire) pourrait induire les étudiants en erreur puisque atomes, molécules et ions ne sont pas des particules élémentaires, qui seraient, selon l'acception actuelle, des particules subatomiques²⁴. L'expression *registre nanoscopique* semble quant à elle trop limitative, car elle renvoie à l'ordre de grandeur des entités, alors que l'ordre de grandeur des atomes et de certains ions répond plutôt à l'Angström, c'est-à-dire au dixième de nanomètre. Quoi qu'il en soit, le préfixe « nano » fait référence, depuis quelques années, à un pan de la chimie et de la technologie d'une grande importance et en pleine expansion.

La représentation microscopique correspond à l'échelle de « l'infiniment petit », donc à un niveau non observable, les atomes et la majorité des ions et molécules²⁵ qui composent la matière et qui réagissent ensemble lorsqu'elle se transforme n'étant ni visibles à l'œil nu, ni même à l'aide de microscopes qu'ils soient optiques ou électroniques. Cependant, depuis les années 80, des images de molécules peuvent être obtenues par microscopie à effet tunnel pour une molécule adsorbée sur une surface, par exemple. Certes, ces images sont de plus en plus courantes, mais n'ont jusqu'à présent que peu pénétré les cours de chimie.

²⁴ Le terme *particule élémentaire*, qui désignait à l'origine toute particule indivisible, a perdu aujourd'hui de sa valeur, depuis que les scientifiques ont montré que la plupart de ces particules comme les protons et les neutrons sont elles-mêmes composées d'entités comme les quarks.

²⁵ À l'exception des polymères « géants » naturels ou de synthèse.

La structure microscopique peut également être déduite partiellement et de manière indirecte à partir de résultats expérimentaux qui font appel à de nombreuses techniques comme la résonance magnétique nucléaire, la spectroscopie infrarouge, la spectrométrie de masse, la diffraction des rayons X... Évidemment, il existe des échelles encore beaucoup plus petites comme celle des particules élémentaires. Il convient dès lors d'avoir en tête quelques ordres de grandeur en guise de points de repère.

Au vu de ce qui précède, il apparaît qu'aucun terme de la langue française ne permet de décrire à lui seul parfaitement ce niveau de l'interprétation des phénomènes, ni « microscopique » puisqu'il faut préciser le sens du mot, ni « moléculaire » car il est impératif d'expliciter l'aspect restrictif de « moléculaire ». Sur le plan de la didactique, on comprend qu'il convient dès lors, en tant qu'enseignant, d'expliciter largement et fréquemment les termes utilisés, leur sens et leurs limites.

Dans le cadre de cette thèse, nous utiliserons préférentiellement le terme « moléculaire » qui renvoie à une spécificité de la chimie, mais quand ce niveau ne concerne pas des molécules (par exemple des ions comme dans le cas de la dissolution d'un sel), nous préfererons le terme « microscopique ».

Dans la littérature, le niveau moléculaire est probablement le plus exploré des trois niveaux de savoir. En effet, il a fait l'objet d'une panoplie de travaux centrés sur le concept de la modélisation (Guichard, 1992 ; Martinand, 1992 ; Tiberghien, 1994 ; Larcher, 1996 ; Simon, 1998 ; Le Maréchal et Bécu-Robinault, 2006 ; Sensevy et Santini, 2006), une activité essentielle à développer dans le cadre de l'apprentissage des sciences en général et de la chimie en particulier.

4.5.2 Mode de représentation

Puisqu'il est « invisible » ou difficilement perceptible, le niveau moléculaire, pour être appréhendé, fait appel à des modèles grossissants à trois dimensions, construits à l'aide de boules et de bâtonnets, par exemple, ou à des dessins de ces modèles. Depuis quelque temps d'ailleurs, des modèles peuvent être représentés sur l'écran d'un ordinateur, grâce à l'infographie. Ils permettent de les visualiser en trois dimensions et en mouvement. Une construction faite d'un ensemble de boules et de bâtonnets est un modèle éclaté qui montre l'orientation des atomes les uns par rapport aux autres et l'angle entre les liaisons alors qu'une association de boules uniquement (sans les bâtonnets) représente une molécule ou un réseau cristallin et correspond à un modèle appelé compact. La nature des atomes en jeu dans les

modèles moléculaires peut le plus souvent être déduite de la couleur attribuée aux boules qui répond à une codification²⁶. Une limite inhérente aux modèles moléculaires est leur aspect statique. Or, les molécules et les atomes à l'intérieur des molécules sont évidemment toujours en mouvement (translationnel, rotationnel et vibrationnel), ce que les modèles ne font pas apparaître. Ces modèles constituent cependant « la moins mauvaise image » de ce que l'on pourrait voir en agrandissant le niveau moléculaire. À ce titre, le système sémiotique utilisé pour représenter ce niveau est d'ordre iconographique, c'est-à-dire qu'il renvoie à l'objet ou au phénomène au moyen d'une ressemblance avec celui-ci. Pourtant, Simon (1998) précise que ces modèles moléculaires qui sont largement exploités dans l'enseignement de la chimie sont souvent considérés à tort par les élèves et probablement aussi par les étudiants comme des maquettes alors qu'ils devraient conserver le statut de modèle. En effet, ces représentations mettent en lumière un certain nombre de facettes pour tenter de décrire la réalité mais en excluent d'autres, toutes aussi fondamentales, comme le vide intramoléculaire ou la distribution continue de densité électronique ou encore le nombre d'entités qu'elles peuvent représenter. Effectivement, étant donné le nombre impressionnant d'entités présentes dans un petit morceau de matière, le modèle moléculaire ne montre qu'une infime portion de celle-ci. Les modèles ne reflètent donc pas le point de vue quantitatif ; seules les proportions (l'aspect stoechiométrique) peuvent être illustrées.

Enfin, soulignons que les images obtenues par la technique de microscopie à effet tunnel pourraient à l'avenir être davantage exploitées dans l'enseignement. Ces images seraient alors considérées comme des « dessins » des molécules et pourraient dès lors changer le statut du mode de représentation moléculaire.

Dans la suite, plusieurs exemples issus des cours magistraux sur lesquels nous nous sommes penchée illustrent diverses présentations du niveau moléculaire.

Dans le modèle du tableau 4.7, les boules vertes représentent les ions chlorures, les mauves figurent les ions sodium et les traits correspondent aux liaisons ioniques entre les entités. Ce modèle qui représente approximativement 10^{-21} gramme de sel NaCl corrobore nos propos au sujet des quantités de matière illustrées par les modèles.

²⁶ Le code couleur est le suivant : atome de carbone (C) - gris ou noir, atome d'oxygène (O) - rouge, atome d'azote (N) - bleu, atome de soufre (S) - jaune, atome de phosphore (P) - orangé, atome d'hydrogène (H) - blanc ou non représenté.

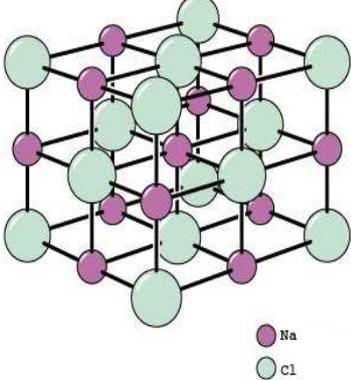
Identification du cours magistral	Présentation du ou des modèles	Systèmes sémiotiques
Solubilité Janvier 2005	<p><u>LE MESSAGE SUR UNE DIAPOSITIVE</u></p>  <p><i>Modèle éclaté en trois dimensions du réseau cristallin de NaCl, le sel chlorure de sodium.</i></p>	Schéma, écriture symbolique Langage naturel

Tableau 4.7 : Exemple de modèle moléculaire issu des cours magistraux analysés

La modélisation de la dissolution présentée dans le tableau 4.8 représente un fragment de grain de chlorure de sodium en contact avec de l'eau. Deux ions, un cation et un anion, sont passés en solution et se retrouvent solvatés, c'est-à-dire entourés d'une couronne de molécules d'eau orientées en fonction de la charge des ions²⁷.

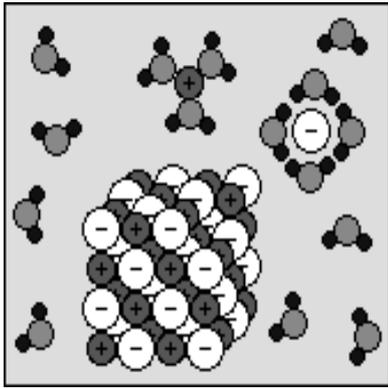
Identification du cours magistral	Présentation du ou des modèles	Systèmes sémiotiques
Solubilité Janvier 2005	<p><u>LE MESSAGE SUR UNE DIAPOSITIVE</u></p>  <p><i>Modèle de la dissolution du NaCl</i></p>	Schéma, écriture symbolique Langage naturel

Tableau 4.8 : Exemple de modèle moléculaire issu des cours magistraux analysés

²⁷ Cette modélisation de la description du phénomène de dissolution est en fait constituée d'un ensemble de modèles : le réseau cristallin, la molécule d'eau, les ions solvatés.

La particularité du dessin du tableau 4.8 réside dans le fait que le fragment de réseau cristallin apparaît en trois dimensions alors que les ions solvatés ne sont modélisés qu'à deux dimensions. Le modèle ne traduit pas les quantités, ni d'ions, ni de molécules de solvant, mais bien les proportions. En effet, un cation est associé à un anion dans le réseau cristallin. En revanche, la proportion de molécules d'eau de solvation par ion n'a pas été rigoureusement vérifiée dans ce modèle, ce qui pédagogiquement ne modifie en rien l'intérêt du modèle puisque l'accent n'est pas mis sur ce point particulier.

À travers ces deux exemples, on voit que le même sel chlorure de sodium peut être représenté par deux types de modèles différents : l'un éclaté, l'autre compact. Ils sont tous deux exploités pédagogiquement selon les caractéristiques que l'enseignant souhaite mettre en évidence, soit la présence des liaisons et leur géométrie, soit la forme globale.

Le modèle du tableau 4.9 correspond au phénomène de solvation des cations et des anions. Il est plus précis que le précédent car les charges partielles portées par chacune des molécules d'eau ainsi que la différence de grosseur des deux types d'ions sont indiquées. En revanche, le nombre de molécules d'eau qui solvatent l'ion n'est pas plus précis que dans l'exemple précédent et le modèle est réducteur notamment par sa présentation plane et par l'absence de mouvement de l'ensemble de ces entités.

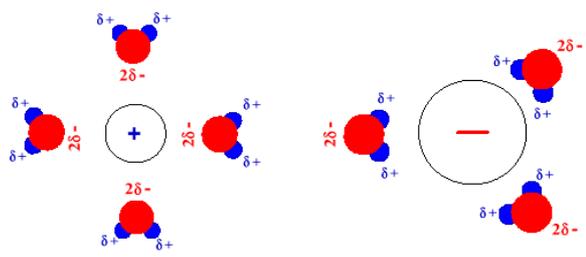
Identification du cours magistral	Présentation du ou des modèles	Systèmes sémiotiques
Solubilité Décembre 2006	<p style="text-align: center;"><u>LE MESSAGE SUR UNE DIAPOSITIVE</u></p> 	Schéma, écriture symbolique Langage naturel

Tableau 4.9 : Exemple de modèles moléculaires issus des cours magistraux analysés

Les représentations moléculaires reprises dans le tableau 4.10 illustrent globalement la dissolution d'un alcool soluble dans l'eau. La première représentation à gauche correspond au solvant (l'eau), celle du milieu est un modèle pour le soluté liquide (le méthanol) et celle de droite montre la solubilisation du soluté dans le solvant. Les pointillés représentent les

interactions intermoléculaires, ici les ponts hydrogène présents à la fois au sein du solvant, du soluté et dans la solution.

Dans ces modèles, les molécules de solvant et de soluté sont figées alors que dans la réalité les molécules sont en mouvement, donc les interactions intermoléculaires se font et se défont continuellement. Il s'agit d'une des limites de ces modèles statiques.

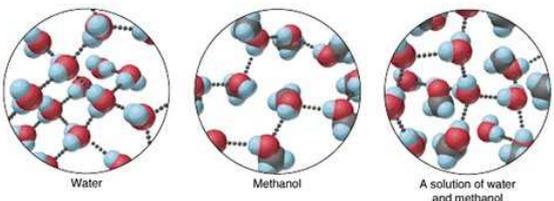
Identification du cours magistral	Présentation du ou des modèles	Systèmes sémiotiques
Solubilité Décembre 2006	<p data-bbox="448 640 863 667"><u>LE MESSAGE SUR UNE DIAPOSITIVE</u></p>  <p data-bbox="448 954 826 981">Modèles de la dissolution du méthanol</p>	Schéma Langage naturel

Tableau 4.10 : Exemple des modèles moléculaires issus des cours magistraux analysés

Le schéma présenté dans le tableau 4.11 fait apparaître le modèle d'un soluté solide (les boules bleues). L'état solide est suggéré par la disposition ordonnée des boules bleues et la faible distance entre elles. Comme, dans ce schéma, la nature du soluté importe peu, on constate l'extrême simplification de la représentation du soluté par rapport aux modèles des solutés représentés dans les exemples précédents. Il en est de même pour la représentation moléculaire du solvant réduit à l'agrégation d'un ensemble de boules roses, les entités constitutives du solvant ne sont pas représentées. Ce modèle simplifié est cependant pertinent eu égard aux notions que le schéma vise à mettre en évidence : le bilan thermodynamique de la dissolution d'un soluté dans un solvant. Toutefois, ces changements de précision dans la représentation des espèces chimiques, la pertinence d'un modèle en fonction de sa visée, les limites d'un modèle liées à son mode de représentation méritent d'être clairement soulignés et d'être portés à l'attention des étudiants.

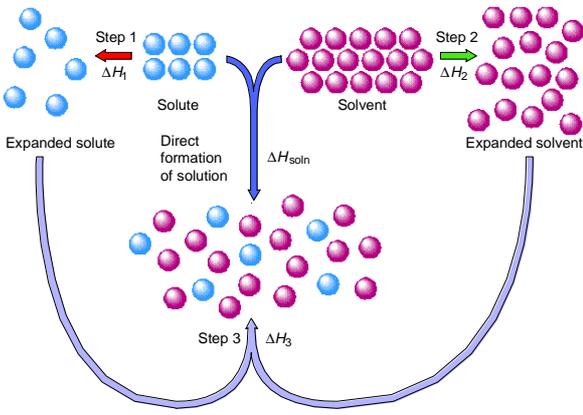
Identification du cours magistral	Présentation du ou des modèles	Systèmes sémiotiques
Thermodynamique Mars 2007		Schéma, écriture symbolique Langage naturel

Tableau 4.11 : Exemple de modèles moléculaires issus des cours magistraux analysés

Pour commenter les deux dessins du tableau 4.12, nous nous sommes inspirée de Arnaud (1988) qui critique un schéma semblable. Il s'agit d'un liquide en équilibre avec sa vapeur, enfermés dans une enceinte subissant une pression par l'intermédiaire d'un piston. Il s'agit d'un état statique, mais la flèche, au dessus du piston, suggère un mouvement. Le gaz et le liquide à l'intérieur du récipient sont figurés de manière symbolique et non descriptive (les molécules réelles sont énormément plus nombreuses et plus petites que les boules). Arbitrairement, seul le gaz qui se vaporise est représenté et l'air probablement déjà présent (un mélange de gaz), ne l'est pas, ni d'ailleurs l'air extérieur responsable de la pression exercée sur le piston. Les molécules en phase gazeuse et celles du liquide sont en mouvement ; or, seul le mouvement des premières est suggéré...

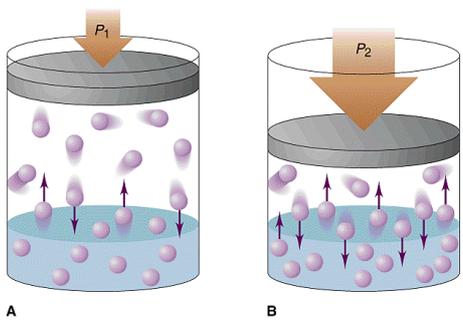
Identification du cours magistral	Présentation du ou des modèles	Systèmes sémiotiques
Thermodynamique Mars 2007		Schéma et écriture symbolique

Tableau 4.12 : Exemple de modèles moléculaires issus des cours magistraux analysés

L'ensemble des modèles présentés dans le tableau 4.13 tente d'expliquer l'augmentation de l'entropie d'un composé lorsqu'il passe de l'état solide à l'état liquide et ensuite à l'état gazeux. Pour cela, il faut associer les modèles des deux entités constitutives du composé et leurs degrés de liberté (les trois modèles du haut) avec l'état qui leur correspond (les trois modèles du bas). On observe dans ce modèle une représentation par des flèches des mouvements de translation, de vibration et de rotation déjà évoqués plus haut comme une limite de la représentation par modèles moléculaires.

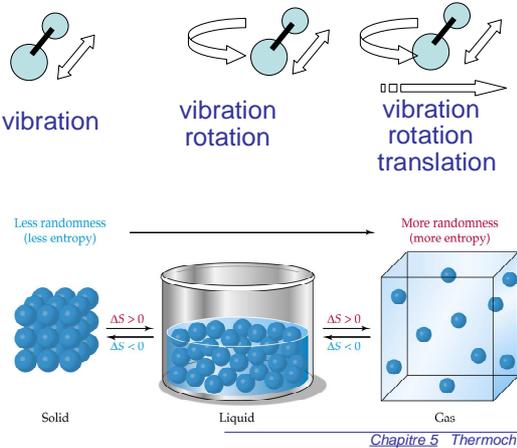
Identification du cours magistral	Présentation du ou des modèles	Systèmes sémiotiques
Thermodynamique Février 2007	<p>Notion d'entropie</p> 	Représentation iconique et écriture symbolique Langage naturel

Tableau 4.13 : Exemple de modèles moléculaires issus des cours magistraux analysés

Lorsque les modèles exploités dans les cours de chimie sont intégrés dans les structures cognitives des apprenants et qu'ils sont mémorisés, leur simple évocation sous la forme d'une image mentale devrait permettre aux étudiants de se représenter le niveau moléculaire de la matière. À ce titre, ils constituent des outils incontournables mais, pour qu'ils soient utilisés à bon escient, le statut de modèle et les limites associées à chacun d'eux devraient être parfaitement assimilés.

4.5.3 Questions et enjeux pour la didactique

Nous venons de voir, à travers la présentation des exemples empruntés aux cours magistraux, que le niveau moléculaire est lié à la modélisation. Or, l'utilisation des modèles constitue en didactique un enjeu de taille, notamment celui d'en faire percevoir les trois caractéristiques (Martinand, 1996) :

- ils sont hypothétiques, c'est-à-dire qu'ils sont basés sur une ou plusieurs hypothèses explicatives ;
- ils sont modifiables ;
- ils sont pertinents pour certains problèmes dans certains contextes, autrement dit, leur champ de validité est limité.

Il conviendrait donc en tant qu'enseignant d'insister sur ces caractéristiques lors de l'utilisation des modèles en chimie et de pratiquer avec ses élèves et ses étudiants ce que Martinand (1996) appelle la 'métamodélisation', en réfléchissant ensemble à la valeur des modèles, leur portée, leurs limites, leur pertinence pour expliquer ou décrire, en comparant avec les étudiants différents modèles.

De plus, comme pour le niveau phénoménologique, les étudiants disposent parfois de leurs propres modèles (préconceptions) pour expliquer les phénomènes. Il s'avèrerait donc crucial que l'enseignant explique les changements de modèles et également de concepts que les étudiants doivent opérer.

En outre, passer du niveau phénoménologique où la matière est continue (25 cl d'eau, dix grammes de chlorure d'argent), au niveau moléculaire où la matière est discontinue (un ensemble de molécules d'eau, un ensemble de cations et d'anions associés par électrovalence) implique une réelle capacité d'abstraction et un processus de conceptualisation relativement complexe qui ne coulent pas de source. Accéder au niveau moléculaire nécessite « *la mobilisation d'une pensée structurée capable de rendre l'invisible à la fois intelligible et cohérent.* » (Barlet et Plouin, 1994, p. 29). Cette démarche implique le dernier stade du développement cognitif appelé par Piaget « opérationnel formel » (Herron, 1975). Il s'agit du niveau intellectuel qui implique la capacité de pensée abstraite ainsi que la pensée logique, hypothético-déductive. Des évaluations internationales convergent pour affirmer que le nombre d'étudiants qui accèdent à ce niveau a été longtemps surestimé et qu'il n'excède pas 50% à la fin des études secondaires (Barlet et Plouin, 1997). Montagné (1992) a cependant pu montrer que l'évolution de la pensée opérationnelle formelle se poursuit à l'université et qu'il y a sur ce plan interaction entre la formation et la capacité formelle, même après l'adolescence. En conséquence, ces difficultés potentielles sont certainement à prendre en compte dans l'enseignement de la chimie, même en première année universitaire.

Enfin, une difficulté supplémentaire qui concerne le passage entre les niveaux phénoménologique et moléculaire est liée au fait que ce qui est visible macroscopiquement ne

reflète pas nécessairement ce qui se passe au niveau moléculaire. Par exemple, dans une solution saturée en sel, la stationnarité macroscopique (la solution reste hétérogène et on n'observe pas de mouvement) occulte souvent, dans l'esprit des étudiants, la cinétique moléculaire des réactions de dissolution et de précipitation du sel qui se poursuivent à des vitesses devenues égales. Expliciter clairement ces rapports dialectiques entre les niveaux de savoir constituerait certainement une piste didactique pour favoriser la compréhension et l'assimilation des concepts en chimie.

Pour terminer, nous reprenons l'hypothèse exposée pour le niveau phénoménologique. Les explications à propos des modèles moléculaires fournies oralement par le professeur lors du cours magistral seraient peu ou pas notées par les étudiants parce qu'ils se concentrent sur la PDN des modèles moléculaires inscrits simultanément par le professeur au tableau ; il s'agit également d'un résultat de notre travail (*cf.* point 8.5.5). Dès lors, lorsque les étudiants se retrouvent seuls face à leurs notes, ils doivent retrouver les explications correspondant à ces modèles. Les étudiants en difficulté ne se remémorent probablement pas à ces explications lors de l'étude. Lors de la séance sur la prise de notes dans le cadre d'un séminaire de méthodologie du travail universitaire²⁸, la seconde partie de cette hypothèse a très largement été observée.

Comme pour le niveau phénoménologique, la première partie de cette hypothèse se rapporte à une portion de la question 5b formulée dans le chapitre 3.

Questions 5b : Comment les étudiants de première année universitaire prennent-ils note des explications orales fournies à propos des divers modes de représentation des phénomènes (schémas, graphiques, tableaux...), des modèles moléculaires et du symbolisme chimique et mathématique notés sur les diapositives et/ou au tableau ?

²⁸ En 2008-2009, la Faculté des Sciences de Namur nous a confié la mise en place d'un séminaire de méthodologie du travail universitaire à l'attention des étudiants inscrits en Bac 1 biologie. Ce séminaire de 14 heures a été intégré dans l'horaire des étudiants. Huit séances ont été proposées sur les thèmes suivants : prendre des notes, prendre conscience des exigences des professeurs, se créer un support de cours, étudier un cours, comprendre en profondeur, organiser son temps et son étude.

4.6 Niveau de l'écriture symbolique

4.6.1 Description

Étudier et enseigner la chimie, c'est également traduire le niveau phénoménologique et le niveau moléculaire par l'écriture symbolique, tant d'un point de vue qualitatif que d'un point de vue quantitatif. À cette fin, un symbolisme spécifiquement chimique est souvent combiné au symbolisme de base utilisé en mathématiques.

L'écriture symbolique chimique correspond au système de symboles propres à cette discipline dont la signification est fixée conventionnellement par un formalisme précis qui émane des recommandations de l'IUPAC²⁹ depuis 1988 et qui ont été confirmées en 1993 (Mills, 1993). Toutefois, certains auteurs d'ouvrages d'enseignement utilisent parfois des symboles légèrement ou même complètement différents de ceux recommandés par l'IUPAC.

L'écriture symbolique a une signification à la fois aux niveaux moléculaire et phénoménologique. Par exemple, dans le cas de l'équation de réaction, elle peut représenter au niveau phénoménologique « *le processus qui a pour résultat la conversion d'une ou de plusieurs espèces chimiques en une ou plusieurs autres espèces chimiques* » alors que sur le plan moléculaire, elle se définit comme « *le mode de transformation de la matière par lequel les liaisons entre les atomes des réactifs se réarrangent, se redistribuent, pour donner des liaisons nouvelles dans les produits* » (Barlet et Plouin, 1994, p. 53). En ce qui concerne la composition de la matière, le symbolisme renvoie pour niveau phénoménologique aux éléments, aux composés inorganiques et organiques et pour le niveau moléculaire aux atomes, aux molécules, aux ions et même aux protons (H^+) et aux électrons (e^-).

Cette notation symbolique correspond également à une modélisation dans le sens où le symbolisme tente de décrire, en partie, une réalité chimique. Et comme tout modèle, le symbolisme présente des limites. Telle ou telle représentation est exploitée en fonction de l'explication à mettre en évidence ou du degré de complexité de la réalité qu'elle tente de déplier. Le choix est en général piloté par ce que le professeur souhaite mettre en évidence. Il choisit souvent un compromis entre une représentation symbolique simplifiée et partielle donc incomplète et une écriture complexe qui intègre un maximum de dimensions. L'écriture simplifiée utilisée permet d'expliquer le phénomène et cache temporairement les autres facettes qui apparaissent alors de manière implicite.

²⁹ IUPAC : International Union for Pure and Applied Chemistry.

Par exemple, le symbolisme associé à la réaction :



est utilisé pour montrer l'équilibre dynamique entre la phase solide (s) du chlorure d'argent et ses ions en solution aqueuse (aq).

Les limites de cette représentation se situent à la fois dans l'écriture du sel et des ions puisque la formule « AgCl » masque l'existence d'ions Ag^+ et Cl^- dans le chlorure d'argent et que l'écriture de « $\text{Ag}^+_{(aq)}$ » et « $\text{Cl}^-_{(aq)}$ » ne met pas particulièrement en évidence l'existence des molécules de solvation autour de chacun de ces ions. Ces facettes cachées constituent autant d'éléments qui permettent d'expliquer l'entièreté du phénomène et qui devraient être intégrées à la lecture de la réaction. Il s'agit bien d'une écriture simplifiée qui met l'accent seulement sur la dissolution partielle du sel.

Un autre exemple est celui de l'écriture symbolique d'un composé organique. De nombreuses écritures peuvent être adoptées : la formule brute du composé qui décrit la composition du composé en termes de nature et de nombre d'atomes différents qui le constituent, la formule développée plane qui met en évidence la manière dont les atomes sont liés et le type de liaisons qui les unissent, la représentation en perspective qui tente de montrer l'orientation des atomes dans l'espace. Le choix de l'écriture se fait en fonction des caractéristiques du composé à mettre en évidence.

En guise d'illustration, nous présentons quelques extraits des cours magistraux centrés sur l'utilisation du symbolisme.

L'écriture symbolique présentée dans le tableau 4.14 est appelée équation de réaction de la dissolution du chlorure d'argent. Il s'agit du **symbolisme** associé au phénomène de dissolution du sel d'argent, phénomène pour lequel l'équation chimique est considérée comme la **modélisation** du **phénomène**. Cette rigueur dans les termes utilisés qui distinguent bien les trois niveaux de représentation émane du nouveau programme de la classe de seconde en France (Davous *et al.*, 1999).

Identification du cours magistral	Présentation de l'écriture symbolique utilisée	Systèmes sémiotiques
Solubilité Décembre 2006	<p><u>LE MESSAGE SUR UNE DIAPOSITIVE</u></p> $\text{AgCl}_{(s)} \rightleftharpoons \text{Ag}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$	Écriture symbolique chimique Langage naturel

Tableau 4.14 : Exemple d'écriture symbolique issue des cours magistraux analysés

Dans l'équation de réaction du tableau 4.14 :

- les symboles inscrits à gauche de la double flèche « \rightleftharpoons » correspondent par convention aux réactifs, ceux écrits à droite du même symbole représentent les produits de la réaction. L'ensemble de la ligne constitue l'écriture symbolique d'une réaction de dissolution du sel dans l'eau ;
- l'indice « (s) » signifie que le composé est solide ;
- l'indice « (aq) » signifie que chacun des ions est en solution aqueuse où chaque ion est en interaction avec des molécules d'eau orientées en fonction de sa charge. Chaque ion est ainsi solvato. La couronne de solvation n'est pas représentée dans l'écriture de la réaction ;
- le symbole « \rightleftharpoons » indique que pour une solution saturée en chlorure d'argent, le soluté solide et les ions coexistent et que le système est un équilibre dynamique, c'est-à-dire que les entités passent continuellement de la forme dissoute à l'état solide.

Le sel chlorure d'argent se représente par la formule chimique **AgCl** où :

- « Ag » est le symbole chimique de l'élément argent (conventionnellement, la première lettre est toujours une majuscule et la deuxième, s'il y en a une, est notée en minuscule). Au-delà de la rigueur apparente de ces conventions se cache la qualité de la communication. Un non-respect des règles peut en effet conduire à commettre des erreurs grossières. Ainsi, Co est l'élément cobalt alors que « CO » où la seconde lettre est une majuscule correspond au monoxyde de carbone (un composé gazeux dans les conditions standard de température et de pression) et non au cobalt (un élément métallique dans ces mêmes conditions) ;
- « Cl » est le symbole chimique de l'élément chlore.

Il s'agit bien d'une représentation modélisante réductrice dont les limites sautent aux yeux puisque le sel est représenté de manière symbolique par une formule moléculaire alors

qu'il n'existe pas sous la forme de molécules mais sous la forme d'un réseau cristallin, dans lequel les cations sont associés aux anions, par liaisons ioniques, dans un réseau structural en trois dimensions dont la géométrie lui est propre. Il faudrait représenter le chlorure d'argent par l'entité primitive Ag^+Cl^- . Et, même en prenant cette précaution au niveau de la représentation de la structure, on réalise une simplification quantitative puisqu'il faudrait encore préciser que cette entité se reproduit un très grand nombre de fois, dans les trois dimensions. Une mole de ce sel, soit environ 143 grammes, contient, en effet, $6 \cdot 10^{23}$ entités primitives.

Remarquons que dans l'équation de la réaction de dissolution du sel chlorure d'argent, le solvant n'intervient ni en tant que réactif ni en tant que produit de la réaction puisque les interactions entre le solvant et le soluté sont de type intermoléculaires et que les molécules d'eau restent inchangées au cours de la réaction.

L'exemple du tableau 4.15, emprunté au même cours magistral, correspond à une autre équation de réaction de dissolution.

Identification du cours magistral	Présentation de l'écriture symbolique utilisée	Systèmes sémiotiques
Solubilité Décembre 2006	<u>LE MESSAGE SUR LE TABLEAU</u> $\text{PbI}_2 \text{ (s)} \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+} \text{ (aq)} + 2 \text{I}^- \text{ (aq)}$	Écriture symbolique chimique Langage naturel

Tableau 4.15 : Exemple d'écriture symbolique issue des cours magistraux analysés

À partir de cette équation, l'accent peut être mis sur les quantités relatives :

- le nombre stoechiométrique³⁰ « 2 » devant l'ion iodure signifie que lorsque l'iodure de plomb se dissocie, le nombre d'anions iodures en solution est le double de celui des cations plomb.

À ce symbolisme spécifiquement chimique s'ajoute dans les cours magistraux de chimie générale un symbolisme mathématique ou algébrique comme le montre l'exemple du tableau 4.16.

³⁰ En France, l'expression 'coefficient stoechiométrique' est désormais abandonnée au profit de 'nombre stoechiométrique'. Les nombres stoechiométriques ne s'interprètent en effet pas comme des rationnels ainsi que pourrait le laisser entendre le mot 'coefficient' (Lamazou *et al.*, 1999).

Identification du cours magistral	Présentation de l'écriture symbolique utilisée	Systèmes sémiotiques
Solubilité Décembre 2006	<p><u>LE MESSAGE SUR UNE DIAPOSITIVE</u> Réactions de précipitation</p> $\text{Ag}_2\text{CrO}_{4(s)} + 2 \text{NaCl}_{(aq)} \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{CrO}_{4(aq)} + 2 \text{AgCl}_{(s)}$ <p style="text-align: center;"><i>Réaction moléculaire</i></p> $\text{Ag}_2\text{CrO}_{4(s)} + 2 \text{Cl}^-_{(aq)} \rightleftharpoons \text{CrO}_4^{2-}_{(aq)} + 2 \text{AgCl}_{(s)}$ <p style="text-align: center;"><i>Réaction ionique</i></p>	Écriture symbolique Langage naturel

Tableau 4.17 : Exemple d'écriture symbolique utilisée dans les cours magistraux analysés

Dans la portion de diapositive reprise dans le tableau 4.18, de nombreux symboles de grandeurs ou de constantes apparaissent dans les deux lois. Certains de ces symboles sont explicités dans la diapositive projetée avant mais seul le symbole « v » est explicité sur la diapositive dont il est question. Pour comprendre les informations contenues dans la diapositive, il faut être capable de traduire chacun des symboles qu'elle renferme afin de pouvoir ensuite expliquer et appliquer la loi ébullioscopique ($\Delta T = v m K$) et l'expression de la pression osmotique ($\pi = v C R T$).

Identification du cours magistral	Présentation de l'écriture symbolique utilisée	Systèmes sémiotiques
Propriétés colligatives Décembre 2006	<p><u>LE MESSAGE SUR UNE DIAPOSITIVE</u> Propriétés colligatives des solutions d'électrolyte</p> <p>Facteur de van't Hoff, “v”, représente le nombre d'ions par formule unitaire.</p> <p style="text-align: center;">$\text{NaCl} = 2, \text{K}_2\text{SO}_4 = 3$</p> <p style="text-align: center;">$\Delta T = v m K$ $\pi = v C R T$</p>	Écriture symbolique chimique et mathématique Langage naturel

Tableau 4.18 : Exemple d'écriture symbolique utilisée dans les cours magistraux analysés

Or, la recherche FNRS portant sur la communication pédagogique dans les exposés de chimie à l'université (Houart *et al.*, 2007) montre qu'à la fin d'un cours *ex cathedra*, une majorité d'étudiants est incapable, même à l'aide de leurs notes de cours, de traduire correctement le symbolisme spécifique présenté pendant la leçon, *a fortiori* pour les grandeurs nouvellement introduites, pour les symboles dont la signification varie selon le

chapitre abordé, comme c'est le cas par exemple pour R (constante des gaz parfaits, constante de Rydberg, rendement de la réaction) ou m (masse, molalité) ou encore C (concentration molaire, concentration massique) et pour les symboles dont la majuscule et la minuscule sont utilisées pour représenter à des grandeurs différentes telles que la température (T) et le temps (t).

Le tableau 4.19 fait apparaître le symbolisme du mécanisme réactionnel de la substitution nucléophile de l'ion hydroxyde à l'ion bromure³¹. Dans ce symbolisme, plusieurs lectures devraient être opérées : celle du changement de configuration entre le réactif et le produit dans le cas où le carbone central porte quatre ligands différents et celle de la géométrie plane des trois liaisons du carbanion dans le complexe activé.

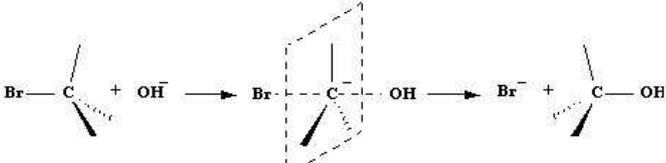
Identification du cours magistral	Présentation de l'écriture symbolique utilisée	Systèmes sémiotiques
Cinétique Avril 2007	<p><u>LE MESSAGE SUR UNE DIAPOSITIVE</u></p> <p>Mécanisme via complexe activé</p> 	<p>Écriture symbolique</p> <p>Langage naturel</p>

Tableau 4.19 : Exemple d'écriture symbolique utilisée dans les cours magistraux analysés

Dans l'exemple du tableau 4.20, un ensemble de molécules d'eau sont représentées en trois dimensions. Dans le modèle de gauche, l'écriture symbolique utilisée met surtout l'accent sur les deux types de liaisons présentes dans ce système : les liaisons covalentes intramoléculaires (trait plein) qui unissent l'atome d'oxygène aux atomes d'hydrogène au sein de la molécule d'eau et les liaisons hydrogène intermoléculaires (trait pointillé) qui assurent la géométrie particulière du système analogue au squelette de l'adamantane (la plus petite unité constitutive du diamant). Cette géométrie est davantage mise en évidence dans l'écriture présentée à droite, où seuls les atomes d'oxygène sont représentés, les deux types de liaisons et l'atome d'hydrogène central étant dans ce cas représentés par un trait continu.

³¹ Bien que de nombreux livres de chimie utilisent l'expression « La substitution nucléophile de l'ion bromure par l'ion hydroxyde », nous suivons la recommandation de Wilmet *et al.* (1999) qui se sont tout particulièrement intéressés à l'écriture du français scientifique.

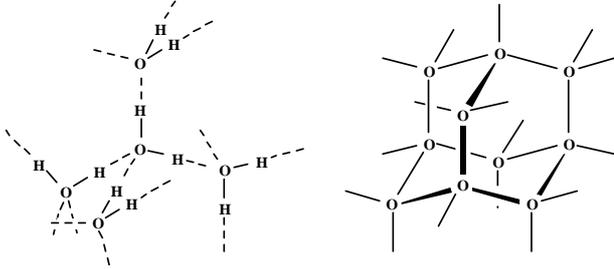
Identification du cours magistral	Présentation de l'écriture symbolique utilisée	Systèmes sémiotiques
Thermodynamique Mars 2007	<p style="text-align: center;"><u>LE MESSAGE SUR UNE DIAPOSITIVE</u></p> 	Écriture symbolique Langage naturel

Tableau 4.20 : Exemple d'écriture symbolique utilisée dans les cours magistraux analysés

4.6.2 Mode de représentation

Le mode de représentation correspondant à l'écriture symbolique est, comme son nom l'indique, d'ordre symbolique ; autrement dit, le symbole renvoie à l'objet ou au phénomène au moyen d'un code, d'une convention disciplinaire, soit chimique, soit mathématique selon la nature du symbole. Toutefois, un certain nombre de pièges sont liés à ce symbolisme comme, par exemple, l'utilisation du même symbole pour des grandeurs ou des notions différentes provenant de disciplines différentes.

Ce symbolisme est doublé d'un langage naturel. Lors d'un cours magistral, le professeur qui inscrit ce symbolisme au tableau traduit simultanément cette écriture symbolique chimique ou mathématique par son énoncé oral. Autrement dit, il procède à une lecture à haute voix du symbolisme qu'il inscrit au tableau sans dire obligatoirement de manière explicite qu'il réalise une traduction.

4.6.3 Questions et enjeux pour la didactique

Le passage de l'observation des phénomènes à l'écriture symbolique n'est pas plus simple pour les étudiants que le passage du niveau phénoménologique au niveau moléculaire. Il suppose à nouveau le recours à une aptitude de conceptualisation dont il serait nécessaire de tenir compte dans l'enseignement de la chimie.

À l'instar des stratégies didactiques proposées pour le niveau moléculaire, il conviendrait aussi de rendre compte des limites du symbolisme utilisé, donc du caractère modélisant de ce niveau de savoir.

Enfin, puisque ce niveau de l'écriture symbolique repose sur un ensemble de conventions établies par les chimistes, un enjeu didactique consisterait à transmettre ces conventions le plus clairement et le plus fréquemment possible dans le cadre des cours magistraux pour permettre aux étudiants d'accéder au décodage de ce symbolisme.

Nous réitérons également l'hypothèse formulée pour les niveaux phénoménologique et moléculaire. Les explications à propos du symbolisme fournies oralement par le professeur lors du cours magistral seraient peu ou pas notées par les étudiants parce qu'ils se concentrent sur la PDN du symbolisme inscrit simultanément par le professeur au tableau. Dès lors, lorsque les étudiants se retrouvent seuls face à leurs notes, la mise en mots de ce symbolisme leur incombe. Les étudiants en difficulté ne réaliseraient probablement pas cette reformulation lors de l'étude (*cf.* point 8.5.5).

Comme pour les niveaux phénoménologique et moléculaire, la première partie de cette hypothèse se rapporte à une portion de la question 5.b émise dans le chapitre 3.

Question 5b : Comment les étudiants de première année universitaire prennent-ils note des explications orales fournies à propos des divers modes de représentation des phénomènes (schémas, graphiques, tableaux...), des modèles moléculaires et du symbolisme chimique et mathématique notés sur les diapositives et/ou au tableau ?

4.7 Langage naturel

Les trois niveaux de savoir de la chimie sont chacun décrits et abordés *via* le langage naturel (oral et écrit). Un certain nombre de difficultés des étudiants en chimie peuvent également trouver leur source dans des problèmes langagiers, soit parce qu'on utilise beaucoup de mots du langage courant pour construire le langage scientifique en leur donnant parfois des sens différents, soit par manque de précision. Par exemple, l'ambiguïté du terme « équilibrer », qu'il se rapporte à l'équation qui dispose de nombres stoechiométriques corrects ou à la réaction qui a évolué vers un état d'équilibre, amène une confusion dans l'esprit des étudiants dans une proportion inattendue. Autre exemple, la confusion entre atome et molécule d'un corps simple, surtout pour des molécules gazeuses diatomiques, reste prégnante dans l'esprit de nombreux étudiants. La conscience de ces risques de confusion existe néanmoins. C'est d'ailleurs en 1975 qu'ont été clairement prescrites, pour les molécules gazeuses diatomiques, des dénominations évoquant leur structure moléculaire

(dichlore, dioxygène, diazote...) au lieu du terme commun ambigu de chlore, oxygène, azote dont on ne sait jamais s'il s'agit de l'élément ou du corps simple (Barlet et Plouin, 1994).

De plus, dans le cadre de notre recherche FNRS (*cf.* chapitre 3, page 17), les différentes analyses menées dans le but d'améliorer la communication pédagogique et dès lors, la compréhension en profondeur de la matière ainsi que les nombreux échanges avec les étudiants (que nous rencontrons lors des entretiens individuels et des travaux dirigés liés au cours de chimie générale) nous ont permis d'épingler une source de difficultés supplémentaires liées au langage naturel qui amènent les étudiants à formuler des réponses erronées. Il s'agit des nombreux raccourcis ou implicites présents dans les exposés oraux des cours magistraux de chimie, comme l'avait déjà souligné Eastes (2006, p. 38) : « *La chimie souffre d'un nombre d'implicites extraordinaire.* ».

Par exemple, alors que l'écriture d'une équation chimique est considérée implicitement par l'enseignant comme la mise en jeu d'un grand nombre de molécules que le chimiste appelle « mole », certains étudiants traduisent cette écriture comme l'interaction entre deux molécules seulement. Ils peuvent par conséquent difficilement envisager que, pour un acide faible, une proportion de molécules se dissocie alors que certaines molécules ne se dissocient pas. Autre exemple, lors du calcul de la solubilité d'une substance à partir de l'écriture du produit de solubilité, l'unité de ce dernier n'est pas mentionnée par l'enseignant et reste de ce fait, implicite. L'explicitation de l'unité de cette constante prendrait en effet énormément de temps et ne faciliterait pas la compréhension de la notion de solubilité par les étudiants.

À travers ces deux exemples, on voit que la communication fonctionne avec des implicites. Néanmoins, alors que certains d'entre eux favorisent la communication et rendent la compréhension du message plus facile (second exemple ci-dessus), d'autres entravent la communication (premier exemple ci-dessus).

Un second projet de recherche, financé par le FNRS³², découle de ce travail de thèse et plus particulièrement de la rédaction de ce chapitre 4, centré sur les trois niveaux de savoir en chimie. Il vise à traiter la difficulté particulière liée aux nombreux raccourcis ou implicites présents dans les exposés oraux. À l'instar de Barlet (1999, p. 1445), nous pensons que « *Pour limiter le poids de l'implicite et pour faire disparaître de nombreuses confusions, une clarification langagière est urgente et constitue un enjeu didactique de tout premier plan.* ».

³² L'équipe de promoteurs (Johan Wouters, François Reniers et Marc Romainville) ainsi que de chercheurs (Nathalie Warzée et Mireille Houart) reste inchangée pour ce second projet inter-université (ULB et FUNDP).

Nous avons dès lors formulé l'hypothèse suivante : l'explicitation de certains implicites présents dans les cours de chimie générale en première année devrait augmenter la compréhension en profondeur des étudiants. Plus concrètement, nous comptons dans un premier temps repérer les implicites qui constituent des obstacles à l'apprentissage et à la compréhension des étudiants dans deux cours magistraux. Ces implicites identifiés, ils seront ensuite catégorisés selon leur nature (s'agit-il d'une omission d'un ou plusieurs mots, d'un lien entre deux niveaux de savoir non établi, d'une absence d'attribution de sens à une écriture conventionnelle...), leur origine (implicites liés à l'utilisation d'un langage professionnel spécifiquement chimique, implicites faisant référence à des notions considérées comme prérequis, implicites liés à l'utilisation de conventions...) et leur incidence sur l'apprentissage (ils facilitent ou ils entravent la compréhension en chimie).

Sur la base de l'identification et de la catégorisation des implicites, une clarification de la notion d'implicites dans un exposé de chimie sera opérée de manière à amener les enseignants chimistes et les étudiants à une meilleure maîtrise de la communication pédagogique à ce niveau-là.

Dans un second temps, la compréhension en profondeur des étudiants au terme des cours magistraux sera comparée sur deux années pour les mêmes cours qui contiennent les implicites et pour lesquels les implicites auront été explicités.

PARTIE I : CONFRONTATION ENTRE LE MESSAGE ET LES NOTES

5	Méthodologie	59
6	Description des messages sources du cours magistral	68
7	Procédure d'analyse des notes des étudiants.....	84
8	Résultats et leur interprétation.....	104
9	Discussion	160
10	Conclusion.....	164
11	Suggestions en termes de comportements pédagogiques.....	166

5 Méthodologie

Dans ce chapitre, nous présenterons la méthodologie utilisée pour confronter le message multicanal transmis par l'enseignant et les différents corpus de prise de notes (PDN) des étudiants en fonction des caractéristiques de la communication.

Elle consistait en quatre étapes distinctes :

1. le recueil des données ;
2. la constitution des échantillons ;
3. le traitement des données brutes qui passe notamment par le développement d'outils d'observation ;
4. l'analyse des données traitées qui est conditionnée par nos questions de recherche.

Ces quatre étapes ont été mises en œuvre pour deux recueils de données. Le premier, réalisé en janvier 2005, correspond à un cours magistral sur la solubilité dispensé aux étudiants des sections chimie et pharmacie. Le second est centré sur un cours magistral portant sur les liaisons intermoléculaires adressé aux étudiants de la section biologie en mars 2005.

5.1 *Recueils de données*

5.1.1 Premier recueil de données

5.1.1.1 Corpus de prise de notes

Pour le premier recueil de données, un professeur, prévenu du travail de recherche et intéressé par les résultats qui pourraient en découler, a accepté qu'une séance de deux heures de son cours sur la solubilité soit filmée. Il n'a pas donné une leçon spéciale pour l'occasion et a annoncé l'expérience aux étudiants en début de séance en leur demandant « d'oublier la caméra ». À la fin du cours, il a été demandé aux étudiants de fournir leurs notes, en leur

assurant bien sûr qu'ils les récupéreront une heure plus tard, le temps d'en faire des copies³³. Le cours était adressé aux 123 étudiants dont 106 *primo* inscrits des sections pharmacie et chimie et nous avons recueilli 96 copies des PDN des étudiants dont 88 *primo* inscrits.

5.1.1.2 Messages transmis lors du cours magistral

À partir de la version filmée du cours magistral, l'énoncé oral du professeur a été retranscrit intégralement. Ensuite, une première catégorisation naïve de cette retranscription a été entreprise. Ainsi, les parties de la leçon où le professeur faisait référence à une diapositive ou à un extrait de vidéo projeté ont été mises en évidence. Les reprises, c'est-à-dire les répétitions et les reformulations, ont également été pointées par un soulignement fin, les parties de l'énoncé expliquant le symbolisme par un soulignement gras, les nombreux commentaires métalinguistiques³⁴ (éléments de structuration qui facilitent la compréhension (Scerbo *et al.*, 1992 ; Rickards *et al.*, 1997 ; Titsworth, 2001)) par un surlignement.

Nous avons enfin transcrit l'ensemble des informations notées au tableau pendant la séance de cours, de manière à respecter au mieux son organisation spatiale. De plus, le diaporama de type PowerPoint exploité pendant la leçon a été fourni par le professeur.

Dans la suite de ce document, les termes **messages sources** font référence à l'ensemble des trois types de messages produits par l'émetteur, l'un oral, les deux autres écrits, correspondant aux supports visuels, les diapositives de type PowerPoint et le tableau. En outre, lorsqu'il s'agit du choix opéré par les étudiants lors de leur PDN, les termes **message source, support ou encore canal** seront utilisés indifféremment pour rendre la lecture plus agréable en évitant trop de répétitions.

5.1.1.3 Questionnaire adressé aux étudiants

Les étudiants ayant suivi le cours magistral enregistré ont également été sollicités pour participer, deux jours plus tard, à une activité leur permettant de valider la qualité de leurs notes à l'aide d'un questionnaire. Cette activité a été placée dans l'horaire, à des heures habituellement dédiées à la remédiation, donc tout à fait facultatives.

Le questionnaire a été conçu en collaboration avec l'enseignant pour la partie concernant les questions sur la matière. Il comprend deux parties. La première permet de

³³ Pour des raisons évidentes de coût, les mises en évidence dans les notes par l'utilisation de couleurs n'ont pas pu être conservées et dès lors analysées dans le cadre de cette recherche.

³⁴ Les termes « commentaires métalinguistiques » seront largement expliqués dans le chapitre suivant.

recueillir de l'information à propos des représentations des étudiants sur l'activité de PDN, dans le cadre spécifique du cours de chimie générale analysé dans ce travail et en particulier pour la leçon qui nous intéresse. Cette partie s'inspire largement des caractéristiques qui influencent la PDN décrites par Piolat (2001). Elle interroge les étudiants sur le but de la PDN, leurs objectifs, les difficultés rencontrées et les stratégies habituelles qu'ils pensent déployer avant, pendant et après les leçons. Une seconde partie concerne la matière. Une question nous renseigne sur le degré de familiarité avec la matière développée lors de la séance de cours. Les autres questions visent à évaluer la capacité des étudiants à exploiter leurs notes pour répondre à des questions de connaissances de trois types sur la matière de la leçon :

- des connaissances factuelles et précises ;
- des connaissances imposant une compréhension ;
- des applications.

Ces questions sont basées sur ce que le professeur pense *a priori* que les étudiants devraient savoir et savoir faire à l'aide de leurs PDN après la leçon, donc sans avoir retravaillé la matière.

Enfin, quelques questions adressées aux étudiants visent à évaluer leur capacité à identifier et à établir des liens entre les trois niveaux de savoir de la chimie. Ces questions constituent en quelque sorte les prémices de celles qui seront posées dans les questionnaires décrits dans la deuxième partie de notre thèse.

Le questionnaire, les réponses aux questions ainsi que la synthèse des réponses fournies par les étudiants sont proposés en annexe³⁵.

Une première compilation des réponses fournies par les étudiants au questionnaire a été réalisée deux jours après sa passation, dans le but d'informer l'enseignant le plus tôt possible des lacunes, des incompréhensions, des erreurs. L'enseignant a pu ainsi intervenir au(x) cours suivant(s) pour pallier les difficultés mises en évidence par le questionnaire. Le document adressé à l'enseignant se trouve également en annexe.

Une analyse plus approfondie des réponses a été réalisée mais n'a pas été exploitée. En effet, pour répondre aux questions de recherche de la deuxième partie de ce travail, nous avons préféré ne tenir compte que des questionnaires confectionnés lors de la recherche

³⁵ Les annexes étant particulièrement volumineuses, nous les présentons sur un CD, joint à notre thèse.

FNRS parce que les questions posées dans ces questionnaires sont plus pertinentes par rapport aux questions de recherche 7 et 8.

5.1.1.4 Canevas d'entretien avec l'enseignant

Le professeur a également participé à un entretien semi-dirigé visant à recueillir des informations sur le contexte communicationnel dans lequel les étudiants sont placés lorsqu'ils suivent le cours de chimie générale et sur ses objectifs.

Les questions du canevas d'entretien concernent l'intitulé du cours, le nombre d'heures au total et par semaine, la répartition des heures par semestre, les supports écrits disponibles pour les étudiants, les consignes fournies à propos de la PDN et enfin les objectifs poursuivis pour la séance de cours en lien avec notre recueil de données.

Ce canevas d'entretien est lui aussi présenté en annexe.

5.1.2 Second recueil de données

Au cours de la deuxième année de notre travail de thèse, un second recueil de données a été effectué avec un autre professeur de chimie générale en première année universitaire aux Facultés universitaires de Namur. Il s'agissait d'un cours dispensé à 88 étudiants (dont 61 *primo* inscrits) de la section biologie en 2004-2005. Les modalités concernant l'enregistrement vidéo des séances de cours, les notes des étudiants et l'entretien semi-dirigé avec le professeur n'ont pas été modifiées par rapport au premier recueil. En revanche, l'activité d'autoévaluation de la qualité des notes à partir d'un questionnaire s'est déroulée dans le cadre des séances du cours de chimie générale. En effet, afin de s'assurer une participation maximale, le professeur a accepté de consacrer une séance de son cours à cette activité.

Le second recueil de données porte sur deux leçons à propos des interactions intermoléculaires (liaisons de van der Waals et liaisons hydrogène) (une première de deux heures et une seconde de une heure). Il a permis d'obtenir 62 copies des PDN des étudiants dont 45 copies d'étudiants *primo* inscrits, soit 74% des étudiants *primo* inscrits. Nous avons également recueilli 68 questionnaires complétés par les étudiants à l'aide de leurs notes au terme de la leçon dont 54 *primo* inscrits, soit 89% des étudiants *primo* inscrits. La modalité d'enchaîner l'activité de passation de notre questionnaire avec un cours magistral était donc judicieuse puisque grâce à cette mesure le taux de participation au questionnaire est bien plus élevé que lors du premier recueil.

Nous avons en outre filmé ces cours magistraux. L'énoncé oral du professeur a été intégralement retranscrit ainsi que le tableau complété par l'enseignant pendant les leçons.

L'ensemble de ce matériel n'a pas fait l'objet d'une analyse exhaustive comme celle réalisée pour les données relatives au cours magistral sur la solubilité. Néanmoins les questionnaires ont été analysés pour répondre aux questions de recherche sur le lien entre les notes des étudiants et leur performance (*cf.* partie III). La transcription de l'entièreté de l'énoncé oral a également fait l'objet d'une analyse pour enrichir le modèle des trois niveaux de savoir en chimie (*cf.* chapitre 4) et quatre extraits filmés ciblés sur des modes de représentation tels que les graphiques ou les tableaux ont été comparés aux notes des étudiants afin de répondre à la question de recherche 5b (*cf.* point 8.5.5.2).

5.1.3 Action formative

Dans une perspective formative, lors des deux recueils de données, un rapport présentant les résultats des étudiants au questionnaire a été adressé au professeur moins d'une semaine après l'activité. De cette manière, le professeur a pu adapter son discours lors des séances de cours magistraux suivants, en fonction des erreurs les plus fréquentes commises par les étudiants, des incompréhensions répétées, des lacunes observées.

5.2 Constitution des échantillons

5.2.1 Échantillon du premier recueil

5.2.1.1 Premier échantillon du premier recueil

Lors de la première année de recherche, un premier échantillon limité en nombre d'étudiants a été conçu afin de mettre au point les différents outils d'observation et d'analyse.

En fonction du taux de participation aux différentes étapes du premier recueil de données et de nos critères, la sélection progressive des étudiants de ce premier échantillon s'est opérée de la manière suivante :

- 96 étudiants (26 étudiants inscrits en chimie et 70 en pharmacie) sur 123 étudiants inscrits en chimie et en pharmacie³⁶ (mais pas forcément présents à la séance de cours ce jour-là) ont fourni leurs notes, de manière volontaire, après la leçon. Huit d'entre eux recommençaient leur année ; nous avons éliminé leur PDN pour le

³⁶ 15 étudiants sur ces 123 étudiants recommencent leur année en chimie ou en pharmacie. L'ensemble des étudiants *primo* inscrits correspond donc à un groupe de 108 étudiants.

traitement des données. En effet, partant de l'idée qu'un étudiant qui a déjà suivi et même étudié la matière dispose d'autres stratégies de PDN, nous nous intéressons essentiellement à la PDN des étudiants de première génération.

- 35 étudiants (2 en chimie³⁷ et 33 en pharmacie) ont complété le questionnaire à l'aide de leurs notes lors de l'activité de remédiation. Parmi ces étudiants, 14 ont été écartés de ce premier échantillon, soit parce qu'ils n'ont pas fourni leurs notes, soit parce qu'ils recommençaient leur année.
- 21 étudiants de ces 35 (1 en chimie et 20 en pharmacie) ont donc été retenus pour ce premier échantillon. Il s'agit des étudiants *primo* inscrits pour lesquels nous disposons à la fois d'une copie des notes et du questionnaire complété.

La figure 5.1 illustre graphiquement la manière dont le premier échantillon a été constitué.

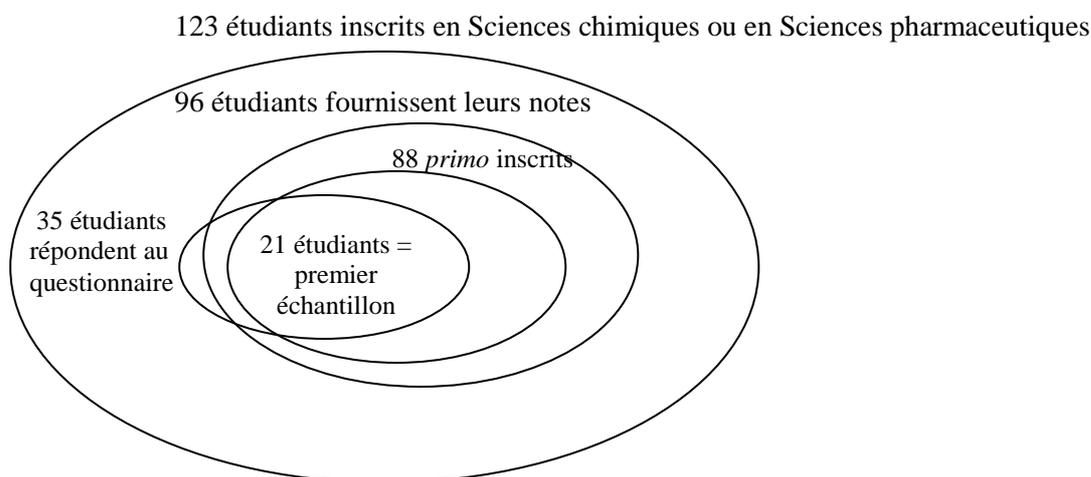


Figure 5.1 : Constitution du premier échantillon d'étudiants (premier recueil de données)

L'échantillon élaboré de cette manière est de taille acceptable puisqu'il représente 20% de l'ensemble des étudiants *primo* inscrits. Mais il présente un biais dans la mesure où les étudiants sélectionnés sont ceux qui ont participé à la séance de cours, accepté de livrer leurs notes après la leçon et qui, de surcroît, sont venus assister à une activité facultative d'autoévaluation de leur PDN. On peut donc supposer que notre premier échantillon privilégie les étudiants qui ont un rapport positif vis-à-vis des études. En faisant l'hypothèse que la qualité des notes est en lien avec les résultats en chimie des étudiants, les résultats obtenus lors du traitement des PDN de cet échantillon reflèteraient une situation probablement plus positive qu'elle ne l'aurait été avec un échantillon plus hétérogène. Ce biais n'a pas pu

³⁷ Seuls 2 étudiants inscrits en chimie participent à l'activité de remédiation. Une discussion avec les étudiants présents nous révèle que par « tradition » les étudiants de chimie ne participent quasiment jamais à ces activités.

être évité étant donné notre souci déontologique de ne pas obliger les étudiants à assister à la séance de cours, à une activité libre et à fournir leurs PDN en fin de leçon. Toutefois, comme nous l'avons déjà expliqué, lors du second recueil de données, l'activité facultative s'est déroulée dans le prolongement de la séance de cours. Grâce à cette nouvelle organisation, davantage d'étudiants ont participé à cette activité et le biais de s'intéresser essentiellement aux étudiants qui s'impliquent volontiers dans les activités facultatives a pu être évité.

A posteriori, l'analyse des résultats des étudiants du premier échantillon à l'examen de chimie lors des sessions de janvier, juin et septembre et du bilan (en termes de réussite ou d'échec) a montré que ceux-ci ont obtenu de bien meilleurs résultats que l'ensemble des étudiants inscrits en première année de chimie ou de pharmacie, comme l'atteste le tableau récapitulatif 5.1 de la constitution des échantillons.

Le tableau 5.1 montre que la moyenne de la note des étudiants du premier échantillon est pour l'examen de chimie en janvier, juin et septembre toujours significativement plus élevée que la moyenne des notes pour l'ensemble des étudiants *primo* inscrits en pharmacie et en chimie. De plus, seul un étudiant de ce premier échantillon échoue au terme de l'année. Cela confirme l'hypothèse de biais évoquée ci-dessus.

5.2.1.2 Second échantillon du premier recueil

Au vu des données relatives au premier échantillon et dans un souci de répondre aux questions de recherche sur la base d'un échantillon d'étudiants plus représentatif, nous avons par la suite constitué un nouvel échantillon pour notre premier recueil. Afin d'exploiter le travail d'encodage des notes et une partie de l'analyse des résultats déjà réalisée, nous avons ajouté à l'échantillon initial l'ensemble des étudiants pour lesquels nous disposons des notes et qui avaient échoué à l'examen de chimie lors des trois sessions (soit 18 étudiants). De plus, pour enrichir ce second échantillon en étudiants inscrits en sciences chimiques, nous avons également ajouté trois étudiants inscrits dans cette section ayant réussi l'examen de chimie en juin. Ces étudiants ne s'étaient pas présentés à l'activité facultative leur permettant d'autoévaluer la qualité de leurs notes ; nous ne possédons dès lors pas, pour eux, de questionnaire complété.

Afin de tenter de répondre aux questions de recherche portant sur le lien entre la qualité des notes des étudiants et leur réussite, nous avons séparé ce second échantillon en deux parties égales en nombre d'étudiants :

- l'échantillon « réussite » constitué de 21 étudiants qui réussissent l'examen de chimie en juin avec une note supérieure ou égale à 10/20 ;
- l'échantillon « échec » formé de 21 étudiants qui échouent à l'examen de chimie en juin avec une note inférieure ou égale à 9/20.

Statistiquement, un nombre égal d'étudiants dans chaque groupe ne s'avérait pas nécessaire, mais comme nous avons le choix, cette décision devait permettre par la suite une comparaison plus aisée et rapide des deux groupes.

D'après le tableau 5.1, le second échantillon de notre premier recueil est non seulement représentatif de l'ensemble des étudiants de première génération, inscrits en chimie et en pharmacie en 2004-2005 (quoique légèrement plus faible, au niveau des différentes moyennes, sans que cette différence soit significative), mais correspond en outre à une taille très correcte puisqu'il représente 40% des étudiants *primo* inscrits.

	Premier échantillon	Étudiants ajoutés au premier échantillon	Second échantillon	Groupe « échec » du second échantillon	Groupe « réussite » du second échantillon	Population totale des <i>primo</i> inscrits
Nombre d'étudiants	21	21	42	21	21	105
Matériel disponible						
• PDN	21	21	42	21	21	88
• Questionnaire	21	0	21	3	18	35
Réussite examen chimie en janvier ≥ 10	18/21 86%	11/21 52%	29/42 69%	8/21 38%	21/21 100%	74/105 70%
Moyenne de la note à l'examen de chimie en janvier	14,0 \pm 1,6	10,1 \pm 1,9	11,8 \pm 1,9 ³⁸	8,9 \pm 1,2	15,2/20 \pm 1,1	12,2 \pm 1,8
Réussite examen chimie en juin ≥ 10	18/21 86%	3/21 14%	21/42 50 %	0/21 0 %	21/21 100 %	71/105 68%
Moyenne de la note à l'examen de chimie en juin	14,0 \pm 1,8	8,6 \pm 2,0	11,2 \pm 2,1	7,1 \pm 0,8	15,5 \pm 1,2	11,9 \pm 2,2
Réussite examen chimie en septembre ≥ 10	3/3 100%	3/18 17%	7/21 33%	7/21 33%	/	11/34 32%
Moyenne de la note à l'examen de chimie en septembre	12,0 \pm 1,0	5,8 \pm 2,4	8,3 \pm 2,5	6,1 \pm 2,3	/	7,0 \pm 2,8
Réussite de l'année académique globale	20/21 95%	6/21 29%	26/42 62%	5/21 24%	21/21 100%	72/105 69%
Moyenne de l'année	13,7 \pm 1,2	8,3 \pm 1,9	11,0 \pm 1,8	6,8 \pm 2,4	14,6 \pm 1,8	11,1 \pm 2,1

Tableau 5.1 : Tableau récapitulatif des caractéristiques et des performances des différents groupes d'étudiants lors de la constitution des échantillons du premier recueil

³⁸ Ce chiffre, « 1,9 » correspond à la moitié de l'écart-type. L'écart-type est une mesure de la dispersion des notes des étudiants par rapport à la moyenne de ces notes. Plus l'écart-type est grand, plus les résultats des différents étudiants s'éparpillent tout au long de l'échelle des notes. Au contraire, un écart-type réduit signifie que la majorité des étudiants obtiennent des résultats proches de la moyenne et que l'on a donc affaire à un niveau de maîtrise assez homogène.

De plus, l'échantillon « réussite » est significativement différent de l'échantillon « échec » pour 90% de significativité pour la moyenne de la note à l'examen de chimie en janvier et 95% pour la note à l'examen de chimie en juin (test de *khi carré*).

5.2.2 Échantillon du second recueil

À l'instar de ce que nous avons décidé pour l'échantillon de notre premier recueil, nous avons retenu, pour l'échantillon de notre second recueil, les étudiants *primo* inscrits ayant fourni leurs notes de cours pour les deux leçons sur les interactions intermoléculaires et ayant répondu au questionnaire. De plus, une rapide analyse des notes montre qu'elles se ressemblent toutes et qu'elles correspondent très largement aux informations notées au tableau. En conséquence, parmi ces étudiants, un échantillon limité mais représentatif des étudiants *primo* inscrits de la section biologie en 2004-2005 a été sélectionné sur la base des critères suivants : le sexe, le nombre d'heures de mathématiques et de chimie dans le secondaire, la participation au module de chimie des cours préparatoires organisés au mois d'août³⁹ et les performances à l'examen de chimie générale de juin. Les PDN de 18 étudiants ont été conservées pour l'analyse. Cela correspond à un échantillon de 30% de l'ensemble des étudiants *primo* inscrits en première année en sciences biologiques en 2004-2005, donc à un échantillon d'une taille très acceptable.

La figure 5.2 illustre graphiquement la manière dont l'échantillon du second recueil a été constitué.

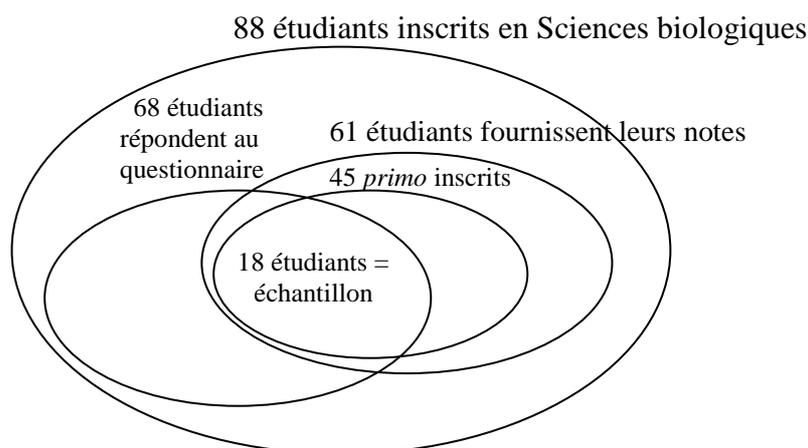


Figure 5.2 : Constitution de l'échantillon d'étudiants (second recueil de données)

³⁹ Ces trois critères ont permis d'améliorer la représentativité de l'échantillon de notre second recueil de données par rapport au premier.

5.3 Traitement des données brutes du premier recueil de données

Le traitement des données brutes s'est d'abord opéré sur l'ensemble des messages sources, c'est-à-dire l'énoncé oral de l'enseignant (*cf.* point 6.1), les diapositives de type PowerPoint projetées pendant la séance (*cf.* point 6.2) et le tableau réalisé pendant la leçon par le professeur (*cf.* point 6.3).

Ensuite, les PDN des étudiants ont été analysées finement en les comparant à l'ensemble des messages sources. Cette démarche a imposé la conception de grilles d'observation des notes dont la mise au point est détaillée aux points 7.1, 7.2, 7.3 et 7.4.

5.4 Analyse des données traitées

À partir de la description fine des corpus de notes des étudiants basée sur les descripteurs en lien avec les cinq premières questions de recherche, une analyse a pu être réalisée grâce à la conception de tableaux d'analyse des données traitées. Ils sont décrits au point 7.5.

Leur exploitation a été réalisée en lien avec les différentes questions de recherche. Pour chacune des questions de recherche, une ou plusieurs portions des différents tableaux ont été utilisées. Leur traitement est présenté dans le chapitre 8.

6 Description des messages sources du cours magistral

Conformément au cadrage défini dans le chapitre 2, nous focaliserons la description du cours magistral sur la solubilité (premier recueil de données) sur l'énoncé oral du professeur, les diapositives qu'il projette pendant la leçon et les notations qu'il inscrit au tableau. Ces trois éléments constituent autant de messages sources auxquels les étudiants doivent prêter attention simultanément. Dans ce chapitre, nous décrirons ces messages échangés à travers trois canaux différents lors de la communication pédagogique et nous présenterons les caractéristiques retenues pour étudier leur effet sur les descripteurs des PDN des étudiants.

6.1 Message verbal : l'énoncé oral

Sans entrer dans le détail du fonctionnement général d'un cours magistral largement décrit par Parpette et Royis (2000) ; Royis et Parpette (2000) ; Bouchard *et al.* (2003), nous pointerons quelques caractéristiques discursives du cours magistral, notamment l'existence d'une trame à deux niveaux, les caractéristiques en relation avec la PDN et celles liées aux spécificités de l'enseignement de la chimie.

6.1.1 Trame à deux niveaux

L'énoncé oral d'un cours magistral correspond, à des degrés divers selon les situations, à une production orale en élaboration permanente. Autrement dit, le professeur construit son message verbal au fur et à mesure de la leçon. Ce mode de construction confère au message oral une forme particulière qui diffère de celle d'un écrit notamment par l'existence d'une trame à deux niveaux : l'énoncé principal et une série d'énoncés secondaires enchâssés. L'énoncé principal est entrecoupé par une série d'énoncés secondaires, des digressions, des parenthèses verbales, des décrochements discursifs qui permettent au locuteur de commenter ce qu'il est en train de dire et de mener ainsi plusieurs discours en parallèle en se situant sur plusieurs plans temporels et spatiaux (Parpette et Bouchard, 2003).

Le phénomène apparaît clairement à travers le court extrait suivant du cours magistral, dans lequel les énoncés secondaires sont surlignés :

On peut aussi avoir des solutés de type gazeux et vous savez que la vie aquatique est possible parce qu'il y a de l'oxygène dissout dans l'eau. Vous savez aussi, on en avait parlé, que le CO₂ atmosphérique peut être en équilibre avec une forme de CO₂ dissoute D'accord ? On reviendra d'ailleurs sur cet équilibre de dissolution des gaz.
Alors, ce que vous savez aussi, je vous rappelle la définition de la solution, donc c'est un soluté qui est placé dans un solvant et qui forme un mélange, une dispersion homogène on avait vu ça au 1^{er} cours. C'est un mélange homogène qui contient soit des molécules, soit dans certains cas des ions lorsque la molécule s'est dissociée dans un solvant.
Alors un point important et c'est le point b, c'est la notion de solubilité...

Le professeur en tant qu'expert transmet un savoir sous la forme de **données notionnelles** qui constituent la majeure partie de l'énoncé oral. Il s'agit de l'énoncé principal. Parallèlement, l'enseignant poursuit d'autres objectifs : il entretient une sorte de connivence avec ses étudiants, remplit une fonction d'animateur, situe les données notionnelles dans l'ensemble du cours de chimie générale, précise la nature des notions présentées. À ces fins, l'énoncé principal est suspendu et le professeur intègre une série d'énoncés secondaires.

Nous distinguons deux catégories d'énoncés secondaires selon leur fonction : les commentaires **phatiques** (Ph), et les commentaires **métalinguistiques** (ML).

Les premiers relèvent de toutes les interactions sociales entre le professeur et les étudiants. En effet, « *si la situation spatiale ne permet pas à l'enseignant de dialoguer avec les étudiants assis en face de lui, il se doit de tenir compte de leur présence, de maintenir un contact en s'adressant à eux directement* » (Parpette, 2002, p. 264). Il s'agit donc des unités de l'énoncé oral qui correspondent à des parties de dialogue (« *D'accord ?* »; « *Qui croit savoir ce qu'est le sulfate de baryum ?* ») ou à des portions de l'énoncé oral au sein desquelles le professeur interpelle les étudiants (« *Alors, vous avez tous fait du cacao* ») ou s'adresse à eux par exemple, en posant une question (« *Et cette concentration, ça va être quoi ?* ») ou encore implique les étudiants (« *Vous allez devoir continuer à utiliser l'équilibre de dissolution et la stoechiométrie tout au long de votre cursus de chimiste ou de pharmacien* »). Adam (1992) définit cinq types de séquences (narrative, descriptive, argumentative, explicative et dialogale) dans sa typologie textuelle. La plus petite unité constitutive de la séquence dialogale est appelée « échange ». Dans le cadre d'un cours magistral, cet échange est particulier puisqu'il se réalise le plus souvent à sens unique. D'ailleurs, le professeur ne marque pas d'arrêt entre ces unités interactives et « *la suite de son discours et les interventions des étudiants, quand elles existent, ne représentent que des parenthèses dans le déroulement de la séance et ne sont pas constitutives de l'organisation discursive* » de la leçon (Parpette, 2002, p. 261). Cette observation confirme notre cadrage initial : centrer le recueil de données sur le processus d'échange d'informations du professeur vers les étudiants (cf. chapitre 2).

La deuxième catégorie, les commentaires métalinguistiques, correspondent aux parties de l'énoncé oral du professeur qui commentent l'énoncé oral lui-même ou qui y font référence, c'est-à-dire les commentaires qui fournissent des indications sur la nature, le statut, les caractéristiques des portions de l'énoncé oral qui précèdent ou qui suivent : « *Par exemple* » ; « *Alors un point important c'est...* » ; « *Comme je viens de le dire* » ; « *Je vous rappelle la notion que j'avais définie tout à l'heure* » ; « *C'est ici qu'il faut faire attention* ». En outre, le cours magistral ne constitue pas un événement isolé mais fait partie d'un enchaînement de leçons qui forment le cours (de Gaulmyn, 1999 ; Pochard, 1999). Il est également ponctué de séance(s) d'évaluation orale(s) ou écrite(s) où l'étudiant doit faire la preuve de la maîtrise de la matière. En conséquence, l'enseignant ajoute des commentaires métalinguistiques qui visent à ancrer le cours magistral dans la globalité du cours dispensé pendant toute l'année académique. Par exemple, situer un point de matière dans la structure générale du cours, rappeler les règles de fonctionnement en amphithéâtre, féliciter pour une

épreuve antérieure, faire référence à certaines réponses erronées de l'examen de janvier, fournir des indications précieuses pour l'épreuve d'évaluation : « *Le point "b", c'est...* » ; « *Et ça, c'est ce qu'on a vu sur les électrolytes* » ; « *On verra son utilité plus tard, lors des titrages argentimétriques* ».

L'ensemble des énoncés secondaires reflètent la dimension orale et largement interactive du cours magistral et sont destinés à accompagner et donc en principe à faciliter le travail cognitif des étudiants dans la construction du savoir. Ils peuvent d'ailleurs être ôtés de la transcription de l'énoncé oral sans pour autant en altérer le sens comme l'illustre un extrait repris dans l'encadré ci-dessous au sein duquel les commentaires phatiques et métalinguistiques sont surlignés. À ce titre, Rey *et al.* (2004) assimilent l'énoncé principal à un texte.

Alors des exemples pour vous montrer qu'en fait (ML, Ph) cette solubilité, cette concentration maximale d'un soluté dans un solvant donné, dépend de la nature du soluté. Le sucre à 25 degré C ; et bien, vous pouvez dissoudre plus ou moins treize morceaux de sucre dans 100 grammes d'eau. 100 grammes d'eau, je vous rappelle (ML) que c'est plus ou moins 100 millilitres d'eau d'accord ? (Ph) [...] Par contre vous avez (Ph) le sulfate de baryum.

Alors qui peut me dire la formule du sulfate de baryum ? (Ph) Même ceux qui seront dispensés pour juin parce que ça faisait partie du second chapitre, vous êtes censés vous souvenir de ce qu'est le sulfate de baryum. (ML) Qui croit savoir ce qu'est le sulfate de baryum ? Qui pas ? (Ph)

Le sulfate de baryum, qu'est ce composé avec le Ba^{2+} et le SO_4^{2-} , est un sel, donc un soluté solide pour lequel on ne peut dissoudre que 25 milligrammes dans 100 millilitres d'eau. Et donc vous voyez que (Ph) en fonction de la nature du soluté, on va avoir des solubilités qui vont être fort différentes.

D'après le nombre de mots attribués à l'énoncé principal consacré au contenu et le nombre de mots correspondant aux énoncés secondaires, nous avons estimé l'intensité de l'activité phatique et métalinguistique pour l'ensemble du cours magistral à 37%.

« *Les caractéristiques d'un message ont besoin, pour être mises en relief, de la comparaison avec d'autres discours ou avec d'autres normes.* » (Bardin, 1983, p. 82). C'est la raison pour laquelle nous avons déterminé la proportion de commentaires phatiques et métalinguistiques par rapport aux données notionnelles dans les autres cours magistraux que nous avons enregistrés (cf. point 4.2)⁴⁰.

Le tableau 6.1 rend compte de ces proportions pour les autres cours magistraux de chimie générale.

⁴⁰ Par commodité de lecture, les résultats sur la proportion de commentaires phatiques et métalinguistiques et sur le débit d'autres cours magistraux de chimie sont intégrés dans le chapitre 6 qui décrit les caractéristiques du cours magistral analysé. Cependant ces résultats ont été obtenus lors de la recherche financée par le FNRS déjà évoquée dont la méthodologie et les autres résultats sont présentés dans la troisième partie ce travail.

Caractéristiques du message	Interactions intermoléculaires (2005)	Solutions (2006/2007) ⁴¹		Thermodynamique (2006/2007)		Cinétique chimique (2006/2007)	
		FUNDP	ULB	FUNDP	ULB	FUNDP	ULB
Proportion de données notionnelles	82%	74%	72%	74%	82%	71%	75%
Proportion de commentaires phatiques et métalinguistiques	18%	26%	28%	26%	18%	29%	25%

Tableau 6.1 : Proportions des données notionnelles et des commentaires phatiques et métalinguistiques dans les cours magistraux analysés

Nous constatons qu'en moyenne trois quarts du message oral correspondent aux données notionnelles tandis qu'un quart est dédié aux énoncés secondaires. Le message oral analysé dans le cadre du cours magistral de notre premier recueil est plus riche en commentaires phatiques et métalinguistiques que celui des autres cours magistraux, ce qui peut s'expliquer par le moment particulier de cette leçon dans l'année académique. Ce cours magistral de chimie était le premier après la période d'évaluation de janvier de telle sorte que le professeur a commencé la leçon en commentant certains aspects de l'examen et y a fait référence plusieurs fois pendant son exposé. Ces interventions ont augmenté sensiblement le taux de commentaires métalinguistiques.

Comme notre analyse porte sur trois extraits du cours magistral (*cf.* point 6.1.4), nous avons calculé le taux de commentaires phatiques et métalinguistiques pour chacun de ces trois extraits. Ils sont indiqués dans le tableau 6.2.

Caractéristique du message	Extrait 1 (niveau macroscopique)	Extrait 2 (niveau moléculaire)	Extrait 3 (niveau symbolique)
Proportion de commentaires phatiques et métalinguistiques	28%	26%	31%

Tableau 6.2 : Proportions des commentaires phatiques et métalinguistiques dans les trois extraits du cours magistral analysés

Le tableau 6.2 rend compte d'une petite variation du taux de commentaires phatiques et métalinguistiques entre les trois extraits. L'extrait 3 caractérisé par le niveau symbolique en contient proportionnellement davantage que l'extrait 1, sélectionné pour son explicitation du

⁴¹ Le cours magistral sur la solubilité correspondant au premier recueil de données (*cf.* point 5.1) et filmé en janvier 2005 n'a pas été analysé ici, car il est très proche de celui filmé en décembre 2006, dans le cadre du projet FNRS.

niveau macroscopique. L'extrait 2, correspondant au niveau moléculaire, a le taux le plus bas en commentaires phatiques et métalinguistiques. Cette observation peut s'expliquer par le fait que dans l'extrait 3 le professeur inscrit (proportionnellement à son énoncé oral) plus au tableau que pour les deux autres extraits. Or, d'après Royis et Parpette (2000), l'utilisation du double canal de la parole et de l'écriture au tableau influence fortement les caractéristiques de l'énoncé oral notamment en accentuant le taux de commentaires métalinguistiques.

Ces commentaires permettent de dédensifier le message et devraient dès lors constituer une aide pour les étudiants et leur offrir la possibilité de noter davantage d'informations issues de l'énoncé oral.

6.1.2 Cours magistral et prise de notes

Bien que la PDN constitue une compétence mal maîtrisée à l'entrée à l'université (Boch, 1998 et 2000 ; Frenay *et al.*, 1998 ; Romainville, 2000a et b ; Romainville et Noël, 1998 et 2003), elle fait en général partie, lors d'un cours magistral à l'université, du contrat didactique passé tacitement entre l'enseignant et ses étudiants. Sans jamais être déclarée obligatoire, elle est quasi incontournable, *a fortiori* en cas d'absence de support écrit au cours, comme dans le cadre du cours qui nous intéresse.

Même si en début de leçon l'enseignant rappelle les règles de fonctionnement en amphithéâtre (après la période d'évaluation de janvier), il ne mentionne pas explicitement l'activité de PDN des étudiants.

Les règles sont les mêmes qu'au premier semestre, c'est-à-dire, c'est un auditoire, donc c'est moi qui parle, c'est vous qui écoutez. Si vous avez des questions on peut les poser.

Il l'évoque malgré tout dans la suite de la leçon à plusieurs reprises mais de manière indirecte.

*Alors ce que je vais vous illustrer par le petit film ici, vous ne devez pas prendre note de ça mais c'est pour essayer de vous fixer les idées.
... On va résumer tout ça dans un petit tableau et je vous laisserai le temps d'ailleurs de le noter. Je vais vous laisser le temps de noter au niveau des sels, les règles générales ; alors je vais le construire avec vous.*

On le voit, cette activité centrale de PDN détermine fortement la communication pédagogique de l'enseignant qui par **son débit, ses répétitions, ses reformulations, ses indices déclencheurs ou inhibiteurs de la PDN** guide implicitement le comportement scriptural des étudiants.

Dans la suite de ce chapitre, nous décrirons l'énoncé oral du cours magistral du point de vue de ces stratégies afin d'enrichir les connaissances de ces caractéristiques pour des cours magistraux de sciences et plus particulièrement de chimie en première année universitaire.

6.1.2.1 Débit verbal

Le débit verbal du professeur dans le cours magistral de chimie générale est globalement proche, voire légèrement moins soutenu, à savoir 1,7 mots par seconde, que le débit verbal d'un conférencier d'environ 2 à 3 mots par seconde (Piolat, 2001).

À nouveau, nous mettons ces résultats en perspective avec ceux des autres cours magistraux enregistrés en présentant le débit pour chacune de ces leçons dans le tableau 6.3.

Caractéristique du message	Interactions intermoléculaires (2005)	Solutions (2006/2007)		Thermodynamique (2006/2007)		Cinétique chimique (2006/2007)	
	FUNDP	ULB	FUNDP	ULB	FUNDP	ULB	FUNDP
Débit verbal (mots/s)	1,2	2,0	1,8	2,0	1,6	1,3	1,8

Tableau 6.3 : Débit verbal pour les cours magistraux analysés

Le débit verbal dans le cadre des cours magistraux que nous avons enregistrés est toujours inférieur aux données de la littérature. Cela peut s'expliquer par le fait qu'il s'agit d'un cours en première année universitaire et non d'une conférence, ce qui incite probablement le professeur à ralentir le rythme. De plus, cette différence peut s'expliquer pour des cours de sciences par le fait que le professeur utilise simultanément et constamment le tableau, ce qui ralentit probablement encore son débit.

Le débit verbal a également été calculé pour les trois extraits du message oral qui ont été confrontés aux corpus de PDN des étudiants.

Caractéristique du message	Extrait 1	Extrait 2	Extrait 3
Débit verbal (mots/s)	1,8	1,8	1,8

Tableau 6.4 : Débit verbal pour les trois extraits du cours magistral analysé

D'après les données fournies dans le tableau 6.4, il apparaît qu'il n'y a pas de variation du débit du professeur pour ces trois extraits.

6.1.2.2 Reprises

Les reprises dans un cours magistral, c'est-à-dire les répétitions et les reformulations, constituent une caractéristique discursive qui influence, d'après Faraco (2002) et Doggen (2005, 2007), la PDN des étudiants. Dans le cadre de notre travail, la reformulation est envisagée comme une séquence discursive où l'enseignant donne des informations sur un terme ou sur un énoncé sous une autre forme. Elle implique une certaine conservation du sens mais avec une modification de ses constituants linguistiques alors que pour les répétitions les constituants linguistiques sont conservés (Faraco, 2002). Le terme « reformulation » englobe ici des phénomènes discursifs de la même famille tels que les paraphrases et les gloses⁴² ; la distinction entre ces nuances empruntées aux études en linguistique ne nous paraît pas pertinente dans notre travail de thèse.

Dans le cours magistral qui est analysé dans la première partie de ce travail, le taux de reprise a été calculé, qu'il s'agisse de répétitions ou de reformulations, en divisant le nombre de mots correspondant aux reprises par le nombre de mots total de l'énoncé oral. Il est estimé à 11% pour les reprises notionnelles et à 2% pour les reprises métalinguistiques. Dans le cours magistral sur la solubilité, les répétitions sont extrêmement rares. Ce résultat peut s'expliquer par les faits que l'enseignant ne pratique pas la dictée itérative et que la PDN est supportée par la projection de diapositives et parfois par l'écriture au tableau qui sont simultanées à l'énoncé oral.

En revanche, les reformulations sont nombreuses et parfois même multiples. Ainsi, des éléments jugés essentiels par l'enseignant sont de temps à autre reformulés trois fois. La notion clé de solubilité est, quant à elle, réexpliquée à cinq reprises.

La solubilité, on va la quantifier comme étant la quantité maximale de soluté que l'on va pouvoir dissoudre dans une quantité donnée de solvant. Alors, une quantité de matière dans un volume de solvant, ce n'est rien d'autre qu'une concentration. On est tous d'accord ? Donc la solubilité ça va être quoi ? C'est la concentration maximale de soluté que l'on va pouvoir placer dans un solvant donné.

Ces reformulations sont, le plus souvent, dispersées dans la séance, donc rarement consécutives.

Pour la plupart des reformulations, ce sont des phrases entières ou des groupes de mots qui sont reformulés. Notons cependant que l'enseignant utilise les termes « *dissolution* » et « *solubilisation* », sans expliquer qu'il s'agit de mots similaires (seule la conjonction « *ou* »

⁴² Il s'agit des commentaires sur un texte expliquant les mots ou les passages obscurs.

renseigne l'étudiant sur la synonymie des deux termes. Il s'agit ici d'une reformulation d'un mot seulement.

*D'un point de vue microscopique cette fois-ci, ce qui va gouverner la solubilité, c'est la possibilité d'établir des liens intermoléculaires entre le soluté et le solvant et donc la **solubilisation** ou la **dissolution** dans un solvant va toujours être un compromis entre les interactions soluté – soluté, donc ce qui va assurer la cohésion du soluté, les interactions solvant - solvant et le cas échéant la possibilité d'avoir des interactions entre le solvant et le soluté.*

Quelques fois des commentaires métalinguistiques, soit parfaitement explicites, soit implicites, annoncent la reprise.

Alors, ce que vous savez aussi ; je vous rappelle la définition de la solution, donc c'est un soluté qui est placé dans un solvant et qui forme un mélange,

Comme je viens de le dire, la solubilité va dépendre de la nature du soluté.

Notons cependant que d'après Henry (2001), le taux et la nature des reprises constituent des spécificités langagières individuelles. L'analyse des trois cours magistraux dispensés à l'ULB ainsi que celui correspondant à notre deuxième recueil de données a permis de confirmer ces spécificités puisque le professeur de l'ULB pratique la répétition de manière très soutenue comme l'attestent les deux courts extraits de cours magistraux enregistrés dans le cadre de notre projet FNRS.

Le ΔS de vaporisation. Donc, le ΔS de vaporisation, c'est l'entropie de la phase gazeuse moins l'entropie de la phase liquide. En joules par mole par Kelvin, ça fait joule, mole moins un, kelvin moins un.

Et peut-être pour vous donner une idée, qui va vous perturber volontairement ici, ... de la différence d'entropie ... de la différence d'entropie entre l'état, entre l'état vapeur et l'état liquide. Donc, ce delta S, c'est l'entropie de vaporisation... L'entropie de vaporisation.

6.1.2.3 Indices déclencheurs ou inhibiteurs de la PDN

L'enseignant exploite tant les indices inhibiteurs que déclencheurs de PDN. Ils sont éparpillés dans l'énoncé oral.

Nous nous sommes inspirée de la liste des indices déclencheurs et inhibiteurs, mise en évidence par Branca-Rosoff et Doggen (2003), elle-même remaniée à partir des listes de Canivet *et al.* (1986). Nous n'avons conservé que les indices présents dans l'énoncé oral du professeur pour la leçon traitée et nous en avons ajouté de nouveaux qui apparaissaient dans son énoncé oral.

La liste des indices déclencheurs retenue est la suivante :

- des commentaires métalinguistiques qui qualifient l'information comme « *C'est important* » ou « *Ce qui nous intéresse* » ou « *C'est ici qu'il faut faire attention* » ;
- les commentaires métalinguistiques qui organisent et structurent la séance de cours comme « *Premièrement* », « *Deuxièmement* » ou « *C'est le point a* », « *C'est le point b* » ;
- des commentaires métalinguistiques qui font référence aux exigences du professeur pour les épreuves d'évaluation comme « *Vous êtes sensés vous souvenir de ce qu'est le sulfate de baryum [...]* ».

À côté de ces indices déclencheurs de PDN, les indices inhibiteurs qui suivent pourraient décourager la PDN :

- les parenthèses ou incises (des séquences qui ne participent pas à l'organisation de l'énoncé principal comme l'expression « *Et pour la petite histoire* ») ;
- les commentaires phatiques (par exemple les questions du professeur à l'ensemble des étudiants) : « *Qui croit savoir ce qu'est le sulfate de baryum ? Qui pas ?* ».

Parmi ces déclencheurs et ces inhibiteurs de la PDN, nous pourrions encore théoriquement différencier les déclencheurs et les inhibiteurs implicites (ceux de la liste décrite ci-dessus) des déclencheurs explicites, par exemple :

... On va résumer tout ça dans un petit tableau et je vous laisserai le temps d'ailleurs de le noter. Je vais vous laisser le temps de noter au niveau des sels, les règles générales ; alors je vais le construire avec vous.

et des inhibiteurs explicites tel que :

Alors ce que je vais vous illustrer par le petit film ici, vous ne devez pas prendre note de ça mais c'est pour essayer de vous fixer les idées.

Toutefois, cette subdivision s'est avérée superflue pour le codage des notes puisque aucun déclencheur ni inhibiteur explicite de la PDN n'a été repéré dans les trois extraits sélectionnés du cours magistral que nous avons analysé (cf. point 6.1.4).

Certains éléments, enfin, ont un statut ambivalent et ambigu :

- les exemples ou des références à des phénomènes « chimiques » de la vie courante qui pourraient être considérés comme secondaires par les étudiants puisqu'ils viennent illustrer des concepts, des notions, des phénomènes. Pourtant, d'après Tardif (1992) dans l'enseignement et l'apprentissage, les exemples ont une très grande influence. Ils constituent la voie d'entrée suprême dans le système cognitif

de l'élève. Les exemples devraient donc être considérés par les étudiants comme des éléments essentiels à noter pour favoriser l'assimilation de la matière ;

- les commentaires métalinguistiques qui annoncent un rappel. En effet, si le professeur prend la peine de rappeler une information, les étudiants peuvent raisonnablement penser que cette information est importante. S'ils l'ignorent, ils seront alors probablement amenés à la noter. Le commentaire métalinguistique constitue dès lors un déclencheur de PDN. En revanche, puisqu'il s'agit d'un rappel, il est possible que les étudiants l'aient déjà noté et dans ce cas, le commentaire métalinguistique pourrait jouer le rôle d'inhibiteur de la PDN.

Pour terminer, notons que d'après Branca-Rosoff et Doggen (2003) les reprises constituent des indices déclencheurs de PDN. « *L'effet déclencheur est la conséquence de trois causes enchevêtrées : en s'autoreformulant, le professeur indique que l'information est importante (car ce qui est important est souvent répété) et les scripteurs peuvent être sensibles à ce soulignement saillant. La reformulation peut aussi parfois être l'occasion d'une explicitation métalinguistique, d'un retour définitionnel sur les notions abordées au cours, ce qui peut également capter l'attention des étudiants. Et enfin, sur le plan purement matériel, les reprises entraînent une pause dans le discours, ce qui donne le temps aux étudiants de noter.* » (Doggen, 2007, p. 1). Lors de l'analyse de l'effet des reprises sur la PDN des étudiants, une attention particulière sera accordée au double statut de celles-ci.

6.1.3 Spécificités d'un discours en chimie

En lien avec le chapitre 4 de ce travail, le cours magistral de chimie qui est analysé l'a été à travers le prisme des trois niveaux de savoir de la chimie et leurs modes de représentation utilisés pendant la leçon.

6.1.3.1 Trois niveaux de savoir en chimie et leurs modes de représentation

La notion centrale de la séance de cours analysée pour la confrontation du message et des notes des étudiants est celle de la solubilité. Le professeur décrit successivement la solubilité des points de vue **macroscopique**, **microscopique** et **quantitatif** en exploitant l'écriture symbolique surtout pour le point de vue quantitatif.

Or, comme cela a été présenté longuement au chapitre 4, une des caractéristiques et des spécificités d'un cours magistral de chimie est la présence de trois niveaux de savoir : le

niveau phénoménologique (ou macroscopique), le niveau moléculaire (ou microscopique) et le niveau symbolique.

Le professeur choisit donc deux de ces trois niveaux de savoir pour structurer son exposé. La structure de la séance de cours qui apparaît dans les diapositives contient d'ailleurs les trois sous-titres : point de vue macroscopique, point de vue microscopique et point de vue quantitatif. Le mot clé de ces titres est repris par l'enseignant dans la structuration du tableau où il note seulement : *macroscopique, microscopique et quantitatif*.

Dans l'énoncé oral, cette subdivision en trois niveaux de savoir structure l'exposé ; les termes clés sont intégrés aux explications mais aucun commentaire métalinguistique n'est associé à cette organisation. Des explications particulières sur la correspondance entre chacun des titres et le niveau de savoir de la matière abordée ne sont pas fournies.

Alors un point important, et c'est le point b, c'est la notion de solubilité et on va voir que la solubilité peut être comprise d'un point de vue macroscopique et je dirais d'un point de vue intuitif comme étant le fait que l'on peut ajouter une certaine quantité de soluté dans un solvant pour former une solution et qu'à un certain moment on va atteindre la saturation.

Comme je viens de le dire, la solubilité va dépendre de la nature du soluté et d'un point de vue microscopique cette fois-ci, ce qui va gouverner la solubilité, c'est...

Bien revenons maintenant d'un point de vue quantitatif à cette notion de solubilité. Je vous avais donné un aspect qualitatif et avec ça vous allez pouvoir déjà raisonner sur pas mal de composés.

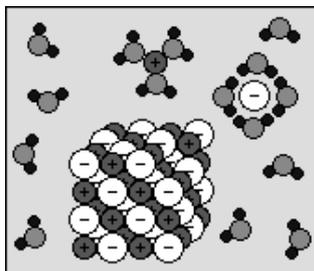
D'un point de vue quantitatif, d'un point de vue chiffré, et bien on va utiliser la notion de solubilité, le petit « s » dont je vous avais parlé tout à l'heure qui...

En outre, comme l'ont souligné Barlet et Plouin (1994) et comme nous l'avons montré pour six cours magistraux de chimie générale en première année universitaire (Houart *et al.*, 2008) et dans la leçon analysée ici, l'explicitation des passages d'un niveau de savoir à l'autre ainsi que leurs rapports dialectiques sont absents du message oral de l'enseignant. Pourtant, un film montrant l'aspect dynamique d'un équilibre de dissolution est montré aux étudiants. Il vise implicitement à leur montrer la dissonance entre la mobilité des entités au niveau microscopique et l'apparente immobilité d'une solution saturée au niveau macroscopique.

Pour décrire l'aspect **macroscopique** de la solubilité, l'enseignant exploite des exemples de la vie courante, comme faire du cacao ou mettre du sucre dans du café. Il dessine également une tasse de café au tableau, par ailleurs représentée par une photographie sur une des diapositives.

Pour décrire le point de vue **microscopique** de la solubilité, trois exemples de solutés dont deux relativement courants et connus des étudiants sont expliqués : le sel de cuisine,

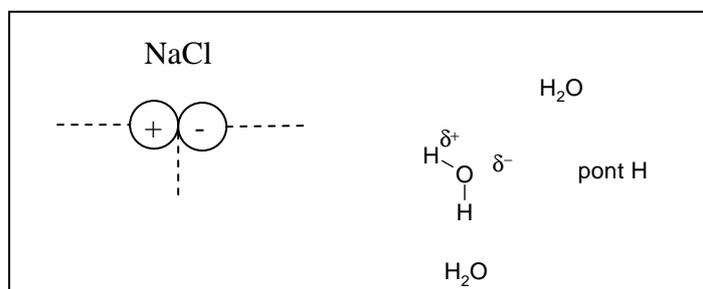
NaCl (un soluté solide) et le méthanol ainsi que le butanol (deux alcools pris comme solutés liquides l'un très soluble, l'autre moins).



Extrait de la 5^e diapositive

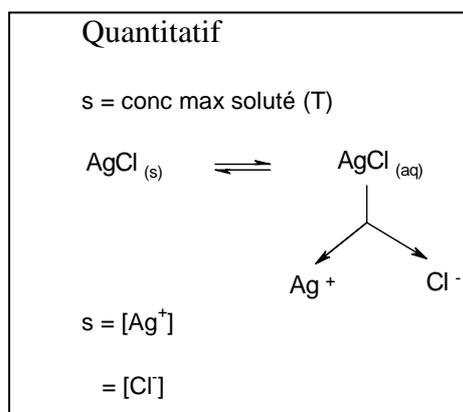
Des modèles relativement sophistiqués, le réseau cristallin du NaCl, les molécules d'eau considérées comme solvant et la solvation des ions sont montrés sur les diapositives pour représenter les différentes étapes du phénomène de solubilisation.

En parallèle, au tableau, un fragment du modèle du réseau cristallin est schématisé, ainsi qu'une seule molécule d'eau en formule développée.



Portion du tableau

Pour le point de vue quantitatif, où l'**écriture symbolique** est la plus prégnante, c'est le sel, peu soluble, de chlorure d'argent qui est pris comme premier exemple. La réaction de dissolution de ce sel ainsi que l'expression de la solubilité en fonction des concentrations en cation argent et en anion chlorure sont exprimées tant sur les diapositives qu'au tableau avec de légères variations dans la représentation spatiale des informations.



Portion du tableau

Comme on peut le constater dans la portion du tableau reprise ci-contre, c'est bien l'écriture symbolique qui domine dans cet extrait de cours.

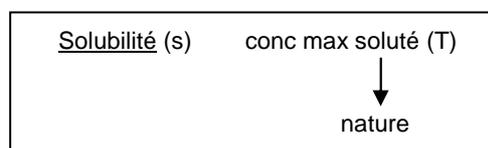
6.1.3.2 Symbolisme

L'enseignant « traduit » en français les symboles utilisés en chimie qu'il note au tableau à six reprises, sur l'ensemble de la leçon.

On va appeler la solubilité que l'on va d'ailleurs noter par petit « s » ; la solubilité on va la quantifier comme étant la quantité maximale de soluté que l'on va pouvoir dissoudre dans une quantité donnée de solvant.

Mais l'accent n'est pas particulièrement mis sur les éléments de correspondance, autrement dit, le professeur ne fournit pas de commentaire métalinguistique sur les particularités, les difficultés ou les pièges liés à l'écriture symbolique. Par exemple, la notion clé de solubilité se note conventionnellement « s » minuscule. Dans les diapositives, la notation utilisée pour l'indiquer est « (s) ». Mais dans le même chapitre, « (s) » noté en indice d'un composé dans une réaction signifie que ce composé est à l'état solide. De plus, pour indiquer que la solubilité dépend de la température, la notation « (T) » est inscrite au tableau. La mise entre parenthèses du symbole d'une grandeur signifie donc dans un cas « est noté » et dans l'autre cas « dépend de ».

Enfin, l'enseignant trace une flèche au tableau entre les mots « soluté » et « nature » pour indiquer que la solubilité dépend de la nature du soluté.



Portion du tableau

Deux représentations sont donc proposées pour signifier que la solubilité dépend de différentes variables. Notons que la première notation « (s) » est relativement courante. Ainsi, dans la plupart des textes, les symboles associés à un ou plusieurs mots sont indiqués entre parenthèses à côté du mot. En revanche, la seconde « (T) » fait référence à une notation scientifique ou mathématique : « $x(y)$ » signifiant que « x » est une fonction de « y ».

L'enseignant utilise également au tableau la notation « OK » pour indiquer qu'une substance est soluble et « KO » pour un composé insoluble. Dans l'énoncé oral, la notation est rapidement explicitée pour un des deux symboles seulement, comme le montre l'extrait suivant.

...donc lorsque l'on a des bases dérivées d'un métal alcalin, je vais mettre OK pour dire que c'est soluble. D'accord ? La plupart des autres bases hydroxylées...

Il existe donc dans cette leçon un grand nombre de conventions de notations symboliques standardisées ou non et pas toujours parfaitement explicitées dans l'énoncé oral.

6.1.4 Extraits des messages sources

Pour la confrontation entre les messages sources et la PDN des étudiants, nous avons sélectionné des extraits de la séance de cours dans les trois niveaux de savoir décrits au chapitre 4. Ils traitent de la même notion clé, centrale dans la séance de cours, sous les trois niveaux de savoir que le professeur nomme pendant la leçon : le point de vue macroscopique, le point de vue microscopique et le point de vue quantitatif qui correspond au niveau symbolique.

- Extrait 1 : la notion de solubilité est décrite du point de vue macroscopique. L'énoncé est axé sur le vocabulaire spécialisé, qui occupe une place importante dans l'extrait. Différentes notions sont présentées, définies et illustrées : celle de solution, de saturation et enfin de solubilité. L'enseignant schématise par des dessins ce qui est observable. Il présente deux caractéristiques de la solubilité et en illustre une par des exemples.
- Extrait 2 : le professeur explique le phénomène de dissolution d'un soluté dans un solvant, du point de vue microscopique. Des modèles qui tentent d'expliquer ce qui se passe au niveau de l'infiniment petit sont montrés, sur les diapositives, constituant des supports aux explications orales. Des modèles simplifiés sont élaborés en parallèle au tableau.
- Extrait 3 : la notion de solubilité est introduite du point de vue quantitatif. C'est davantage le formalisme de l'écriture d'une réaction et des concentrations qui est au centre de cet extrait. Le professeur met en mots cette écriture symbolique spécifique de la chimie, c'est-à-dire qu'il parle en même temps qu'il écrit au tableau en traduisant le symbolisme utilisé.

6.2 *Message écrit : les diapositives de type PowerPoint*

Pendant la séance de cours, un diaporama de type PowerPoint comportant treize diapositives est projeté. Elles ne sont pas mises à disposition des étudiants, ni pendant la leçon ni après. En effet, le professeur préfère ne pas fournir ces documents aux étudiants car d'une part, comme c'est la première année qu'il dispense ce cours, le diaporama correspond à une première mouture que l'enseignant souhaite améliorer avant d'en fournir une copie. D'autre

part, il pensait initialement, que leur fournir un tel document pourrait diminuer la présence aux différentes séances de cours.

Après avoir pris connaissance des résultats des étudiants au questionnaire complété par les étudiants deux jours après le recueil de données dans le cadre du présent travail, l'enseignant nous a dit avoir modifié ses représentations et il a fourni le diaporama aux étudiants les années suivantes.

Les diapositives correspondent à l'ensemble de la leçon dispensée et suivent la même structure et la même chronologie. Elles sont structurées : chaque diapositive commence par un titre en gras et chaque diapositive correspond à un point notionnel (par exemple : *solubilité : point de vue microscopique*). Les diapositives 1, 3, 11 reprennent la structure du chapitre 4 du cours de chimie qui s'enrichit au fur et à mesure de la leçon. Les diapositives contiennent l'ensemble des mots clés de la leçon (*soluté, solvant, solution, solubilité, interactions intermoléculaires, équilibre dynamique, produit de solubilité...*), les définitions (sans que le mot définition n'apparaisse), du texte (maximum 3 lignes – exemple : « *Par convention, sont considérés comme solubles les composés dont la solubilité est supérieure ou égale à 0,1 mole par litre de solution ($s \geq 0,1M$)* »), des dessins décrivant l'aspect macroscopique, des modèles pour expliquer le point de vue microscopique, des représentations symboliques pour décrire les réactions ainsi que l'aspect quantitatif et de courtes animations pour illustrer l'aspect dynamique des phénomènes étudiés. Ces diapositives sont disponibles en annexe.

6.3 Message écrit : le tableau

Le professeur utilise également le tableau comme support à son énoncé oral. Il note :

- 27 mots clés ou notions clés en entier ou de manière abrégée (par exemple « *S* », « *L* », « *G* » pour solide, liquide et gaz) ;
- deux modélisations de manière simplifiée par rapport aux mêmes modèles présentés sur les diapositives ;
- deux dessins pour représenter l'aspect macroscopique ;
- l'écriture symbolique conventionnelle (formule moléculaire, réactions, expression des concentrations à l'équilibre...) pour décrire les réactions et l'aspect quantitatif.

La structure de la séance de cours de chimie présentée sur les diapositives n'est pas reprise telle quelle au tableau (pas de titre, pas de sous-titre, pas de numéros...). En outre, les définitions et les courts textes explicatifs présents sur les diapositives ne sont pas notés au tableau. De manière générale, peu d'informations sont notées au tableau par rapport à celles

inscrites sur les diapositives et aux informations fournies oralement. La transcription du tableau est également présentée en annexe.

7 Procédure d'analyse des notes des étudiants

Rappelons que l'objectif majeur de ce travail de recherche consiste à confronter les trois extraits des messages sources avec la PDN des étudiants de notre échantillon. À cette fin, nous avons procédé à une double analyse de contenu au sens défini par Bouillaguet et Robert (2002, p. 4), c'est-à-dire que nous avons recouru à « *une technique permettant l'examen méthodique, systématique, objectif et, à l'occasion, quantitatif du contenu de certains textes en vue d'en classer et d'en interpréter les éléments constitutifs, qui ne sont pas accessibles à la lecture naïve.* ». Des outils d'observation et d'analyse des messages sources et des notes ont donc été progressivement élaborés. Une méthodologie a ainsi été inventée par des mises au point et des ajustements progressifs. La méthodologie ainsi que les outils qui en résultent constituent un produit de notre thèse.

7.1 Étapes de la conception des grilles d'observation et des tableaux d'analyse

Sensible au point de vue de Bardin (1983, p. 32) qui incite les chercheurs à faire part du chemin parcouru dans le labyrinthe de l'analyse du contenu de leurs matériaux : « *chaque chercheur répugne à décrire son hésitante alchimie, se contentant d'exposer les résultats finaux dans leur perfection, par réticence à expliquer les tâtonnements de la cuisine hasardeuse qui les a précédés. Au grand dam des débutants qui ne trouvent pas de modèles, de recettes toutes prêtes, lorsqu'ils s'attaquent à des analyses s'éloignant un tant soit peu, par leur matériau ou leur visée, des sentiers traditionnels* », nous prenons l'option de décrire ci-dessous quelques étapes clés dans la conception de nos grilles d'observation et nos tableaux d'analyse au risque de dévoiler un parcours truffé d'essais et d'erreurs. Nous tenterons cependant de ne pas tomber dans l'excès d'une description exhaustive des hésitations, des allers-retours et des embûches, en centrant surtout la description sur les éléments importants de cette élaboration.

7.2 Immersion totale

Une première immersion dans les corpus de notes des étudiants montre qu'ils ont tous transcrits des éléments provenant à la fois des diapositives, du tableau et parfois de l'énoncé oral du professeur et que pour noter, ils ne se situent pas au niveau du mot mais au niveau d'unités plus larges (phrases, bribes de phrases...). Au-delà de ces deux constatations, peu d'informations plus précises ont pu être dégagées de cette première plongée dans les données sans hypothèses préalables, vu le nombre élevé de critères d'observation (le sens est-il conservé ? y a-t-il des abréviations ? quelles sont les informations notées, absentes ? à partir de quel(s) support(s) les bribes de phrases sont-elles notées ? ...) et le volume des matériaux (longueur des notes : plusieurs pages et 21 étudiants dans notre premier échantillon du premier recueil). En effet, à la lecture, même attentive, de leurs notes, chaque nouvelle information bousculait l'autre et éliminait les plus anciennes selon le fonctionnement, bien connu, de la mémoire de travail. Nous avons dès lors décidé d'élaborer, intuitivement, une grille d'observation pour coder ensuite les informations plus systématiquement et de manière plus ordonnée.

7.3 Élaboration d'une première grille d'observation

Une première grille d'observation des notes des étudiants a été conçue. Une grille permet l'analyse des notes d'un étudiant. Elle correspond à un tableau à double entrée comme l'indique le tableau 7.1. Les premières colonnes sont dédiées aux caractéristiques de la communication pédagogique et principalement à celle de l'énoncé oral. Les trois colonnes suivantes comprennent les messages sources délivrés respectivement *via* l'énoncé oral, les diapositives et le tableau. Ils sont repris dans l'ordre chronologique d'apparition dans la leçon. Enfin, les dernières colonnes correspondent à l'analyse des notes de l'étudiant.

Caractéristiques de la communication pédagogique				Messages sources			Corpus des notes Étudiant 1				
N°	Unités notionnelles	Unités méta	r, i, d	Éléments à noter à partir de l'énoncé oral	Éléments à noter à partir des diapositives	Éléments à noter à partir du tableau	Canal	Ampleur	Fidélité de sens	Pertinence	Extrait des notes
5		1		<i>et on va voir que</i>							
6	UM			<i>la solubilité peut être comprise d'un point de vue macroscopique</i>	<i>Solubilité : point de vue macroscopique</i>	<i>Macroscopique</i>	?	1/2	1	100	☺ macro.
7				<i>et je dirais d'un point de vue intuitif</i>							
8	UC			<i>comme étant le fait que l'on peut ajouter une certaine quantité de soluté dans un solvant pour former une solution et qu'à un certain moment on va atteindre la saturation.</i>	<i>Quand on ajoute des quantités croissantes d'un soluté, on atteint à un moment la saturation</i>	<i>Saturation</i>	T D	1 1/2	1 0	10	saturation : qd on ajoute des qté croissantes de solvant
9		1		<i>Alors vous avez tous fait</i>							
10				<i>du cacao ou mis du sucre dans un café.</i>	<i>Le dessin de la tasse et du sucre</i>	<i>Dessin de la tasse</i>					
11		1		<i>Vous savez que</i>							
12			r	<i>d'un point de vue macroscopique,</i>							

Tableau 7.1 : Portion de la première grille d'observation

7.3.1 Découpage de l'énoncé oral

Pour confronter les notes des étudiants avec l'information délivrée par l'enseignant, les messages sources ont été scindés en portions. Encore fallait-il définir la manière de découper les messages sources. Après une exploration des techniques d'analyse de corpus de notes (voir à ce sujet : Faraco *et al.*, 2003 et Boch *et al.*, 2003), nous avons retenu un découpage par unités de sens. Cette technique consiste à délimiter intuitivement les différentes unités de contenu des messages sources (une ligne dans la grille d'observation) en petites unités, chacune porteuse de sens. Le format d'une unité sémantique est défini, dans la littérature, de la manière suivante : « *il n'est pas conforme au format phrastique. Elle peut varier d'un unique syntagme* (il s'agit de la réunion de deux ou plusieurs éléments de la langue en un seul complexe comme un mot composé, une locution, une proposition, un groupe nominal, un groupe verbal) *à un groupe de phrases* » (Boch *et al.*, 2003, p. 32).

L'énoncé oral étant le message source le plus dense, c'est celui qui a été choisi pour le découpage. Ensuite, la mise en correspondance rigoureuse des deux autres messages sources a été réalisée. Elle a nécessité une subdivision parfois arbitraire des messages issus des diapositives et du tableau ne respectant plus, dès lors, l'organisation spatiale des informations notées, c'est-à-dire la manière dont le professeur les avait organisées sur les diapositives et au tableau. Autrement dit, c'est le découpage de l'énoncé oral en unité de sens qui a guidé le positionnement et la scission des informations inscrites sur les diapositives et sur le tableau.

Pour des informations apportées par les diapositives ou notées au tableau et n'ayant pas de correspondance avec l'énoncé oral, une ligne supplémentaire d'unité de sens a été créée. Ce cas est relativement rare. En effet, l'énoncé oral est le plus souvent en lien avec les informations notées sur les diapositives et l'écriture au tableau s'accompagne, le plus souvent, d'une explication orale. Cette situation se présente cependant dans l'extrait 1 pour les unités de sens 5, 56, 57, 85 et 132.

À l'instar de Branca-Rosoff et Doggen (2003), nous nous sommes aidée des commentaires phatiques et métalinguistiques pour délimiter les blocs sémantiques. Nous les avons considérés comme des unités de sens à part entière.

7.3.2 Caractéristiques de la communication pédagogique

Lors de la conception de cette première grille d'observation des notes des étudiants, les messages sources et principalement l'énoncé oral ont été codés selon quelques caractéristiques de la communication pédagogique :

- le numéro de l'unité de sens ;
- les deux niveaux de la trame discursive du professeur : d'une part, les unités des données notionnelles et d'autre part, les unités des commentaires phatiques et métalinguistiques ;
- les reprises telles que les reformulations ou les répétitions (notées r dans la grille) (cf. point 6.1.2.2) ;
- les déclencheurs ou les inhibiteurs de la PDN (notés d et i dans la grille), (cf. point 6.1.2.3).

Afin de répondre à la question de recherche sur la pertinence sémantique des notes des étudiants, nous avons retenu une catégorisation des unités sémantiques correspondant aux

données notionnelles basée sur une approche hiérarchique. L'approche hiérarchique est largement pratiquée dans le cadre de travaux en psycholinguistique textuelle (*cf.* pour une synthèse, Coirier *et al.*, 1996 ; Piolat et Pélissier, 1998). Elle consiste à découper le message source ainsi que les notes produites par les étudiants en unités de sens et à en repérer les niveaux imbriqués.

La méthode des juges qui permet cette approche hiérarchique a été exploitée (Barbier *et al.*, 2002). Elle est appliquée, dans ce cas, par une seule personne et validée par le professeur ayant dispensé la leçon. De plus, la structure qui apparaît sur les diapositives a souvent influencé la hiérarchie établie pour les unités sémantiques.

Cette technique des juges consiste à délimiter intuitivement les différentes unités de contenu du message source provenant de l'énoncé oral (une ligne dans la grille d'observation) ainsi que leur enchâssement selon des règles qui comprennent une définition de chaque type d'unité à repérer (tableau 7.2).

<p>Unités majeures (UM)</p> <p>Les unités majeures correspondent aux grands thèmes développés dans les messages sources et regroupent les unités conceptuelles.</p> <p>Unités conceptuelles (UC)</p> <p>Les unités conceptuelles englobent un ensemble d'unités de base et de sous-unités de base.</p> <p>À chacune de ces unités conceptuelles, il est possible d'associer un thème titre (une sorte de sous-titre) qui fait office de résumé.</p> <p>Unité de sens de base (UB)</p> <p>Une unité de base est porteuse de sens et est censée apporter une seule information en rapport avec l'unité conceptuelle à laquelle elle se rapporte. Elle illustre, elle définit, elle explique l'unité conceptuelle.</p> <p>Son format n'est pas conforme au format phrastique. Elle peut varier d'un unique syntagme à un groupe de phrases.</p> <p>Sous-unité de base (SUB)</p> <p>Une sous-unité de base comporte une information qui complète une unité de base. Elle la suit ou la précède mais est toujours reliée à une unité de base. Il s'agit d'une expansion de l'information contenue dans une unité de base qui est de moindre importance.</p> <p>Son format est variable du syntagme à la phrase complexe.</p>

Tableau 7.2 : Règles de découpage en unités sémantiques (US), adapté d'après Barbier *et al.* (2002)

À l'ensemble de ces catégories fournies par la méthode des juges, nous avons ajouté un niveau hiérarchique qui englobe tous les autres et que nous avons appelé « Titre »⁴³.

⁴³ Par « Titre », nous entendons le titre général de la leçon.

Le tableau 7.3 vise à montrer les relations hiérarchiques entre les différents types d'unités sémantiques et à les illustrer par des exemples puisés dans le message source issu de l'énoncé oral.

Unités sémantiques (US)	Code associé	Exemples
Titre	<i>Titre</i>	<i>C'est la notion de solubilité</i>
Unités majeures	<i>UM</i>	<i>la solubilité peut être comprise d'un point de vue macroscopique</i>
Unités conceptuelles	<i>UC</i>	<i>cette solubilité dépend de la nature du soluté</i>
Unités de base	<i>UB</i>	<i>Le sucre à 25 degré °C ; et bien, vous pouvez dissoudre plus ou moins treize morceaux de sucre dans cent grammes d'eau</i>
	<i>UB</i>	<i>Vous pouvez dissoudre sept cuillères à café de sel, du NaCl</i>
Sous-unités de base	<i>SUB</i>	<i>plus ou moins 35 grammes</i>

Tableau 7.3 : Hiérarchisation des unités de sens

Comme le montre la hiérarchie, une unité de base (UB) appartient à une unité conceptuelle (UC) qui elle-même fait partie d'une unité majeure (UM). Une unité conceptuelle comprend en général plusieurs unités de base. Enfin, plusieurs sous-unités de base sont généralement associées à une unité de base. Pour faciliter l'encodage, nous avons associé une couleur à chaque niveau hiérarchique comme l'illustre le tableau 7.3.

7.3.3 Analyse des notes

Les cinq dernières colonnes des grilles d'observation sont attribuées au corpus des notes de chacun des étudiants de notre échantillon. Quatre descripteurs en lien avec nos questions de recherche ont été imaginés pour permettre le codage des notes : le canal sélectionné par le noteur, l'ampleur, la fidélité sémantique et la pertinence des notes.

- ✓ **Le canal sélectionné par le noteur** : ce descripteur répond à la question du choix du canal à partir duquel l'information a été notée. Les majuscules, « E » pour énoncé oral, « D » pour diapositive et « T » pour tableau indiquent respectivement le canal utilisé pour transmettre l'unité de sens. Notons ici que des indices de contenu ou spatiaux permettent le plus souvent d'inférer le canal utilisé par l'étudiant. Mais dans le cas contraire, lorsqu'un doute subsiste quant à la provenance des notes, un point d'interrogation « ? » est noté. Par exemple : pour l'unité de sens 6 du tableau 7.1 le professeur dit « la solubilité peut être comprise d'un point de vue macroscopique » ; sur la diapositive projetée à ce moment, il est inscrit : « Solubilité : point de vue macroscopique » et en même temps, l'enseignant écrit au tableau le mot « Macroscopique ». Dans les notes de

l'étudiant 1, il est inscrit : « point de vue (à l'aide de l'abréviation classique) macro ». Il n'est pas possible de décider à partir de quel canal cet étudiant a noté ces informations. Cela s'est traduit par le codage « ? ».

- ✓ **L'ampleur** : ce deuxième descripteur bien qu'il soit largement utilisé dans les travaux sur la PDN (Piolat, 2003 ; Faraco *et al.*, 2003 ; Barbier *et al.*, 2003) n'est toutefois pas défini explicitement. Nous lui donnons la signification suivante : l'ampleur vise à rendre compte du volume des notes des étudiants. Ce volume est lié à la quantité de mots notés par les étudiants par rapport à la quantité de mots transmis par le professeur quel que soit le canal utilisé. Il s'agit dès lors d'une ampleur en référence avec les messages sources, donc d'une ampleur relative. Nous distinguons trois situations :

- tous les éléments de l'unité de sens sont notés à l'identique ou en utilisant des abréviations (les mots sont abrégés – saturat^o, slvt, mom^t. – ou les articles ne sont pas notés). L'ampleur est maximale et cette situation est codée par « 1 » ;
- il manque un ou plusieurs éléments de l'unité de sens ou les éléments sont notés d'une autre manière, autrement dit les informations sont retraitées. L'ampleur est partielle et cette situation est codée par « ½ » ;
- les éléments de l'unité de sens ne sont pas notés. L'ampleur est nulle et cette situation est codée en laissant la case vide ou par « 0 ».

L'ampleur des notes est donc centrée exclusivement sur le volume des notes ainsi que sur le respect de la formulation et non sur la qualité de ce qui est inscrit. L'ampleur ne constitue donc pas une échelle de valeur des notes. Ce dernier aspect est traité dans le critère de fidélité sémantique.

Plusieurs exemples illustrent le codage dans le tableau 7.4.

N° unité de sens	Énoncé oral	Diapositive	Tableau	Prise de notes des étudiants	Codage
8	<i>comme étant le fait qu'on peut ajouter une certaine quantité de soluté dans un solvant pour former une solution et à un moment on va atteindre la saturation</i>	<i>Quand on ajoute des quantités croissantes d'un soluté, on atteint à un moment la saturation</i>	<i>Saturation</i>	saturation : qd on ajoute des qté croissantes de solvant (étudiant 1) On peut rajouter certaine quantité de soluté et à 1 moment donné il y aura saturation (étudiant 9)	D ½ T 1 E ½
27	<i>Alors quand je dis concentration maximale, c'est donc celle que l'on va atteindre lorsqu'on est à saturation.</i>			c'est-à-dire la concentration max. (qd on atteint la saturation) (étudiant 2)	E ½
42	<i>cette solubilité dépend de la nature du soluté</i>		→ <i>nature</i>	dépend de la nature du soluté (étudiant 2)	E ½
43	<i>Le sucre à 25 degré °C et bien, vous pouvez dissoudre plus ou moins 13 morceaux de sucre dans 100 grammes d'eau</i>			sucre : 13 sucres ds 100 ml d'eau (étudiant 2)	E ½ E ½
47	<i>100 grammes d'eau c'est plus ou moins 100 millilitres d'eau.</i>				

Tableau 7.4 : Exemples de codage des notes des étudiants

- ✓ **La fidélité sémantique** : ce troisième descripteur a pour objectif d'indiquer si le sens est conservé. Il est intéressant dans le cas d'une notation incomplète ou adaptée de l'unité sémantique puisque pour une unité de sens notée mot à mot, le sens est à l'évidence conservé. Un code « 1 » est attribué pour un sens respecté. Dans le cas contraire, le code choisi est « 0 ». Dans les cas où le sens n'est pas explicitement conservé, l'option choisie a été d'adopter également le code « 0 ». Un travail dépassant la simple lecture est alors nécessaire à l'étudiant, lors de la révision de ses notes, pour dégager le sens correct des informations notées.

Ce descripteur est également basé sur la comparaison avec les messages sources. Il s'agit dès lors à nouveau d'un descripteur relatif, donc d'une fidélité sémantique relative. Par exemple : pour l'unité de sens 8, notée par l'étudiant 9, décrite ci-

dessus, le sens est conservé puisque ce qui est noté par l'étudiant est cohérent et correspond au sens délivré par le professeur. En revanche, pour ce qui est noté à partir de l'énoncé oral, par l'étudiant 1, le sens n'est pas respecté.

- ✓ **La pertinence** : le dernier descripteur concerne la pertinence des éléments notés. Il s'agit encore d'un descripteur relatif, défini dans le cadre de notre travail de la manière suivante : il est plus pertinent de noter un élément hiérarchiquement plus élevé qu'un élément plus bas dans la hiérarchie.

Chaque unité de sens notionnelle a été associée à un niveau hiérarchique (titre, UM, UC, UB, SUB). Ces différents niveaux ont été définis ci-dessus (cf. point 7.3.2). Pour faciliter l'encodage, à chaque niveau hiérarchique a été attribuée une couleur de plus en plus claire en descendant dans la hiérarchie. Un code « 1000 » correspond au titre, « 100 » aux unités majeures, « 10 » aux unités conceptuelles, « 1 » aux unités de base et « 0,1 » aux sous-unités de base. Ce mode de codage est intéressant car en additionnant pour chaque étudiant l'ensemble des codages liés à la pertinence, il est possible en un seul coup d'œil de voir combien d'unités de sens de chaque type ont été notées. De plus, en comparant les chiffres ainsi obtenus pour différents étudiants, on peut aisément comparer les étudiants du point de vue de la pertinence. Un problème lié à ce codage intervient cependant quand l'étudiant note dix ou plus de 10 unités de sens d'un même niveau hiérarchique. Dans ces situations, rarement observées, une autre écriture de la somme a été adoptée mais ce problème oblige à la vigilance, entraîne un traitement supplémentaire et constitue une erreur potentielle.

Lors de l'analyse des résultats, nous serons évidemment amenée à discuter cette définition de la pertinence, qui ne prétend pas indiquer la stratégie à suivre mais vise simplement à détecter la manière dont les étudiants notent des informations hiérarchisées.

Lors de l'encodage, les notes des étudiants qui diffèrent du message source (c'est-à-dire les unités de sens dont l'ampleur est partielle) sont recopiées dans la dernière colonne « Extrait des notes » des étudiants et ce pour chaque unité de sens. De cette manière, lors de l'analyse des grilles, il n'est plus nécessaire de se référer aux notes des étudiants puisque toutes les informations se retrouvent dans les grilles d'observation.

7.3.4 Cadrage de l'analyse des notes

Au vu du nombre de variables dont la grille tient compte et dans le but de cadrer la recherche, les questions liées aux stratégies particulières de PDN des étudiants, comme l'utilisation des abréviations ou la structure personnelle des notes, ont été abandonnées. En effet, le présent travail est davantage centré sur la communication pédagogique, c'est-à-dire le lien entre les messages sources et les notes des étudiants que sur les stratégies de PDN elles-mêmes. C'est d'ailleurs ce qui justifie le choix des descripteurs alors qu'une recherche basée sur les stratégies des étudiants nous aurait conduit à distinguer une PDN partielle d'une PDN reformulée.

7.3.5 Règles d'encodage

La grille d'observation des notes présentée dans le tableau 7.1 a été complétée pour chacun des étudiants du premier échantillon, pour les trois extraits sélectionnés de la séance de cours.

Lors de ce travail, deux règles ont été suivies :

- quand les notes correspondent à deux canaux distincts pour une même unité de sens, les deux canaux sont codés dans la colonne « Canal » ; l'ampleur et la fidélité sont traitées séparément pour chaque canal et le code associé à la pertinence n'est noté qu'une seule fois. En effet, ce qui compte pour ce descripteur, c'est si l'information est notée ou non ;
- lorsque les informations sont notées exactement de la même manière que celles d'un des messages sources, nous avons adopté la convention de coder ce canal-là.

7.4 **Conception d'une grille d'observation définitive**

Les calculs à réaliser pour compléter les tableaux d'analyse (*cf.* point 7.5) à partir des grilles d'observation de chacun des étudiants sont particulièrement longs, répétitifs et donc fastidieux. De plus, le nombre de notes d'étudiants à analyser a doublé en cours de recherche (*cf.* chapitre 5). Enfin, lors de l'analyse des données, pour déterminer l'impact d'une caractéristique du message sur les descripteurs des notes des étudiants, il faut comptabiliser le nombre d'unités de sens portant chacune des caractéristiques. Ces trois éléments conjoints sont à l'origine de la conception d'une seconde version d'une grille d'observation générée en exploitant le logiciel Excel. Ce logiciel permet, moyennant la conception de formules qui

relient les grilles d'observation et les tableaux d'analyse, d'élaborer ces derniers au fur et à mesure de l'encodage des notes des étudiants. De cette manière, les sommes et les pourcentages sont calculés automatiquement dans les tableaux d'analyse. Un autre avantage pratique de l'utilisation de ce programme réside dans l'économie non négligeable d'une quantité énorme de papier et de sa manipulation.

La grille d'observation définitive élaborée dans Excel est très proche de son homologue version papier (la première grille d'observation qui vient d'être décrite – tableau 7.1). Toutefois, une amélioration a permis de tenir compte du défaut observé lors de l'exploitation des grilles d'observation version papier (*cf.* point 7.3.3 – description de la pertinence). Ainsi, le codage de la pertinence a été modifié. Cinq colonnes correspondent à ce descripteur, un par niveau hiérarchique (titre, unité conceptuelle, unité majeure, unité de base et sous-unité de base) et selon le niveau hiérarchique de l'unité de sens à coder, un « 1 » est inséré dans la colonne appropriée. De cette manière, le problème mentionné plus haut (*cf.* point 7.3.3) engendré par le codage initial de la pertinence a pu être évité.

En plus de cette amélioration, les codes ont également été modifiés pour faciliter le traitement des informations, c'est-à-dire le passage des grilles d'observation aux tableaux d'analyse. Dans la grille d'observation Excel, les codes « 1 » et « ½ » pour le descripteur ampleur et « 1 » et « 0 » pour la fidélité ont été abandonnés au profit d'un code unique « 1 » inscrit dans les colonnes adéquates. En effet, chacun de ces descripteurs comprend deux colonnes : respectivement « Ampleur maximale » et « Ampleur partielle », « Fidélité de sens respectée » et « Fidélité de sens non respectée ». La même logique a été adoptée pour chaque variable des corpus de notes.

Enfin, comme plusieurs étudiants portaient le même prénom dans le second échantillon du premier recueil et qu'il était impossible par souci de confidentialité de conserver les noms de famille, les étudiants ont été repérés par des numéros attribués par ordre alphabétique.

Une portion de cette grille d'observation définitive est présentée dans le tableau 7.5. Elle montre le tableau d'observation pour les dix-sept premières unités de sens et pour la majorité des colonnes décrivant la qualité des notes des étudiants. Toutefois les colonnes globalisant les observations pour l'ensemble des canaux ne sont pas reprises dans le tableau 7.5.

Une telle grille d'observation a été complétée pour les 42 étudiants du second échantillon.

Caractéristiques de la communication pédagogique			Messages sources			Qualité des notes																															
N°	Unités notionnelles	Unités méta r, i, d	Eléments à noter à partir du discours	Eléments à noter à partir des dispositives	Eléments à noter à partir du tableau	Pertinence : SUB	Pertinence : UB	Pertinence : UM	Pertinence : UC	Pertinence : Titre	Fidélité de sens non respecté	Fidélité de sens respecté	Ampleur partielle	Ampleur maximale	Canal	Fidélité de sens non respecté	Fidélité de sens respecté	Ampleur partielle	Ampleur maximale	Canal	Fidélité de sens non respecté	Fidélité de sens respecté	Ampleur partielle	Ampleur maximale	Canal	Fidélité de sens non respecté	Fidélité de sens respecté	Ampleur partielle	Ampleur maximale	Canal	Fidélité de sens non respecté	Fidélité de sens respecté	Ampleur partielle	Ampleur maximale	Canal		
1		1	Aucun un point important et																																		
2																																					
3		1	c'est le point A,																																		
4	Titre		c'est la notion de solubilité	solubilité																																	
5																																					
6		1	et on va voir que la solubilité peut être comprise d'un point de vue macroscopique		Macroscopique																																
7	UM																																				
8			et je dirais d'un point de vue intuitif																																		
9	UC1		comme étant le fait que l'on peut ajouter une certaine quantité de soluté dans un solvant pour former une solution et qu'à un certain moment on va atteindre la saturation.	Quand on ajoute des quantités croissantes d'un soluté, on atteint à un moment la saturation	Saturation																																
10		1	Aucun vous avez tous fait du cacao ou mis du sucre dans un café.																																		
11																																					
12		1	Vous savez que d'un point de vue macroscopique,																																		
13		17	dans votre solvant vous allez pouvoir rajouter une certaine quantité de votre soluté,																																		
14		13																																			
15			le sucre																																		
16		1	par exemple, vous allez pouvoir mettre une certaine quantité, un certain nombre, de morceaux de sucre et à un certain moment vous n'allez plus pouvoir dissoudre plus de sucre et une partie de ce sucre va se retrouver dans le fond de votre tasse.																																		
17	UB1																																				

Tableau 7.5 : Portion de la première grille d'observation pour l'étudiant 17

7.5 **Conception des tableaux d'analyse**

À partir des grilles d'observation complétées pour chacun des étudiants de l'échantillon pour les trois extraits du cours magistral sur la solubilité, nous avons élaboré des tableaux d'analyse. Dans un tableau **d'analyse par unité de sens**, nous additionnons les résultats de chacun des descripteurs des PDN de l'ensemble des étudiants pour chaque unité de sens du message. Dans un tableau **d'analyse par étudiant**, nous compilons les résultats des descripteurs des PDN de l'ensemble des unités de sens pour chaque étudiant. Nous y avons ajouté les résultats des étudiants aux différentes épreuves en chimie en vue de répondre à la question du lien entre les descripteurs de PDN et leur réussite. Ces deux tableaux fournissent une série de données quantitatives en lien avec nos différentes questions de recherche. Afin de les concevoir, comme nous l'avons déjà mentionné, des formules ont été intégrées dans le logiciel Excel. Elles permettent de lier les 42 grilles d'observation des notes des étudiants aux deux tableaux d'analyse.

7.5.1 **Tableau d'analyse par unité de sens**

Un premier tableau d'analyse permet de visualiser, pour chacune des unités de sens des trois extraits des messages sources, le nombre de ces unités de sens notées par les étudiants de notre échantillon ainsi que l'ampleur et la fidélité sémantique associées et cela en fonction du canal choisi par l'étudiant pour sa PDN.

En outre, un total des unités de sens (US) notées ainsi que l'ampleur et la fidélité associées quel que soit le canal sélectionné sont comptabilisés. Ces différents totaux sont également exprimés en pourcentage.

Par exemple, l'unité de sens 87 du deuxième extrait est notée 2 fois à partir de l'énoncé oral, 6 fois à partir de la diapositive et 21 fois à partir du tableau. Cette unité de sens a donc été notée 29 fois au total. Comme le nombre de noteurs est de 42, le total exprimé en pourcentage est de $29/42 \times 100 = 69\%$.

Autre exemple, l'unité de sens 9 du premier extrait est notée 12 fois à partir de l'énoncé oral, 27 fois à partir de la diapositive et 5 fois à partir du tableau et pour un étudiant, il a été impossible de dire à partir de quel support la PDN a été réalisée. Cette unité de sens a donc été notée 45 fois au total. Comme le nombre de noteurs est de 42, le total exprimé en pourcentage est dans ce cas-ci de $45/42 \times 100 = 107\%$, ce qui signifie qu'on retrouve dans les

notes de quelques étudiants des éléments provenant de différents supports pour cette même unité de sens.

Enfin, les unités de sens ont elles aussi été codées pour chacune des caractéristiques qui nous intéressent de manière à pouvoir les trier en fonction de ces caractéristiques lors de la phase d'analyse des résultats.

Rappelons que parmi les caractéristiques de l'information échangée lors de la communication pédagogique, celles qui retiennent notre attention correspondent :

- au **niveau de l'énoncé oral** (données notionnelles, commentaires phatiques ou métalinguistiques) ; deux colonnes permettent le codage du niveau de l'énoncé. L'une est intitulée « Unités notionnelles », l'autre s'appelle « Unités métalinguistiques ». Chaque unité sémantique est codée par « 1 » ou par « 0 » dans chacune de ces deux colonnes selon son niveau ;
- au **niveau hiérarchique** du discours (titre, unité majeure (UM), unité conceptuelle (UC), unité de base (UB), sous-unité de base (SUB)) ; une colonne est attribuée à chacun des niveaux hiérarchiques ;
- au **caractère de reprise** (répétitions et reformulations) ou non ; une colonne identifie le caractère de reprise ou non de l'unité de sens ;
- aux **indices déclencheur** ou **inhibiteur** de la PDN; à nouveau, trois colonnes déterminent si l'unité de sens correspond à un déclencheur (d), à un inhibiteur (i), ou à un indice dont on ne sait pas *a priori* s'il joue le rôle d'un déclencheur ou d'un inhibiteur (d, i ?), (cf. point 6.1.2.3) ; cette caractéristique est particulière. Elle se distingue des autres par son effet sur la PDN des étudiants. En effet, contrairement aux autres caractéristiques qui influencent directement la PDN de l'unité de sens porteuse de la caractéristique, l'indice déclencheur ou inhibiteur joue parfois un rôle indirect. Autrement dit, il peut agir sur d'autres unités de sens. Par exemple, quand le professeur dit « *ce qui va suivre est important* », cela déclenche probablement la PDN des informations qui suivent. De plus, les étudiants ne vont pas obligatoirement prendre note de « l'indice déclencheur ». Trois colonnes ont dès lors été ajoutées dans le tableau d'analyse des résultats par unités de sens : une colonne intitulée « US (unité de sens) potentiellement influencée par d », une autre « US potentiellement influencée par d, i ? » et une dernière « US potentiellement influencée par i » ;

- aux **canaux** utilisés pour échanger l'information (l'énoncé, les diapositives de type PowerPoint et le tableau) ; trois colonnes portant la mention « E », « D » et « T » caractérisent le ou les canaux utilisés pour transmettre le message. Chaque colonne est complétée par « 1 » ou « 0 » selon que l'unité de sens est véhiculée par le canal correspondant ou non ;
- au **nombre de canaux** utilisés pour échanger l'information. Trois colonnes supplémentaires caractérisent le nombre de canaux à partir desquels les étudiants ont pris note ;
- à la **spécificité du contenu chimique** du message (le niveau de savoir en chimie, phénoménologique, moléculaire, symbolique). Pour cela, le numéro de l'extrait duquel chaque unité de sens provient est indiqué.

Le tableau 7.6 présente une portion de ce tableau d'analyse par unité de sens pour les seize premières unités de sens et pour cinq colonnes qui déterminent la qualité des notes des étudiants quel que soit le message source sélectionné pour la PDN. Une série de quatre fois cinq colonnes complètent la partie « Descripteurs des notes » et correspondent respectivement aux informations notées à partir de l'énoncé oral (cinq colonnes), des diapositives (cinq colonnes), du tableau (cinq colonnes) et aux informations pour lesquelles il n'a pas été possible lors du codage de déterminer le canal choisi.

Une comparaison de la grille d'observation par étudiant (*cf.* tableau 7.1) et du tableau d'analyse par unité de sens (*cf.* tableau 7.6) fait apparaître une nette évolution des colonnes liées aux caractéristiques des unités de sens de l'énoncé oral. En effet, les colonnes sont plus nombreuses et sont plus spécifiques car l'avancement dans la réponse aux questions de recherche a permis progressivement d'affiner les outils d'analyse.

7.5.2 Tableaux d'analyse par étudiant

Les tableaux d'analyse par étudiant ont également été réalisés dans Excel. Dans chacun d'eux, une ligne correspond à un étudiant de l'échantillon. Les sept premières colonnes correspondent aux résultats des étudiants à différentes épreuves d'évaluation. Les colonnes suivantes comprennent quatre parties liées aux descripteurs des corpus de notes, respectivement, le **canal choisi par les étudiants**, l'**ampleur**, la **fidélité sémantique** et la **pertinence** des notes des étudiants. Pour chaque descripteur, les premières colonnes expriment le nombre d'unités de sens notées par chacun des étudiants et les suivantes indiquent les proportions d'unités de sens notées. Elles sont alors exprimées en pourcentage. Nous avons élaboré un tel tableau pour chacun des trois extraits du cours magistral analysé et un tableau supplémentaire regroupe les données pour les trois extraits.

Les paragraphes qui suivent décrivent en détail les différentes parties des tableaux d'analyse par étudiant et la manière dont elles ont été conçues. Chaque partie est illustrée à l'aide d'une portion d'un tableau d'analyse relatif à l'extrait 1 et d'un nombre limité d'étudiants. Ce tableau pour 11 étudiants est présenté en fin de chapitre (tableau 7.11).

Résultats des étudiants (tableau 7.7)

Les premières colonnes du tableau d'analyse correspondent respectivement aux résultats que les étudiants ont obtenus au questionnaire complété lors de l'activité facultative d'autoévaluation de la PDN, à l'examen de chimie en janvier, en juin et en septembre. Les colonnes suivantes reprennent la moyenne de l'année académique, le résultat de la délibération en juin et celui de la délibération en septembre. La moyenne et l'écart-type sont calculés pour chaque colonne de résultats chiffrés.

Extrait 1	Résultats questionnaire	Chimie janv	Chimie juin	Chimie sept	Moyenne	Résultats juin	Résultats sept
Unités notionnelles							
étudiant 1	5,5	11,0	12,0		13,09	S	
étudiant 2	18,0	15,0	17,0		16,00	GD	
étudiant 3	6,5	8,0	8,0	10,0	8,55	A	non
étudiant 4		9,0	7,0	12,0	9,73	A	S
étudiant 5		8,0	5,0	0,0	6,00	A	A
étudiant 6		9,0	2,0		2,27	A	non
...							
Total extrait 1							
Moyenne	11,1	12,0	11,3	6,8	11,0		
Ecart-type	3,3	4,0	4,7	4,9	4,2		

Tableau 7.7 : Portion de la première partie du tableau d'analyse : résultats obtenus par les étudiants

Canal choisi par les étudiants (tableau 7.8)

La deuxième partie du tableau d'analyse par étudiant est dédiée au canal choisi par l'étudiant lors de la PDN.

Dans une première ligne appelée « Unités notionnelles », le nombre d'unités de sens compris dans le message en fonction du canal (E, D, T) est comptabilisé pour le premier extrait. Ce nombre d'unités de sens par message source s'est avéré délicat à déterminer. Une première option consistait à compter l'ensemble des unités de sens notionnelles ainsi que les unités de sens phatiques et métalinguistiques. Mais comme les unités phatiques et métalinguistiques ne sont presque jamais notées par les étudiants, dans le contexte de ce travail, la proportion d'unités de sens notées aurait été plus petite et dépendante du taux de commentaires phatiques et métalinguistiques de l'énoncé oral du professeur. Une deuxième option aurait été de ne sélectionner pour le total des unités de sens que les unités notionnelles. Cependant, dans cette situation, la proportion d'unités de sens notées par les étudiants aurait été légèrement plus élevée puisque certaines unités métalinguistiques (« *Par exemple* », « *Je vous rappelle que* »...) sont notées par les étudiants. Il a donc été décidé de calculer le total des unités de sens des messages sources pour chaque canal en ajoutant aux unités de sens notionnelles, les unités de sens métalinguistiques qui avaient été notées par les étudiants, ne fût-ce qu'une fois. Ce chiffre est indiqué dans une case jaune en haut des colonnes. Par exemple, pour l'extrait 1, le message source provenant de l'énoncé oral (E) est divisé en 52 unités de sens notées, celui correspondant aux diapositives (D) en comprend 15 et le message source associé au tableau (T) a été découpé en 10 unités de sens. Le total des unités de sens notées, quel que soit le message source, est également comptabilisé.

Ensuite, pour chaque étudiant, le nombre d'unité de sens noté est compté pour chaque message source. Par exemple : pour le premier extrait, l'étudiant 1 a noté 3 unités de sens à partir de l'énoncé, 4 à partir des diapositives, 3 à partir du tableau et pour 3 unités de sens, il a été impossible lors de l'encodage de se prononcer quant au canal choisi par l'étudiant.

La proportion d'unités de sens notées est également calculée en pourcentage. Les proportions pour le descripteur « Canal » sont calculées sur la base du nombre total d'unités de sens dans chaque catégorie. Par exemple : pour le premier extrait, l'étudiant 1 a noté 4 unités de sens à partir des diapositives sur un total de 15. Dans la grille de l'extrait 1 les valeurs correspondantes exprimées en pourcentage sont donc $(4/15) \times 100 = 27\%$.

Enfin, les trois dernières lignes de cette portion de tableau établissent la moyenne, l'écart-type et la proportion des unités de sens notées pour l'ensemble des étudiants de l'échantillon, pour chacun des canaux et au total.

Extrait 1	Canal				Canal				
	E	D	T	?	TOT	E	D	T	TOT
Unités notionnelles	52	15	10		77	52	15	10	77
étudiant 1	3	4	3	3	13	6%	27%	30%	17%
étudiant 2	10	8	1	1	20	19%	53%	10%	26%
étudiant 3	6	11	3	2	22	12%	73%	30%	29%
étudiant 4	7	4	1	3	15	13%	27%	10%	19%
étudiant 5	0	9	0	4	13	0%	60%	0%	17%
étudiant 6	8	6	1	0	15	15%	40%	10%	19%
...									
Moyenne	5,4	6,62	1,74	2	15,76				
Ecart type	4,66	3,5	1,61	1,3	5,0				
Pourcentage	10%	44%	17%		20%				

Tableau 7.8 : Portion du tableau d'analyse : canal choisi par les étudiants

Ampleur et fidélité sémantique des notes (tableau 7.9)

Les troisième et quatrième parties du tableau d'analyse des résultats par étudiant mettent en lumière l'ampleur et la fidélité sémantique des notes. Comme ces deux parties sont conçues exactement de la même manière, nous décrirons seulement la partie « Ampleur ».

Pour chaque étudiant, le nombre d'unités de sens notées avec une ampleur maximale est relevé ainsi que celles notées avec une ampleur partielle et cela, pour chacun des canaux. Les colonnes indiquant les proportions pour les descripteurs « Ampleur » et « Fidélité » sont exprimées par rapport au nombre d'unités de sens que l'étudiant a noté dans la catégorie. Par exemple : pour le premier extrait, l'étudiant 1 a noté 4 unités de sens à partir des diapositives (D). Parmi ces 4 unités de sens, il en a noté 1 avec une ampleur maximale et 3 avec une ampleur partielle. Dans la grille de l'extrait 1 exprimée en pourcentage, les valeurs correspondantes sont donc $(\frac{1}{4}) \times 100 = 25\%$ dans la colonne « Ampleur maximale » et $(\frac{3}{4}) \times 100 = 75\%$ pour l'« Ampleur partielle ».

Extrait 1	Ampleur										Ampleur							
	Maximale	Partielle																
	E	E	D	D	T	T	?	?	Tot	Tot	E	E	D	D	T	T	Tot	Tot
étudiant 1	0	3	1	3	3	0	3	0	7	6	0%	100%	25%	75%	100%	0%	54%	46%
étudiant 2	1	9	7	1	1	0	1	0	10	10	10%	90%	88%	13%	100%	0%	50%	50%
étudiant 3	1	5	9	2	3	0	2	0	15	7	17%	83%	82%	18%	100%	0%	68%	32%
...																		
Moyenne	0,6	4,8	5,9	0,8	1,7	0,1	2,0	0,0	10,1	5,7								
Ecart type	1,1	4,1	3,3	0,9	1,6	0,3	1,3	0,2	3,4	4,5								
Pourcentage	11%	89%	88%	12%	96%	4%	96%	2%	64%	36%								

Tableau 7.9 : Portion de la troisième partie du tableau d'analyse des résultats : ampleur notée par les étudiants

8 Résultats et leur interprétation

Dans ce chapitre, les cinq premières questions de recherche seront traitées. Elles concernent la confrontation entre les messages sources et les PDN des étudiants en fonction des caractéristiques de la communication pédagogique. Pour chacune d'elles, nous rappellerons la question, nous décrirons la méthodologie et nous présenterons et interpréterons les résultats. Enfin, dans un résumé, nous épingleons les éléments essentiels. Pour certaines questions, la méthodologie et les résultats sont particulièrement imbriqués. Nous les présenterons de manière groupée afin de mettre en évidence notre démarche.

8.1 Question 1 : l'ampleur des notes

La première question concerne l'ampleur des notes des étudiants.

Question 1 : Comment évolue l'ampleur des notes en fonction des caractéristiques de l'information transmise lors de la communication pédagogique ?

Rappelons, parmi les caractéristiques des informations transmises, celles qui retiennent notre attention⁴⁴ :

- le **niveau de l'énoncé oral** : données notionnelles, commentaires phatiques et métalinguistiques (méta) ;
- les **canaux** utilisés pour transmettre l'information : l'énoncé oral (E), les diapositives de type PowerPoint (D) et le tableau (T) ;
- le **nombre de canaux** utilisés pour échanger l'information : un, deux ou trois ;
- le **niveau hiérarchique** du message : titre, unité majeure (UM), unité conceptuelle (UC), unité de base (UB), sous-unité de base (SUB) ;
- les **reprises** : répétitions et reformulations (r) ;
- les **indices déclencheurs ou inhibiteurs de la PDN** (d, i) ;
- le **niveau de savoir** : phénoménologique, moléculaire et symbolique.

⁴⁴ Pour la majorité des caractéristiques, des abréviations ont été choisies pour faciliter le traitement dans les tableaux parfois très volumineux. Ces abréviations présentées entre parenthèses dans le texte à côté de chaque caractéristique sont de temps à autres rappelées dans la suite du document, mais pas de manière systématique notamment dans les tableaux pour éviter d'alourdir le document. Nous suggérons dès lors au lecteur de se référer à cette page.

À l'instar de ce qui a été fait pour les étapes clés de la conception des grilles d'observation (*cf.* chapitre 7), nous proposerons dans les paragraphes qui suivent de dévoiler quelques facettes du chemin parcouru pour répondre à notre première question de recherche. Effectivement, le jeu d'interactions entre la formulation progressive, de plus en plus précise et fonctionnelle de cette question, et l'élaboration graduelle des nombreux tableaux visant à s'en rapprocher semble particulièrement illustratif d'une démarche méthodologique en sciences humaines (Quivy et Van Campenhoudt, 1988). Au risque de ne pas exposer d'emblée une méthodologie propre et directe et un produit fini impeccable, nous décrirons ce parcours sinueux. En effet, nous pensons qu'une thèse constitue un lieu propice pour faire état de son cheminement. Elle pourrait alors devenir un véritable outil de travail en évitant notamment à certains doctorants de retomber dans des difficultés déjà rencontrées par d'autres.

8.1.1 Première approche

En se rappelant les conditions d'une communication réussie définies dans le chapitre 2 (p. 7) : « une communication réussie est basée sur deux conditions, la seconde dépendant de la première : le message est reçu par les récepteurs et le sens du message perçu par les récepteurs est sensiblement identique à celui qui a été produit par l'émetteur », il s'avère qu'il est plus intéressant du point de vue de la communication pédagogique de traiter l'ampleur en deux temps. D'abord en répondant à la question : quelles sont les informations notées et celles qui ne le sont pas ? et ensuite en répondant à la question : parmi les informations notées, quelles sont celles qui le sont avec une ampleur maximale et celles qui le sont avec une ampleur partielle ? En effet, une unité de sens notée avec une ampleur partielle et avec une fidélité respectée est d'après nos conditions une unité de sens pour laquelle la communication est réussie. Or, en traitant globalement les deux questions, on minimiserait probablement la qualité de la communication pédagogique. En outre, puisque notre méthodologie nous a conduite à subdiviser l'information, donc le message en unités de sens, ce qui se cache derrière les termes « informations notées » correspond en fait aux différentes unités de sens du message. Enfin, il est abusif de parler d'une manière générale d'informations ou même plus précisément d'unités de sens notées ou non notées, une même unité de sens pouvant être notée par certains étudiants et pas par d'autres.

Sur la base de ces considérations, nous avons choisi arbitrairement de traiter successivement :

- les unités de sens qui n'ont jamais été notées : proportion de 0% ;
- les unités de sens qui ont été très peu notées : proportion de 1 à 25% ;
- les unités de sens qui ont été faiblement notées : proportion de 26 à 50% ;
- les unités de sens qui ont été moyennement notées : proportion 51 à 75% ;
- les unités de sens qui ont été fortement notées : proportion 76 à 100% ;
- les unités de sens qui ont été notées plus d'une fois par certains étudiants : proportion supérieure à 100%. Cette proportion peut être supérieure à 100% puisque le nombre d'unités de sens notées dépasse le nombre d'unités de sens qui auraient pu être notées si chaque étudiant avait noté une unité au moins une fois à partir d'un des trois messages sources (*cf.* point 7.5.1).

Dans la suite, nous appellerons, par extension, **ampleur**, la proportion d'unités de sens notées par les étudiants de notre échantillon. Pour distinguer les unités de sens notées totalement de celles notées partiellement, nous parlerons **d'ampleur maximale**.

8.1.2 Précision des questions et adaptation de la méthodologie

En cours de recherche, les descripteurs des notes des étudiants ont été soigneusement définis et les caractéristiques du cours magistral ont été mises en évidence. Les questions sur l'ampleur se sont alors multipliées pour couvrir ces différents aspects. Elles sont présentées ci-dessous :

1. Quelle est l'ampleur des notes des étudiants ? Autrement dit quelles sont les informations notées et celles qui ne le sont pas ?
2. Comment l'ampleur évolue-t-elle en fonction du canal choisi par l'étudiant pour prendre des notes ?
3. Comment l'ampleur évolue-t-elle en fonction du nombre de canaux utilisés pour transmettre l'information ?
4. Comment l'ampleur évolue-t-elle en fonction du niveau du message (notionnel, phatique ou métalinguistique) ?
5. Comment l'ampleur évolue-t-elle en fonction du niveau hiérarchique ?

6. Comment l'ampleur évolue-t-elle en fonction de la reprise de l'information ?
7. Comment l'ampleur évolue-t-elle en fonction du niveau de savoir de la chimie ?
8. Comment l'ampleur évolue-t-elle en fonction de l'attribut déclencheur ou inhibiteur de la PDN ?

Comme pour l'ampleur, le nombre de questions pour les autres descripteurs des notes a également fortement augmenté, ce qui a porté à plus de trente le nombre de questions centrées sur la confrontation des notes et du message. Afin de réduire le nombre de questions de recherche tout en les rendant plus précises et opérationnelles, un travail en profondeur de réorganisation et de rédaction de l'ensemble de ces questions a été entrepris. Ce travail a permis non seulement de reformuler les questions relatives à l'ampleur des notes mais aussi de décliner l'objectif central de la recherche en sous-questions.

Suite à ce travail, la première question sur l'ampleur est la suivante :

Question 1 : Comment évolue l'ampleur des notes en fonction des caractéristiques de l'information transmise lors de la communication pédagogique ?

Sur la base de cette nouvelle question plus structurante sur l'ampleur des notes, il a été décidé d'élaborer le tableau 8.1. Il montre l'évolution de l'ampleur des notes des étudiants (les colonnes) en fonction des caractéristiques du message (les lignes), en regroupant les trois extraits (1, 2, 3) pour les différentes caractéristiques sauf évidemment pour le niveau de savoir de la chimie.

Le tableau 8.1 présente l'évolution de l'ampleur en fonction du niveau de l'énoncé oral (unités notionnelles ou unités phatiques et métalinguistiques).

Les caractéristiques nombre et nature des canaux, niveau hiérarchique et caractère de reprise sont traitées uniquement pour les unités notionnelles car ces trois caractéristiques ne sont pertinentes que pour celles-ci. Pour les trois niveaux hiérarchiques pour lesquels certaines unités de sens sont à la fois redondantes et non redondantes, ces deux caractéristiques ont été traitées ensemble.

Une dernière partie du tableau est consacrée au niveau de savoir de la chimie. Il distingue les trois extraits (phénoménologique, moléculaire, symbolique) d'abord pour l'ensemble des unités de sens, ensuite uniquement pour les unités notionnelles et enfin pour les unités phatiques ou métalinguistiques seulement.

Le tableau 8.1 a d'abord été conçu en nombre d'unités de sens notées dans chaque catégorie et ensuite transformé en proportions d'unités de sens exprimées en pourcentage (tableau 8.1' présenté en annexe). Chaque proportion est obtenue en divisant le nombre d'unités de sens par le nombre total d'unités de sens de la ligne, donc associées à une caractéristique particulière. Par exemple, la proportion pour les unités phatiques ou métalinguistiques non notées (de la catégorie ampleur de 0%) est obtenue en divisant 36 (le nombre unités phatiques ou métalinguistiques non notées) par 42 (le nombre total d'unités phatiques ou métalinguistiques) et en exprimant le résultat en pourcentage, ce qui correspond à 86%. Donc, 86% des unités phatiques ou métalinguistiques ne sont notées par aucun étudiant.

Enfin, un dernier tableau 8.1'' (du même type et également présenté en annexe) a été élaboré. Les proportions d'unités de sens notées sont également exprimées en pourcentage mais chaque proportion a été obtenue en divisant le nombre d'unités de sens par le nombre total d'unités de sens de la colonne associée à une caractéristique. Par exemple, la proportion pour les unités phatiques ou métalinguistiques non notées est obtenue en divisant 36 (le nombre unités phatiques ou métalinguistique non notées) par 57 (le nombre total d'unités de sens dans la catégorie : unités de sens non notées) et en exprimant le résultat en pourcentage, ce qui correspond à 63%. En conséquence, 63% des unités de sens non notées sont des unités phatiques ou métalinguistiques alors que 37% correspondent à des unités notionnelles.

Le tableau 8.1 constitue en quelque sorte les prémisses de la dernière version du tableau d'analyse par unités de sens dans Excel. Ce dernier nous a ensuite permis de répondre aux questions de recherche de la première partie de notre thèse.

PARTIE I : CONFRONTATION ENTRE LE MESSAGE ET LES NOTES

		Catégories de l'ampleur						
CARACTERISTIQUES DE L'INFORMATION		0%	1 à 25%	26 à 50%	51 à 75%	76 à 100%	>100%	Total US
NIVEAU DE L'ENONCE								
Unités phatiques ou métalinguistiques		36	3	0	1	2	0	42
Unités notionnelles		21	51	10	11	12	9	114
Total des US		57	54	10	12	14	9	156
NOMBRE DE CANAUX POUR LES UNITES NOTIONNELLES								
1 canal		21	51	6	1	1	0	80
NATURE DU CANAL	E	21	48	5	0	0	0	74
	D	0	2	0	0	1	0	3
	T	0	1	1	1	0	0	3
2 canaux		0	0	3	8	6	0	17
NATURE DU CANAL	E+D	0	0	2	5	3	0	10
	E+T	0	0	1	3	3	0	7
3 canaux		0	0	1	2	5	9	17
Total des canaux		21	51	10	11	12	9	114
NIVEAU HIERARCHIQUE POUR LES UNITES NOTIONNELLES								
Titre		0	1	0	0	1	0	2
UM		0	0	0	1	2	0	3
UC		0	0	1	2	1	3	7
UB		0	11	4	7	7	6	35
SUB		21	39	5	1	1	0	67
Total des niveaux hiérarchiques		21	51	10	11	12	9	114
REPRISE POUR LES UNITES NOTIONNELLES								
Oui		11	13	0	0	0	0	24
Non		10	38	10	11	12	9	90
Total des reprises		21	51	10	11	12	9	114
NIVEAU HIERARCHIQUE + CARACTERE REDONDANT POUR LES UNITES NOTIONNELLES								
Titre non redondant		0	0	0	0	1	0	1
Titre redondant		0	1	0	0	0	0	1
UM non redondant		0	0	0	1	2	0	3
UC non redondant		0	0	1	2	1	3	7
UB non redondant		0	10	4	7	4	9	34
UB redondant		0	1	0	0	0	0	1
SUB non redondant		11	28	5	1	1	0	46
SUB redondant		10	11	0	0	0	0	21
Total des niveaux hiérarchiques		21	51	10	11	9	12	114
NIVEAU DE SAVOIR DE LA CHIMIE								
Extrait 1		23	28	8	4	3	6	72
Extrait 2		16	18	1	4	5	2	46
Extrait 3		18	8	1	4	3	4	38
Total des extraits		57	54	10	12	11	12	156
NIVEAU DE SAVOIR POUR LES UNITES NOTIONNELLES								
Extrait 1		9	27	8	3	2	6	55
Extrait 2		6	17	1	4	4	2	34
Extrait 3		6	7	1	4	3	4	25
Total des extraits		21	51	10	11	9	12	114
NIVEAU DE SAVOIR POUR LES UNITES PHATIQUES ET METALINGUISTIQUES								
Extrait 1		14	1	0	1	1	0	17
Extrait 2		10	1	0	0	1	0	12
Extrait 3		12	1	0	0	0	0	13
Total des extraits		36	3	0	1	2	0	42

Tableau 8.1 : Évolution de l'ampleur en fonction des caractéristiques du message exprimée en nombre d'unités de sens notées

8.1.3 Analyse des résultats

À partir du tableau 8.1 et du tableau d'analyse par unités de sens dans lequel un tri a été effectué en fonction de l'ampleur, nous répondons à la première question de recherche en analysant d'abord chaque caractéristique indépendamment des autres et ensuite en les combinant.

8.1.3.1 Première caractéristique : le niveau de l'énoncé oral

Comment évolue l'ampleur des notes en fonction du **niveau de l'énoncé oral** lors de la communication pédagogique ?

Pour les trois extraits analysés du cours magistral, l'énoncé oral comprend 27% d'unités métalinguistiques, soit 10% de moins que pour l'ensemble de la leçon enregistrée⁴⁵ (cf. point 6.1.1) et 73% d'unités notionnelles.

L'analyse qui suit envisage dans un premier temps une répartition grossière et dichotomique de l'ampleur : d'une part, les informations qui ne se retrouvent pas dans les notes ou sont notées par moins de la moitié des étudiants (proportion de 0 à 50%) et d'autre part, celles qui sont notées par plus de la moitié des étudiants (proportion de 51 à plus de 100%). Ensuite, une analyse plus fine est entreprise sur la base des six catégories de l'ampleur.

La figure 8.1 permet de visualiser comment l'ampleur des notes évolue pour les deux niveaux de l'énoncé oral : les données notionnelles et les commentaires phatiques et métalinguistiques⁴⁶.

Les commentaires phatiques et métalinguistiques ne sont pas notés

86% des unités phatiques et métalinguistiques ne sont pas du tout notées. Les 14% d'unités métalinguistiques notées sont celles qui annoncent le statut de l'information ou la structure du cours (« *Par exemple* », « *Je vous rappelle que* », « *C'est le point b.* »...). Elles

⁴⁵ Comme nous l'avons déjà évoqué, ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que le professeur consacre un moment relativement long en début de leçon à rappeler les règles de fonctionnement du cours de chimie générale, à commenter l'examen de janvier et un autre moment en milieu de séance à anticiper les exigences à venir. Ces deux moments correspondent à des commentaires métalinguistiques et augmentent la proportion de ces commentaires par rapport aux données notionnelles, pour les trois extraits sélectionnés. D'ailleurs cette proportion de commentaires métalinguistiques est davantage en concordance avec ce qui a été observé dans les six autres cours magistraux analysés.

⁴⁶ Rappelons que lors du traitement des données, l'ensemble des données notionnelles et des commentaires phatiques et métalinguistiques ont été divisées en petites unités de sens appelées unités notionnelles et unités phatiques ou métalinguistiques ou de manière abrégée : unités métalinguistiques ou unités méta.

sont soit très peu notées si elles ne sont véhiculées que par l'énoncé oral, soit moyennement ou fortement notées si elles apparaissent à la fois dans l'énoncé et dans une diapositive.

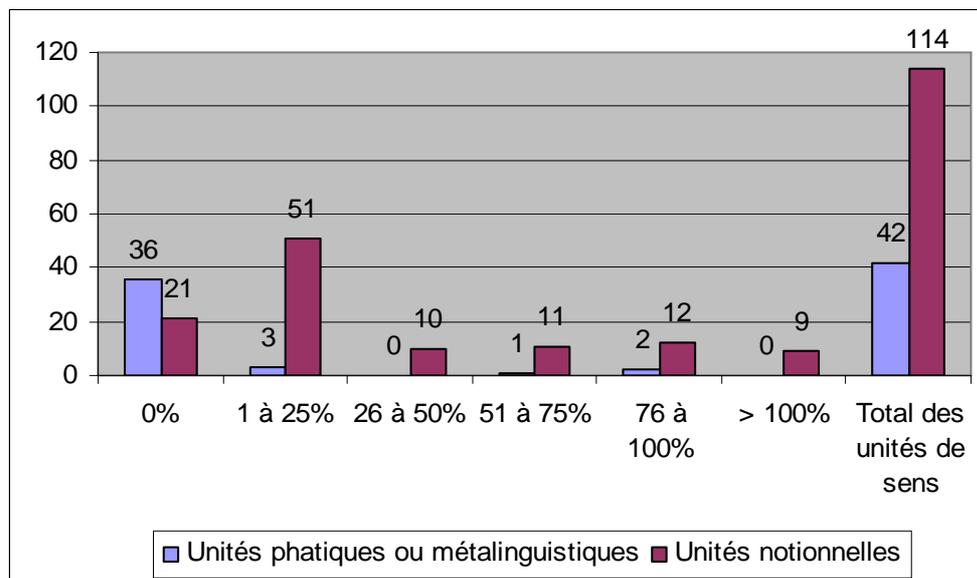


Figure 8.1 : Évolution de l'ampleur des notes en fonction des deux niveaux de l'énoncé oral : les données notionnelles et les commentaires phatiques et métalinguistiques

D'une part, il est rassurant de constater que certains commentaires phatiques et métalinguistiques ne sont pas notés, notamment ceux qui relèvent des interactions sociales entre le professeur et les étudiants : « *On est tous d'accord* », « *Vous savez que* », « *Vous vous souvenez que* » et ceux qui commentent des portions de l'énoncé oral qui précèdent ou qui suivent : « *Comme je viens de le dire* », « *Et on va voir que* », « *C'est de nouveau quelque chose que nous avons vu précédemment* ». En effet, les premiers visent à maintenir le contact avec les étudiants et les autres à organiser l'exposé mais ils ne faciliteraient en rien la compréhension des étudiants, lors de l'étude du cours, s'ils étaient notés. En revanche, ils sont bien utiles à l'oral puisqu'ils constituent des pauses dans l'énoncé principal et que certains permettent lors du cours magistral de sélectionner les informations à noter. Ils favorisent donc, en principe, la PDN des étudiants.

D'autre part, il est sans doute regrettable que d'autres commentaires métalinguistiques soient peu ou pas notés. Il s'agit des commentaires qui permettent d'établir des liens avec d'autres parties du cours : « *On verra son utilité plus tard, lors du titrage argentimétrique* », qui fournissent des informations sur l'importance attribuée à la matière vue : « *Alors un point important* », « *Et c'est ici qu'il faut faire attention* » ou qui annoncent le statut de l'information ou la structure du cours : « *Alors prenons le cas de* », « *Par exemple* », « *Alors des exemples* ». En effet, ces informations constituent des aides cognitives dans la mesure où

elles aideraient probablement les étudiants, lors de la révision des notes, à établir des liens entre divers pans de la matière ou entre les cours magistraux, les travaux dirigés et les travaux pratiques, à mieux cerner les attentes de l'enseignant et à classer l'information (cas, exemple...).

Les informations notées par moins de la moitié des étudiants

Globalement, 18% des unités notionnelles ne sont pas notées, 45% le sont très peu et 9% faiblement. Cela correspond à un total de 72% des informations notionnelles qui sont notées par moins de la moitié des étudiants. 95% d'entre elles ne sont véhiculées que par un canal dont 91% par l'énoncé oral. Parmi ces informations, 79% correspondent à des sous-unités de base, donc des informations de bas niveau hiérarchique et seulement 29% sont des informations redondantes. Elles correspondent au niveau phénoménologique pour plus de la moitié des unités notionnelles (54%), au niveau moléculaire pour 29% et au niveau symbolique pour 17%.

Plus précisément, les unités notionnelles qui ne sont **pas notées** proviennent d'un message source seulement, l'énoncé oral. Ce sont toutes des sous-unités de base dont 52% sont redondantes. Elles correspondent aux trois niveaux de savoir de la chimie, le niveau phénoménologique pour 43% et les niveaux moléculaire et symbolique, chacun pour 29%.

Les unités notionnelles qui sont très **peu notées** sont échangées à travers un canal seulement, l'énoncé oral pour 94 %, les diapositives pour 4% et le tableau pour 2%. Ce sont pour les trois quarts des sous-unités de base dont 28% sont redondantes. Le quart restant correspond pour la très grosse majorité, soit 91%, à des unités de base non redondantes. Elles sont associées aux trois niveaux de savoir de la chimie, le niveau phénoménologique pour 53%, le niveau moléculaire pour 39% et le niveau symbolique pour 14%.

Les unités notionnelles qui sont **faiblement notées** proviennent pour un tiers d'un message source et pour les deux tiers restants de deux ou trois messages sources. Ce sont des sous-unités de base pour la moitié des unités notionnelles et des unités de plus haut niveau hiérarchique pour l'autre moitié. Il s'agit d'unités de base et de l'unité conceptuelle 31. Enfin, elles sont toutes non redondantes. Un fait étonnant est de trouver, parmi ces unités de sens faiblement notées, une **unité conceptuelle**, donc une unité de sens de niveau hiérarchique relativement élevé. Il s'agit de l'unité de sens 31. Elle mérite qu'on s'y attarde. Dans cette unité de sens, le professeur explique une des caractéristiques de la solubilité. Il dit « *Cette solubilité va dépendre de la température* » ; il n'y a pas d'équivalence de cette information

dans les diapositives. En revanche, la notation scientifique (T) est inscrite au tableau. Cette information n'est notée que par seize étudiants sur 42 (38%). Dix étudiants prennent note de l'information à partir de l'énoncé oral, cinq à partir du tableau et pour un étudiant, il n'a pas été possible de déduire le support utilisé, car il note « *dépend T* » qui est un mélange de l'énoncé oral et de l'information inscrite au tableau. Nous faisons l'hypothèse que l'absence de cette information sur une diapositive et la notation scientifique écrite de manière très concise au tableau constituent deux facteurs qui expliquent le peu de traces laissée par cette information dans les notes des étudiants, bien que son niveau hiérarchique soit élevé. La moitié des étudiants qui n'ont pas noté explicitement que la solubilité dépend de la température (31%) ont cependant noté à partir de l'énoncé que la solubilité augmente avec la température. Ces étudiants peuvent donc en déduire que la température est un facteur qui influence la solubilité. Trois étudiants (7%) qui n'ont noté aucune de ces deux informations ont toutefois pris note de l'exemple fourni oralement à ce sujet par le professeur : « *Il est plus facile de diluer votre poudre de cacao dans du lait chaud que dans du lait froid* ». Ces étudiants, lors de l'étude, pourront éventuellement déduire à partir de cet exemple que la température constitue un facteur qui influence la solubilité. Mais pour dix autres étudiants (24%), aucune trace dans leurs notes ne leur permet de retrouver cette information. Ils devront alors recourir à un livre de référence, des notes de condisciples ou encore leurs connaissances préalables lors de l'étude. En effet, il est possible qu'une partie de ces étudiants n'ait pas noté cette information parce qu'elle faisait partie de leurs prérequis. Toutefois, pour cette information précise, la communication pédagogique n'est pas passée pour un quart des étudiants et est passée difficilement pour 38% (31% + 7%) d'entre eux.

Nous constatons, d'ores et déjà, une réelle perte d'information lors de la communication puisque 72% des informations notionnelles sont notées par moins de la moitié des étudiants. De plus, ces résultats font apparaître un lien entre l'ampleur et plusieurs caractéristiques de la communication : le nombre de canaux, la nature des canaux et le niveau hiérarchique de l'information. Nous tenterons par la suite de préciser ce lien.

Les informations notées par plus de la moitié des étudiants

Globalement, 28% des informations notionnelles sont notées par plus de la moitié des étudiants. Elles sont véhiculées par trois canaux pour la moitié d'entre elles, par deux canaux pour 44% et par un seul canal (le tableau ou une diapositive) pour les 6% restant. Toutes les

unités notionnelles de niveau hiérarchique élevé (titre non redondant, unités majeures et unités conceptuelles) font partie de ces informations, l'unité conceptuelle 31 mise à part. Pour cette unité de sens, une hypothèse explicative de sa faible ampleur a déjà été exposée. Une unité métalinguistique qui annonce des exemples et deux sous-unités de base sont également intégrées dans ce groupe ; d'une part, la sous-unité de base 57 qui est notée au tableau et annoncée comme un « tuyau » par le professeur et d'autre part, la sous-unité de base 132 qui annonce le statut de l'information et qui est notée sur une diapositive. Toutes ces informations sont non redondantes. Elles correspondent pour un tiers à chacun des trois niveaux de savoir de la chimie.

Une analyse plus fine de l'évolution de l'ampleur pour les informations notionnelles qui sont moyennement notées, fortement notées et notées plus d'une fois par certains étudiants a été réalisée en se basant sur le tableau d'analyse par unité de sens triées selon l'ampleur et en analysant les unités de sens selon la proportion de leur ampleur.

Elle révèle que les unités de sens moyennement notées, c'est-à-dire notées dans une proportion de 51 à 75% sont également peu nombreuses par rapport aux unités de sens peu ou pas notées. Ce sont **majoritairement des unités de base** et trois unités de sens de niveau hiérarchique plus élevé. Ces informations sont échangées à travers **plusieurs canaux**. Cependant, deux unités de sens font exception, une sous-unité de base qui est notée au tableau et une unité métalinguistique qui annonce des exemples. La sous-unité de base consiste en la formule moléculaire du sulfate de baryum pour laquelle le professeur insiste dans l'énoncé oral sur le fait qu'elle doit être connue pour l'examen de juin.

D'autre part, les unités de sens fortement notées, c'est-à-dire notées dans une proportion de 76 à 100%, sont également peu nombreuses en regard de celles peu ou pas du tout notées. En outre, elles se caractérisent par le fait qu'elles apparaissent pour la très grande majorité à travers **plusieurs canaux**. Deux unités métalinguistiques font également partie de ce groupe d'unités de sens ; il s'agit d'unités métalinguistiques qui structurent l'information ou qui annoncent le statut de l'information.

Enfin, les unités de sens notées à plus de 100%, autrement dit notées plusieurs fois par un certain nombre d'étudiants, correspondent toutes à des unités de sens **transmises par trois canaux**. Ce sont également des unités notionnelles dont le niveau hiérarchique correspond soit à une unité conceptuelle, soit à une unité de base.

L'analyse des unités de sens notées par plus de la moitié des étudiants confirme l'existence d'un lien entre l'ampleur des notes des étudiants et plusieurs caractéristiques de la communication : le nombre de canaux, la nature du canal et le niveau hiérarchique de l'information. L'analyse de l'ampleur en fonction de ces caractéristiques devra permettre de préciser ce lien.

8.1.3.2 Deuxième caractéristique : le nombre de canaux

Comment évolue l'ampleur des notes en fonction du **nombre de canaux** utilisés pour véhiculer l'information lors de la communication pédagogique ?

La figure 8.2 montre l'évolution de l'ampleur en fonction du nombre de canaux utilisés pour transmettre les données notionnelles du message.

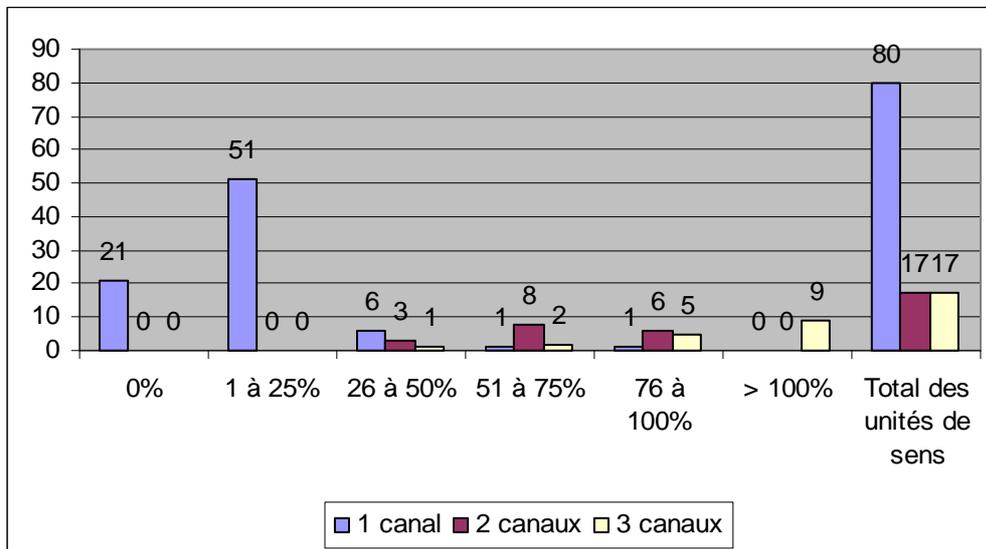


Figure 8.2 : Évolution de l'ampleur en fonction du nombre de canaux

Comme indiqué à la figure 8.2, les unités de sens véhiculées par un canal sont beaucoup plus nombreuses que celles transmises *via* deux ou trois canaux et ne sont globalement pas notées par les étudiants. *A contrario*, les informations véhiculées par plus d'un canal se retrouvent en grande majorité dans les notes des étudiants. Elles sont notées à 82% lorsqu'il y a deux canaux et à 94% si l'information est transmise à travers trois canaux.

Le nombre de canaux utilisés simultanément pour véhiculer l'information semble donc constituer une caractéristique essentielle qui influence fortement l'ampleur des notes des étudiants.

8.1.3.3 Troisième caractéristique : la nature des canaux

Comment évolue l'ampleur des notes en fonction de la **nature des canaux** véhiculant l'information lors de la communication pédagogique ?

Un seul canal

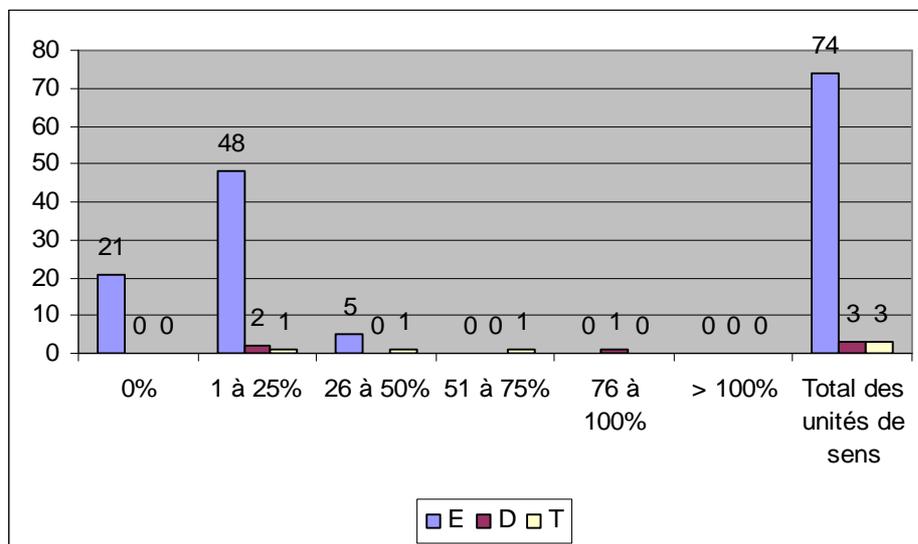


Figure 8.3 : Évolution de l'ampleur des notes des étudiants en fonction de la nature du canal lorsque le message est échangé à travers un seul canal

La figure 8.3 illustre l'évolution de l'ampleur des notes des étudiants en fonction de la nature du canal lorsque le message est échangé à travers un canal unique. Ce résultat n'est ni représentatif pour les informations inscrites au tableau par le professeur, ni pour celles projetées sur les diapositives non soutenues par l'énoncé oral. En effet, le nombre d'unités notionnelles transmises correspondant à cette situation est trop peu élevé. Ce qui est bien compréhensible puisqu'en général les informations transmises par un support visuel sont supportées par l'énoncé oral du professeur.

En revanche, l'histogramme montre que les unités notionnelles provenant de l'énoncé oral et transmises uniquement oralement sont très majoritairement peu notées ou carrément absentes des notes des étudiants.

Deux canaux

La figure 8.4 montre que l'ampleur des notes des étudiants est élevée pour des informations transmises simultanément à travers un canal visuel et l'énoncé oral. Il semble qu'elle soit très légèrement plus élevée (86% d'unités notionnelles moyennement et fortement notées) pour une information inscrite au tableau et commentée par l'énoncé oral que pour un

message projeté sur une diapositive et soutenu par l'énoncé oral (80% d'unités notionnelles moyennement et fortement notées) (cf. tableau 8.1' en annexe). Ces résultats concernent très peu d'unités notionnelles. Il serait dès lors prudent de les vérifier lors d'une recherche ultérieure.

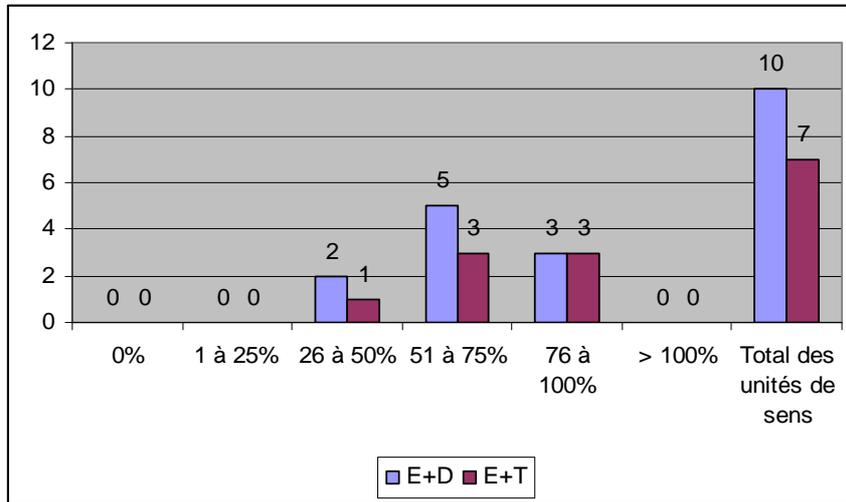


Figure 8.4 : Évolution de l'ampleur des notes des étudiants en fonction de la nature des canaux lorsque le message est échangé à travers deux canaux

De ces résultats, il ressort que la nature du canal constitue également une caractéristique primordiale. Un canal écrit favorise largement l'ampleur des notes des étudiants alors qu'une information transmise uniquement oralement a peu de chance de se retrouver dans les notes des étudiants.

8.1.3.4 Quatrième caractéristique : le niveau hiérarchique

Comment évolue l'ampleur des notes en fonction du **niveau hiérarchique** de l'information lors de la communication pédagogique ?

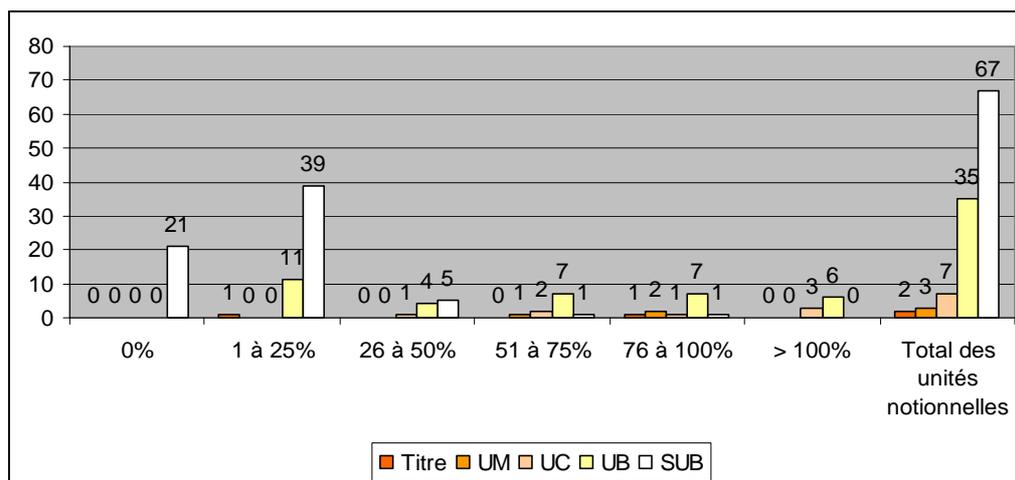


Figure 8.5 : Évolution de l'ampleur des notes en fonction du niveau hiérarchique de l'information

Pour cette caractéristique, les 114 unités notionnelles analysées sont réparties dans cinq niveaux hiérarchiques différents et 59% des unités notionnelles correspondent au niveau « sous-unité de base ». En conséquence, il reste peu d'unités dans les autres niveaux. Il est donc nécessaire pour cette caractéristique de se rapporter au tableau d'analyse par unités de sens triées selon le niveau hiérarchique car l'histogramme est peu représentatif pour la majorité des niveaux hiérarchiques.

L'analyse de ce tableau montre que lorsque le **titre** apparaît une première fois à travers l'énoncé oral et une diapositive, il est fortement noté par les étudiants. S'il apparaît une seconde fois de manière redondante sur une diapositive, il n'est alors que très peu noté par les étudiants.

Trois **unités majeures**, toutes non redondantes et véhiculées par les trois canaux, méritent notre attention. Il s'agit des informations qui annoncent la manière dont le professeur structure l'ensemble de son exposé sur la solubilité : « *Le point de vue macroscopique* », « *Le point de vue microscopique* » et « *Le point de vue quantitatif* ». Ces informations sont respectivement notées par 86, 88 et 74% des étudiants. Il est étonnant de constater que ces informations n'ont pas été notées par certains étudiants puisqu'il s'agit de la manière dont l'exposé est structuré et que de surcroît ces informations sont transmises *via* trois canaux. L'hypothèse selon laquelle une partie des étudiants ne distinguent pas les différents niveaux de savoir de la chimie pourrait expliquer ce résultat. En effet, si les niveaux macroscopique et microscopique n'évoquent rien de concret dans la tête des étudiants, on peut raisonnablement imaginer qu'ils n'ont pas capté l'information ou qu'ils n'ont pas jugé bon d'en prendre note. De plus, le professeur n'insiste pas réellement dans son discours sur cette répartition. Les niveaux phénoménologique (macroscopique) et moléculaire (microscopique) sont annoncés

sans que ces niveaux de savoir aient été définis et caractérisés ou que l'attention des étudiants ait été particulièrement attirée sur le passage d'un niveau à un autre. L'unité majeure « *Le point de vue quantitatif* » est encore notée par moins d'étudiants. En plus des explications précédentes, nous pensons qu'un certain nombre d'étudiants confondent les termes « qualitatif » et « quantitatif ». Or, le niveau qualitatif est traité dans le cadre de la séance de cours entre les points de vue microscopique et quantitatif. D'ailleurs, un étudiant écrit « *point de vue qualitatif* » à la place de « *point de vue quantitatif* ».

L'ensemble des unités notionnelles comprend sept **unités conceptuelles**. Une d'entre elles est faiblement notée. Il s'agit de l'unité conceptuelle 31 dont il a déjà été question à plusieurs reprises. Deux unités conceptuelles sont notées moyennement : celles qui apparaissent dans deux messages sources, et quatre sont notées fortement ou plusieurs fois par certains étudiants : celles qui apparaissent dans trois messages sources.

L'ampleur pour les **unités de base** évolue surtout en fonction du nombre de canaux. Elles sont fortement ou plus d'une fois notées par certains étudiants si elles sont véhiculées par trois canaux, moyennement notées si elles apparaissent à travers deux canaux et très peu notées ou faiblement notées si elles sont échangées à travers l'énoncé oral seulement.

Enfin, les **sous-unités de base** ne sont pas notées ou le sont faiblement si elles sont redondantes.

Il semble donc que les étudiants perçoivent relativement bien le niveau hiérarchique des informations sauf lorsque les autres caractéristiques de la communication ne sont pas cohérentes avec la hiérarchie de l'information (par exemple une unité de sens de haut niveau transmise à travers un canal oral).

8.1.3.5 Cinquième caractéristique : la reprise

Comment évolue l'ampleur des notes en fonction de la **reprise de l'information** lors de la communication pédagogique ?

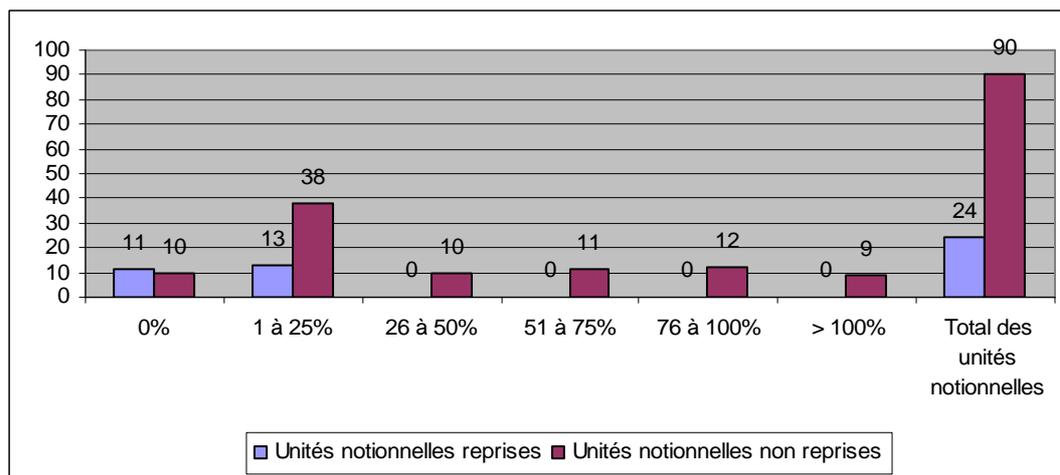


Figure 8.6 : Évolution de l'ampleur des notes en fonction de la reprise de l'information

Dans le tableau 8.6, nous constatons tout d'abord que peu d'informations (21%) sont répétées ou reformulées par le professeur. Ensuite, les informations qui sont des reprises ne sont soit pas notées (46%), soit faiblement (54%). Curieusement, les unités de sens redondantes correspondent pour la majorité d'entre elles à des sous-unités de base. Or, les unités de sens qui correspondent à ce niveau sont en général très peu notées par les étudiants. Il est dès lors difficile dans ces conditions de déduire de ces observations le comportement des étudiants face aux reprises.

Le statut des reprises en tant qu'indice déclencheur de PDN décrit par Branca-Rosoff et Doggen (2003) ne peut donc pas être mis en évidence par notre recherche. Dans la suite de ce travail, nous ne tiendrons donc plus compte de cette caractéristique.

8.1.3.6 Influence des indices déclencheurs et inhibiteurs de la PDN

Dans l'ensemble du cours magistral, le professeur énonce deux **indices explicites** repris et détaillés au point 6.1.2.3 de ce document.

Une observation attentive des notes des étudiants de l'échantillon, pour les informations qui suivent le **déclencheur explicite** repris ci-dessous, révèle que 98% des étudiants ont pris note de ces informations.

On va résumer tout ça dans un petit tableau et je vous laisserai le temps d'ailleurs de le noter. Je vais vous laisser le temps de noter au niveau des sels, les règles générales ; alors je vais le construire avec vous.

Elles concernent la partie qualitative de la solubilité. Toutefois, comme ces informations sont échangées à travers trois canaux (l'énoncé, une diapositive et le tableau), il n'est pas

possible de tirer des conclusions sur l'effet du déclencheur explicite de la PDN puisque toutes les informations transmises *via* trois canaux ont une ampleur énorme. On peut toutefois raisonnablement supposer qu'indiquer ce qu'il y a à noter et de surcroît laisser du temps pour le noter constitue un excellent déclencheur de la PDN.

Une observation des notes des étudiants pour les informations qui suivent l'**inhibiteur explicite** repris ci-dessous a également été opérée.

Alors ce que je vais vous illustrer par le petit film ici, vous ne devez pas prendre note de ça mais c'est pour essayer de vous fixer les idées.

Nous observons que malgré cet inhibiteur de PDN, la moitié des étudiants ont noté des informations relatives au film qui a été projeté. C'est d'ailleurs un des seuls endroits des notes où plusieurs étudiants ont retraité l'information et noté de manière personnalisée ce qu'ils ont compris de la visualisation du film et non des bribes de l'énoncé oral de l'enseignant ou des informations inscrites sur une diapositive ou le tableau. Par exemple, ils notent « *ions solides → ions aqueux et inversement* » ; « *vidéo : il y a un réel équilibre dynamique (ça bouge) ce qui est aqueux redevient solide et le solide se resolubilise* » ; « *équilibre dynamique car les ions peuvent reformer le solide et vice versa : vidéo* » ; « *il y a un échange permanent entre les 2 états. Ce solide passe en aqueux et l'aqueux devient solide à tout moment → ce n'est pas figé* ». Nous émettons l'hypothèse que cet inhibiteur ne joue pas son rôle pour la moitié des étudiants parce que la visualisation de ce film est particulièrement enrichissante. Quelques étudiants ont d'ailleurs fait part lors de l'activité facultative d'autoévaluation des notes, de l'apport de cette courte vidéo pour leur réelle compréhension de la notion d'équilibre dynamique. Il est dès lors normal que certains étudiants aient pris note de cet élément de compréhension malgré l'indice du professeur allant dans le sens contraire. Cette vidéo, qui correspond à la représentation moléculaire et microscopique d'un équilibre dynamique, semble par ailleurs aller dans le sens de Gabel (1993), qui prône un enseignement davantage orienté vers le mode de représentation moléculaire pour une meilleure compréhension de la chimie. Cette hypothèse a par ailleurs été validée dans le cadre de notre projet FNRS lié à notre thèse (Houart *et al.*, 2008).

Passons maintenant à l'analyse de l'effet des **indices implicites** déclencheurs et inhibiteurs de la PDN sur l'ampleur des notes des étudiants. Dans les trois extraits sélectionnés, les **indices implicites** ont été repérés. Ils sont repris avec leurs caractéristiques dans le tableau 8.2' présenté en annexe vu sa taille. Pour faciliter la compréhension du lecteur, un extrait de ce tableau est toutefois présenté ci-dessous (tableau 8.2). La dernière colonne

reprend le numéro de la ou des unités de sens qui sont potentiellement influencées par l'indice ainsi que leurs caractéristiques.

Caractéristiques des indices déclencheurs et inhibiteurs											Déclencheurs et inhibiteurs			N° et caractéristiques des unités de sens potentiellement influencées par l'indice	
N° US	Unités notionnelles	Unités méta	Niveau hiérarchique	Reprise	Déclencheur / inhibiteur	Potentiellement influencé par d ou i	N° extrait	E	D	T	Nombre de canaux	Éléments à noter à partir de l'énoncé oral	Éléments à noter à partir des diapositives		Éléments à noter à partir du tableau
1	0	1	0	0	d	0	1	1	0	0	1	<i>Alors un point important et</i>			3 (unité méta, non redondante, 2 canaux, E+D) ; 4 (titre, non redondant, 2 canaux, E+D)
32	1	0	SUB	0	d, i ?	1	1	1	0	0	1	<i>Il est plus facile de diluer votre poudre de cacao dans du lait chaud que dans du lait froid</i>			32 (SUB, Non red, 1 canal (E+D))
126	0	1	0	0	d, i ?	0	3	1	0	0	1	<i>Je vous rappelle la notion que j'avais définie tout à l'heure c'est</i>			127 (SUB, non red, 1 canal, E)
63	0	1	0	0	i	0	1	1	0	0	1	<i>Et pour la petite histoire</i>			64 ; 65 ; 66 ; 67 ; 68 ; 69 ; 70 (SUB, non redondantes, 1 canal, E)

Tableau 8.2 : Unités de sens déclencheurs, inhibiteurs de la PDN et des unités de sens potentiellement influencées par eux (extrait du tableau 8.2' – en annexe)

Un tableau qui permet de classer les indices en fonction de leurs caractéristiques et de les comparer aux autres unités de sens ayant les mêmes caractéristiques a été confectionné à partir du tableau 8.2 (tableau 8.3). L'ampleur moyenne et l'écart-type sont calculés pour chaque catégorie d'unités de sens. Un chiffre entre parenthèses indique le nombre d'unités de sens concernées.

Impact de l'indice inhibiteur

Les sept unités de sens (US 64 à 70) potentiellement influencées par l'inhibiteur « *Et pour la petite histoire* » (US 63) correspondent toutes à des sous-unités de base, non redondantes, échangées à travers l'énoncé oral uniquement. Leur ampleur moyenne est de $1,6 \pm 0,7$. Comparativement, les vingt quatre unités de sens ayant les mêmes caractéristiques, à l'exception de celle de subir l'impact d'un inhibiteur, ont une ampleur moyenne de $3,2 \pm 2,0$. Bien que l'ampleur moyenne de l'unité de sens subissant l'effet d'un inhibiteur potentiel corresponde à la moitié de l'ampleur des unités de sens ayant les mêmes caractéristiques,

l'écart-type de ces valeurs est trop important pour que cette différence soit réellement significative.

Caractéristiques	Pas d'indice déclencheur / inhibiteur	Indice déclencheur	Indice déclencheur ou inhibiteur	Indice inhibiteur
	Ampleur moyenne	Ampleur moyenne	Ampleur moyenne	Ampleur moyenne
Unités méta, non redondantes, 1 canal, D	0,1±0,1 (37)		1±0,7 (2) US 16, 94	
Unités méta, non redondantes, 2 canaux		34±0 (1) US 3	34±4 (2) US 40, 83	
Unités notionnelles, SUB, redondantes, 1 canal, D	1,1±1 (14)	0±0 (1) US 150	0,7±0,4 (7) US 15, 64, 72, 90, 93, 127, 130	
Unités notionnelles, SUB, non redondantes, 1 canal, D	3,2±2 (24)	12±0 (1) US 57	7,3±6 (8) US 32, 45, 88, 89, 99, 109, 117, 132	1,6±0,7 (7) US 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70
Unités notionnelles, SUB, non redondantes, 1 canal, S ou T	6±0 (1)	23±0 (1) US 2		
Unités notionnelles, SUB, non redondantes, 3 canaux			19±0 (1) US 11	
Unités notionnelles, UB, redondantes, 1 canal, D	3±2 (2)		1±0 (1) US 136	
Unités notionnelles, UB, non redondantes, 1 canal, D	8,1±2,8 (12)	5±0 (1) US 151		
Unités notionnelles, UB, non redondantes, 2 canaux D+S ou T	29±3,2 (7)		28±3 (4) US 43, 49, 59, 133	
Unités notionnelles, UB, redondantes, 3 canaux	39±0 (1)		59±0 (1) US 125	
Unités notionnelles, UB, non redondantes, 3 canaux	47±4,6 (5)		48±13 (2) US 84, 87	
Unité notionnelle, Titre, non redondante, 2 canaux		37±0 (1) US 4		

Tableau 8.3 : Ampleur moyenne des unités de sens en fonction des différentes caractéristiques et en fonction des indices déclencheurs et inhibiteurs de la PDN

Nous ne pouvons donc pas confirmer l'effet inhibiteur de la PDN de ces quelques mots : « *Et pour la petite histoire* ». Cependant, force est de constater que très peu d'étudiants notent ces informations (3,7%). Or, le professeur souhaiterait idéalement que les étudiants notent ces informations et les retiennent. Toutefois, le professeur nous a confirmé qu'une méconnaissance de ces quelques notions lors d'une évaluation certificative n'entraînerait pas l'échec de l'étudiant, mais qu'en faire part lors de l'examen permettrait d'augmenter légèrement la note. À nouveau, nous constatons l'importante sélection opérée par les étudiants. Toute information qui n'apparaît pas déterminante pour l'étude, la compréhension et encore davantage pour la réussite semble délaissée.

Impact des indices déclencheurs

Contre toute attente, l'indice « *C'est ici qu'il faut faire attention* » (US 149) que nous avons considéré comme un déclencheur ne semble pas influencer favorablement la PDN des deux unités de sens qui le suivent. En effet, l'ampleur moyenne de l'unité de sens 150 est de 0 ± 0 alors que celle des unités de sens ayant les mêmes caractéristiques est de $1,1 \pm 1$. À nouveau, l'écart-type très important et le peu d'unités de sens impliquées requièrent la plus grande prudence quant à l'interprétation des résultats. Mais il n'en reste pas moins que qualitativement, l'unité de sens qui suit l'injonction « *C'est ici qu'il faut faire attention* » n'est notée par aucun étudiant. C'est probablement le caractère de reprise et *a fortiori* pour cette unité de sens de multireprise qui prime sur le caractère déclencheur de l'indice. En ce qui concerne l'unité de sens 151, son ampleur moyenne est de 5 ± 0 tandis que les 12 autres unités de sens ayant les mêmes caractéristiques ont une ampleur moyenne de $8,1 \pm 2,8$. Tout en réitérant les précautions à propos des résultats précédents, tout semble se passer comme si l'indice déclencheur était contrecarré par le caractère redondant de l'unité de sens qui suit cet indice. Une autre hypothèse explicative consiste à dire que les étudiants ont pris l'indice « *C'est ici qu'il faut faire attention* » à la lettre. Autrement dit, ils ont réellement porté leur attention au message en délaissant dès lors leur PDN pour quelques instants.

Nous avons adopté la même technique qui consiste à comparer l'ampleur moyenne d'unités de sens ayant les mêmes caractéristiques que celles potentiellement influencées par un indice pour les autres indices déclencheurs de la PDN.

L'indice déclencheur « *Même ceux qui seront dispensés pour juin parce que ça faisait partie du second chapitre, vous êtes censés vous souvenir de ce qu'est le sulfate de baryum* » (US 53) semble augmenter très nettement l'ampleur de l'unité de sens sur laquelle il agit. Cet indice qui réfère à l'épreuve d'évaluation est considéré par les étudiants comme ce qu'ils appellent un « tuyau ». Il semble que ce type d'indication constitue un bon déclencheur de la PDN. Nous y reviendrons (*cf.* point 8.4.5).

Pour les autres indices déclencheurs « *Alors un point important* », « *III.1* » et « *b.* », il n'y a pas moyen de se prononcer sur leur effet faute d'éléments de comparaison.

Ces résultats tendent à montrer que pour favoriser la communication lors d'un cours magistral, il semble important de sélectionner les indices déclencheurs de la prise de notes les plus adaptés pour provoquer le comportement recherché. L'utilisation de déclencheurs explicites « *Notez ce qui suit* » constitue probablement le moyen le moins ambigu pour les

étudiants. Il en est de même pour d'autres comportements. Par exemple, le professeur qui souhaite inciter les étudiants à écouter pour comprendre un passage particulièrement difficile pourrait annoncer « *Je vous demande maintenant d'écouter et de comprendre, ensuite, je noterai au tableau avec votre aide les éléments à noter et à retenir* ».

Impact des indices déclencheurs ou inhibiteurs

a) Les exemples et les illustrations de la vie quotidienne

Pour les indices 11, 32, 40 et 83, il n'y a pas ou pas suffisamment d'éléments de comparaison et pour les indices 43, 49, 59, 93 et 94, on n'observe pas de différence significative.

Les indices 84 (« *Un solide de type électrolyte* ») et 132 (« *Ex* ») semblent influencer positivement l'ampleur de la PDN alors que l'indice 133 (« *Le chlorure d'argent, AgCl* ») semble l'influencer négativement.

b) Les rappels

Les indices 44, 86, 124 et 135 semblent jouer un rôle négatif sur la PDN de l'unité de sens qui les suivent.

Les indices 72 et 126 semblent également jouer un rôle négatif sur la PDN mais les différences observées ne sont pas réellement significatives.

Pour l'indice 86, il n'y a pas ou pas suffisamment d'éléments de comparaison pour se prononcer sur son effet et on n'observe pas de différence significative pour les unités de sens 88, 89, 90, 98, 107, 108, 117 et 129.

Globalement, d'après cette analyse, il semble que les indices faisant référence à l'examen jouent réellement le rôle de déclencheur de la PDN. Cette constatation sera confirmée par d'autres analyses (*cf.* point 8.4.5) mais nous pouvons d'ores et déjà souligner ici l'attitude très scolaire des étudiants focalisés sur l'évaluation. Nous pouvons émettre l'hypothèse que de nombreux étudiants à ce niveau d'enseignement ont une conception de leurs études davantage orientée vers des buts d'évaluation que vers des buts d'apprentissage.

Pour les autres catégories, il n'a pas été possible, vu le nombre élevé de caractéristiques dont nous avons tenu compte dans cette étude et le nombre trop peu élevé d'unités de sens traitées dans certaines catégories, d'inférer l'impact des indices déclencheurs ou inhibiteurs de la PDN. C'est le cas des exemples et les illustrations de la vie quotidienne. Enfin, certains rappels sembleraient moins notés. Cela confirmerait la réelle adaptation des étudiants aux

caractéristiques des informations. En conséquence, nous ne tiendrons plus compte de cette caractéristique dans la suite de ce travail.

8.1.3.7 Influence des niveaux de savoir de la chimie

Pour tenter d'analyser l'impact du niveau de savoir de la chimie sur l'ampleur des notes des étudiants, nous avons identifié dans les trois extraits les unités de sens spécifiques au **niveau moléculaire dont le mode de représentation correspond à un modèle moléculaire**. Il s'agit des unités de sens 87, 97, 112 et 114. Et nous avons également repéré celles spécifiques au **niveau symbolique**. Ce sont les unités de sens portant les numéros 5, 20, 31, 57, 84, 123, 125, 133, 138, 144, 148, 155 et 156. Ensuite, pour chacune de ces unités de sens, la méthodologie décrite pour les indices déclencheurs et inhibiteurs a été mise en œuvre mais l'impact du niveau de savoir sur l'ampleur de la PDN n'a pas pu être déterminé pour les mêmes raisons que pour la caractéristique précédente.

Il est toutefois très probable que le niveau de savoir ne joue pas un rôle spécifique sur l'ampleur des notes des étudiants puisque à ce stade de l'enseignement les étudiants ne sont pas capables de distinguer les différents niveaux comme nous le montrerons dans la partie II.

8.1.4 Discussion

Vu les résultats mitigés obtenus pour les reprises ainsi que pour les indices déclencheurs et inhibiteurs de la PDN, nous aurions pu éliminer ces deux caractéristiques de notre étude. Cependant, la méthodologie mise au point nous semble *a posteriori* tout à fait valable, à condition de travailler sur un nombre plus important d'unités de sens (ce qui pourrait se concevoir si l'étude portait sur une seule caractéristique). De plus, de notre point de vue, le processus étant tout aussi important que le produit obtenu, nous avons choisi de conserver ces deux caractéristiques ainsi que la description du traitement qui a été réalisé.

8.1.5 En résumé⁴⁷

L'ampleur des notes des étudiants est influencée par plusieurs caractéristiques du message : le niveau de l'énoncé oral, le nombre et la nature des canaux et le niveau hiérarchique.

L'ampleur des notes est très faible pour les commentaires phatiques et métalinguistiques. Ces derniers ne sont jamais notés sauf lorsqu'ils annoncent le statut de l'information ou la structure du message. Ils jouent cependant un rôle important puisqu'ils assurent le contact avec les étudiants lors d'un cours magistral et qu'ils constituent des pauses dans les informations notionnelles à noter.

La nature des canaux joue un rôle essentiel sur l'ampleur des notes. Un canal écrit porte l'ampleur aux environs de 85 à 90% alors qu'elle se situe aux environs de 5 à 10% pour un canal oral.

Plus le nombre de canaux utilisés pour échanger l'information est élevé, plus l'ampleur est forte.

De la même manière, plus le niveau hiérarchique est élevé, plus l'ampleur est grande.

Dans le contexte de cette recherche, il n'y a pas moyen de déduire l'effet ni des reprises, ni des déclencheurs et des inhibiteurs sur l'ampleur de la PDN.

Enfin, l'évolution de l'ampleur ne semble pas caractérisée par le niveau de savoir de la chimie.

8.2 *Question 2 : l'ampleur maximale et partielle des notes*

8.2.1 Rappel de la question

La deuxième question est la suivante :

Question 2 : Parmi les informations notées, quelles sont les caractéristiques de celles notées avec une ampleur maximale, c'est-à-dire notées à l'identique ou de manière abrégée, et les caractéristiques de celles notées avec une ampleur partielle, c'est-à-dire partiellement ou de manière adaptée ?

⁴⁷ Les résultats portant sur une ou plusieurs questions seront résumés dans un encadré afin d'offrir une vue panoramique et synthétique des réponses aux questions de recherche. Évidemment ces résumés concernent uniquement les contextes locaux définis dans la présente recherche et n'induisent aucune généralisation qui serait abusive.

8.2.2 Méthodologie et résultats

À partir du tableau d'analyse par unités de sens de notre premier recueil de données, la proportion d'unités de sens notées avec une ampleur maximale et partielle a été établie pour toutes les unités de sens notées et en fonction du canal sélectionné par les étudiants (tableau 8.4).

	Énoncé oral	Diapositives	Tableau	D+T	?	Total
Nombre d'unités de sens notées	396	665	372	1037	166	1599
Nombre d'unités de sens notées avec une ampleur maximale	39	563	333	896	153	1088
Nombre d'unités de sens notées avec une ampleur partielle	357	102	39	141	13	511
Proportion d'unités de sens notées avec une ampleur maximale	10%	85%	90%	86%	92%	68%
Proportion d'unités de sens notées avec une ampleur partielle	90%	15%	10%	14%	8%	32%

Tableau 8.4 : Proportions d'unités de sens notées avec une ampleur maximale et partielle en fonction des canaux

Contrairement à ce que nous imaginions, nous constatons que globalement, la majorité (68%) des informations est notée avec une ampleur maximale. De plus, nous observons des proportions diamétralement opposées selon la nature du canal (oral ou écrit). Lorsque le message est noté à partir de l'énoncé oral, 10% seulement le sont avec une ampleur maximale, alors que la proportion passe à 86% pour des informations notées à partir d'un support écrit (85% pour les diapositives et 90% pour le tableau). La différence observée entre les deux supports écrits pourrait s'expliquer par la différence de taille des unités de sens pour les deux canaux. Comme nous l'avons déjà mentionné, dans le cadre du cours magistral que nous avons analysé, les informations que le professeur inscrit au tableau sont très concises. Il est donc logique que les étudiants les notent totalement. En revanche, les informations notées sur les diapositives sont parfois plus volumineuses, ce qui pourrait augmenter la sélection des informations notées et donc diminuer l'ampleur maximale.

L'ampleur maximale concerne principalement les informations présentées sur un support écrit. Nous pouvons en déduire qu'une des stratégies des étudiants consiste à recopier telles quelles la majorité des informations à partir d'un des supports écrits et au contraire à sélectionner de manière drastique les informations provenant de l'énoncé oral.

D'autres analyses quantitatives plus détaillées ont été réalisées. Elles ont permis de mettre en évidence deux éléments qui méritent d'être mentionnés.

D'abord, lorsque deux supports écrits sont utilisés en parallèle pour transmettre le même message, l'ampleur des informations notées est toujours maximale.

Ensuite, parmi les unités de sens notées à partir des supports écrits, celles notées avec une ampleur maximale par peu d'étudiants correspondent à des modèles moléculaires. Cela concerne les représentations de la couronne de solvation autour de Cl^- et de Na^+ (US 112 et 114), la représentation simplifiée du réseau cristallin NaCl (US 87) et le modèle d'une molécule d'eau (US 97).

Un examen approfondi des unités de sens notées à partir de chacun des canaux permet encore d'apporter quelques précisions.

Les unités de sens notées uniquement avec une ampleur partielle proviennent toutes de l'énoncé oral. Nous en avons comptabilisé 43, soit un quart de l'ensemble des unités de sens de notre premier recueil de données. Ces informations sont notées par très peu d'étudiants, le plus souvent un ou deux, et jamais plus d'un tiers de notre échantillon.

Certaines unités de sens particulièrement volumineuses notées à partir de l'énoncé oral (« *Les solutés solides ont tendance à avoir une plus grande solubilité lorsque la température monte* ») sont malgré tout notées totalement par certains étudiants. Il s'agit probablement d'étudiants qui ne maîtrisent pas les techniques pour retenir l'information ou qui sont submergés par la matière.

Les unités de sens de nature symbolique, inscrites sur les supports écrits, sont quasi toutes notées avec une ampleur maximale (99%).

Certaines unités de sens volumineuses inscrites sur les diapositives sont malgré leur taille notées avec une ampleur totale. Il s'agit d'informations qui définissent des notions (« *Quand on ajoute des quantités croissantes d'un soluté, on atteint à un moment la saturation* ») ou qui expliquent un concept (« *La mise en solution est gouvernée par des interactions intermoléculaires soluté-solvant* »). Les étudiants ont probablement raison de les noter totalement puisqu'il s'agit de définitions ou de phrases qui contiennent beaucoup de mots spécifiques mais les recopier prend énormément de temps et se fait certainement au détriment de la compréhension.

8.2.3 En résumé

Deux caractéristiques influencent l'ampleur maximale : la nature du canal et le nombre de canaux. Un support écrit favorise une ampleur maximale (85% des informations notées à partir des diapositives et 90% à partir du tableau le sont avec une ampleur maximale) alors qu'un énoncé oral entraîne une sélection drastique des informations (10% des informations orales seulement sont notées avec une ampleur maximale). Plus le nombre de canaux est élevé, plus l'ampleur est maximale. Enfin, du point de vue des niveaux de savoir, les modèles moléculaires (niveau moléculaire), même s'ils sont transmis par plusieurs canaux, sont souvent notés avec une ampleur partielle alors que le symbolisme est noté avec une ampleur maximale à 99%.

8.2.4 Discussion

A posteriori, nous pensons que ces résultats sur l'ampleur maximale pourraient être biaisés par la taille variable de chaque unité de sens. Une unité de sens courte, comme un titre ou une unité de sens majeure constituée d'un mot ou de quelques mots, a évidemment plus de chance d'être notée de manière maximale qu'une unité de sens longue. Or, lors du découpage de l'énoncé oral en unité de sens, le nombre de mots n'a pas été un critère retenu. Pour éviter ce biais, il aurait été préférable de proposer un critère plus affiné : par exemple en donnant une note sur 5 en fonction du nombre de mots notés par rapport au nombre de mots dans l'unité de sens ou en subdivisant le message en unités de taille comparable. Mais cette situation ne concerne que 8 unités de sens, soit 5% des unités de sens du premier recueil. Pour pallier ce biais, l'énoncé oral du second recueil a été découpé en unités de sens plus petites.

8.3 **Question 3 : la fidélité**

8.3.1 Rappel de la question

La troisième question traite de la fidélité sémantique des notes des étudiants.

Question 3 : Quel est le degré de fidélité sémantique des notes en fonction des caractéristiques de l'information échangée lors de la communication pédagogique ?

8.3.2 Méthodologie et résultats

Pour répondre à cette question, les unités de sens du tableau d'analyse ont été triées selon la fidélité⁴⁸. Une colonne supplémentaire a été ajoutée pour déterminer pour chaque unité de sens, la proportion d'unités de sens notées avec une fidélité non respectée par rapport au nombre d'unités de sens notées. Cette proportion est indiquée en pourcentage.

Nous constatons que 29 unités de sens sur les 172 analysées ont été notées par certains étudiants avec une fidélité non respectée. Au total, nous avons pointé 47 non-respects de sens sur les 1429 unités de sens notées par l'ensemble des étudiants de l'échantillon. Ce qui signifie que 3% seulement des unités de sens notées le sont avec une fidélité non respectée.

Comme le nombre d'unités de sens présentant une fidélité non respectée est faible, nous avons jugé plus opportun de traiter ces 29 unités de sens selon une analyse qualitative en nous intéressant à leurs caractéristiques et aux erreurs ou aux lacunes qui ont pu entraîner un non-respect du sens.

Cependant, avant d'envisager cette étude qualitative, quatre caractéristiques du message qui pourraient avoir une certaine influence sur la fidélité ont été envisagées. Il s'agit de la nature du canal utilisé pour échanger l'information, du nombre de canaux utilisés, du niveau de savoir et du niveau hiérarchique. Pour chacune de ces caractéristiques des tableaux permettant de calculer la proportion d'unités de sens notées avec une fidélité de sens non respectée ont été élaborés. Il s'agit des tableaux 8.5, 8.6, 8.7 et 8.8.

8.3.2.1 Nature des canaux

Nature des canaux	Canal = énoncé oral	Canal = diapositives	Canal = tableau	Total des canaux
Nombre d'US notées à partir des différents canaux	396	661	372	1429
Nombre d'US notées avec une fidélité non respectée	35	8	4	47
Nombre d'US notées avec une fidélité respectée	361	652	368	1381
Proportion d'US notées avec une fidélité de sens non respectée	9%	1%	1%	3%

Tableau 8.5 : Proportion d'unités de sens notées avec une fidélité de sens non respectée en fonction de la nature du canal

⁴⁸ Dans la suite de ce chapitre, nous utiliserons le terme « fidélité » sans l'assortir du qualificatif, sémantique, dans le seul but d'alléger le texte et de rendre la lecture plus agréable.

Nous observons une proportion très différente entre une fidélité non respectée pour les unités de sens notées à partir de l'énoncé oral (9%) et celles notées à partir des supports écrits (1%). Les unités de sens notées avec une fidélité non respectée l'ont été principalement à partir de l'énoncé oral du professeur. Ce résultat s'accorde assez bien avec le fait que les informations notées à partir de supports écrits seraient surtout recopiées telles quelles par les étudiants.

8.3.2.2 Nombre de canaux

Nombre de canaux	1 canal	2 canaux	3 canaux	Total du message
Nombre d'US notées à partir des différents canaux	324	539	734	1597
Nombre d'US notées avec une fidélité de sens non respectée	21	14	12	47
Nombre d'US notées avec une fidélité de sens respectée	302	525	721	1548
Proportion d'US notées avec une fidélité de sens non respectée	6%	3%	2%	3%

Tableau 8.6 : Proportion d'unités de sens notées avec une fidélité de sens non respectée en fonction du nombre de canaux

Comme on pouvait s'y attendre, étant donné l'effet de la nature des canaux, la fidélité augmente avec le nombre de canaux. Elle augmente en tout cas significativement lorsqu'un support écrit est présenté en parallèle à l'énoncé oral du professeur.

8.3.2.3 Niveau de savoir

Dans un premier temps, l'effet du niveau de savoir a été déterminé pour les trois extraits.

Niveau de savoir	Niveau de savoir : macroscopique Extrait 1	Niveau de savoir : microscopique Extrait 2	Niveau de savoir : symbolique Extrait 3	Total du message : Ensemble des 3 extraits
Nombre d'US notées à partir des différents extraits	662	461	474	1597
Nombre d'US notées avec une fidélité de sens non respectée	19	21	7	47
Nombre d'US notées avec une fidélité de sens respectée	643	439	466	1548
Proportion d'US notées avec une fidélité de sens non respectée	3%	5%	1%	3%

Tableau 8.7 : Proportion d'unités de sens notées avec une fidélité de sens non respectée en fonction du niveau de savoir

Nous constatons que c'est pour l'extrait 2, relatif au niveau microscopique ou moléculaire, que la fidélité est la moins bien respectée. Cette constatation est sans doute le signe de la difficulté à appréhender ce niveau de savoir pour les étudiants.

Dans un second temps, nous avons analysé la fidélité des quelques unités de sens identifiées comme spécifiques au symbolisme (nombre d'unités de sens = 11) et celles correspondant à la représentation de modèles moléculaires (nombre d'unités de sens = 4).

Il en ressort que la fidélité pour les unités de sens spécifiques du niveau symbolique est totale. Autrement dit, bien que ces unités soient notées par 81% des étudiants, toutes les informations sont notées avec une fidélité de sens respectée. Par ailleurs, pour chacune des quatre unités de sens spécifiques au niveau moléculaire, la fidélité de sens n'est pas respectée par au moins un étudiant.

8.3.2.4 Niveau hiérarchique

Niveau hiérarchique	Titre	Unité majeure	Unité conceptuelle	Unité de base	Sous-unité de base	Total du message
Nombre d'US notées à partir des différents extraits	37	104	256	856	239	1492
Nombre d'US notées avec une fidélité de sens non respectée	0	3	12	22	12	49
Nombre d'US notées avec une fidélité de sens respectée	37	101	244	834	226	1442
Proportion d'US notées avec une fidélité de sens non respectée	0%	3%	5%	3%	5%	3%

Tableau 8.8 : Proportion d'unités de sens notées avec une fidélité de sens non respectée en fonction du niveau hiérarchique

Comme le tableau 8.8 en témoigne, ce sont les unités conceptuelles et les sous-unités de base qui sont notées avec une fidélité la moins respectée. L'analyse qualitative qui suit va pouvoir nous éclairer sur cette constatation.

8.3.2.5 Analyse qualitative

L'unité de sens pour laquelle la fidélité est respectée par le moins d'étudiants est une unité conceptuelle, transmise à travers l'énoncé oral et le tableau. Elle correspond dans les tableaux d'analyse à la ligne suivante :

<i>Cette solubilité dépend de la nature du soluté</i>		<i>conc max soluté</i> ↓ <i>nature</i>
---	--	--

Cinq étudiants notent ces informations à partir de l'énoncé oral sans recopier le tableau. Ils le font avec une fidélité de sens non respectée.

Pour un étudiant, l'erreur provient de l'utilisation du mot « *notion* » à la place de « *nature* ». Pour trois étudiants, la PDN manque de précision. Ils inscrivent « *la solubilité dépend aussi de la nature* », « *dépend de la nature* » et « *dépend de sa nature* » sans préciser qu'il s'agit de la nature du soluté. Et enfin, un étudiant écrit « *attention à la nature du soluté* » sans inscrire à quoi réfère ce mot « *attention* ».

L'unité de sens suivante pour laquelle la fidélité est la moins respectée est également une unité conceptuelle, échangée à travers les trois canaux. Elle correspond à la ligne suivante dans le tableau d'analyse des unités de sens :

<i>comme étant le fait que l'on peut ajouter une certaine quantité de soluté dans un solvant pour former une solution et qu'à un certain moment on va atteindre la saturation.</i>	<i>Quand on ajoute des quantités croissantes d'un soluté, on atteint à un moment la saturation</i>	<i>Saturation</i>
--	--	-------------------

Quatre étudiants notent cette unité de sens avec une fidélité non respectée. Trois le font à partir de l'énoncé oral et un à partir de la diapositive.

Pour un étudiant, l'erreur provient également de la notation d'un mot pour un autre. Il inscrit « *Saturation : qd on ajoute des qtés croissantes de solvant* ». Un autre étudiant note « *On peut ajouter un certain nombre de soluté jusqu'à saturation* ». Il confond les mots « *nombre* » et « *quantité* », ce qui est probablement dû au fait que le professeur prend le sucre comme exemple de soluté avant de définir la saturation et qu'il utilise les mots « *nombre de sucres* ». Il existe donc une confusion dans la tête de ce scripteur entre deux bribes de phrases prononcées par le professeur : « *On ajoute une certaine quantité de soluté* » et « *un certain nombre de morceaux de sucre* ». Il s'agit d'une difficulté de l'apprentissage de la chimie

pointée par Barlet et Plouin (1994) liée à la dualité entre une grandeur continue et une grandeur discontinue.

Un autre étudiant encore écrit « \rightarrow possibilité \rightarrow saturation », ce qui a été codé comme « sens non-respecté » car les informations sont trop laconiques. Mais il est possible que cet étudiant connaisse déjà la notion de saturation. Dans cette situation, ces informations bien que laconiques seraient suffisantes pour lui.

Certaines erreurs correspondent à des **généralisations abusives** : un étudiant écrit « à l moment donné il y aura saturat° (la dissociation est plus possible) ». Or, cette précision notée entre parenthèses n'est vraie que pour les solutés électrolytiques.

Une autre unité de sens pour laquelle le sens n'a pas été respecté pour deux étudiants est une unité conceptuelle, transmise *via* trois canaux et correspondant à la ligne suivante :

Ce qui va gouverner la solubilité c'est la possibilité d'établir des liens intermoléculaires entre le soluté et le solvant	La mise en solution est gouvernée par des interactions intermoléculaires soluté-solvant	Interactions intermoléculaires
--	---	--------------------------------

Pour cette information, un étudiant indique « solubilité : possibl d'effectuer des interactions intermolécules entre sole et solv », dans ce cas-ci, c'est le manque de précision et la quantité d'abréviations douteuses qui entraînent un non-respect du sens.

Un autre étudiant note « La possibilité de produire des interact° moléculaire entre le soluté et le solvant ». Il inscrit « moléculaire » au lieu de « intermoléculaire ». Ce manque de précision est probablement à attribuer au fait que les préfixes « inter » et « intra » sont loin d'être maîtrisés par les étudiants à ce niveau d'enseignement, comme nous l'avons montré dans une recherche sur l'identification et la maîtrise des prérequis par les étudiants entrants (Romainville *et al.*, 2006).

De nombreuses erreurs de sens ont été répertoriées pour des étudiants ayant pris des notes à partir de l'énoncé oral du professeur. Ces étudiants notent des bribes de phrases mais omettent des mots essentiels. Ainsi, un étudiant note « interaction possible entre le solvant et le soluté due au pole » alors qu'il aurait dû écrire « interaction possible entre le solvant et le soluté due au dipôle de l'eau ». Un autre étudiant écrit « molécule d'eau se positionne d'l certaine façon pour neutraliser » alors que l'énoncé oral du professeur est « le dipôle va des molécules d'eau, celles-ci vont se positionner soit dans un sens, soit dans l'autre pour stabiliser respectivement les charges positives ou les charges négatives ». Un fragment des

notes est « *des interactions vont donc permettre au soluté de bien adhérer au solvant → homogène* », un autre est « *→ mélange homogène* » tandis que l'énoncé oral est le suivant « *des interactions qui vont stabiliser le soluté au sein du solvant et qui vont permettre ainsi sa dissolution ou la formation d'un mélange homogène de particules de soluté au sein du solvant* ». Deux autres étudiants encore écrivent respectivement « *via le dipole de l'eau, il y a interaction qui stabilise le solvant* » et « *À cause du dipole de l'eau il peut y avoir de la stabilité* », l'énoncé du professeur est le suivant « *À cause du dipôle de H₂O, il y a moyen de stabiliser, donc il y a des interactions possibles entre le soluté et le solvant, des interactions qui vont stabiliser le soluté au sein du solvant* ». Un étudiant écrit « *ions + et - liés par électrovalence point de vue (noté avec le symbole) Coulomb.* » alors que le message du professeur est « *des Na⁺ et des Cl⁻ qui étaient liés par électrovalence, par des interactions de type coulombiennes ioniques* ». Ce même étudiant note « *certains nbres de molécules d'eau* » alors que le message complet est « *Donc on a un certain nombre de molécules d'eau qui n'est pas nécessairement 3 ou 4* ».

D'autres erreurs liées à l'utilisation d'un mot à la place d'un autre qui entraîne un non-respect du sens ont été répertoriées. Ainsi, le mot « *souvent* » est inscrit à la place de « *exclusivement* » ; le mot « *qualitatif* » à la place de « *quantitatif* ».

Quelques erreurs sont liées à la transcription incomplète d'un modèle moléculaire ou d'un schéma. Par exemple, dans le schéma de l'ensemble des interactions entre les molécules de soluté et celles de solvant, trois étudiants ne représentent pas les interactions entre les molécules de soluté et les interactions entre les molécules de solvant. De plus, le modèle de la molécule d'eau est également dessiné de manière erronée par un étudiant ; ce dernier confond le moment dipolaire et les liaisons covalentes polarisées.

D'après cette analyse qualitative, il s'avère délicat d'opérer des sélections dans les informations spécifiques à noter. Évidemment, les stratégies classiques de suppression telles que les redondances et les articles peuvent être conservées mais dans le cas de phrases qui contiennent de nombreux mots spécifiques, mieux vaut tenter de noter un maximum d'informations. Le rythme et la difficulté des notions abordées dans les cours magistraux de chimie en première année universitaire constituent des conditions ardues de prise de notes qui justifient cette stratégie particulière.

8.3.3 En résumé

Très peu d'unités de sens sont concernées par une fidélité sémantique non respectée (3%). Elles proviennent principalement de l'énoncé oral. Ce résultat laisse penser que les informations apparaissant sur des supports écrits sont souvent recopiées telles quelles par les étudiants.

Comme on pouvait s'y attendre, la fidélité sémantique augmente avec le nombre de canaux. En tout cas, elle augmente significativement lorsqu'un support écrit est présenté en parallèle à l'énoncé oral du professeur.

La fidélité pour les unités de sens spécifiques du niveau symbolique est totale. Autrement dit, même si ces unités sont notées par la grande majorité des étudiants, toutes les informations le sont avec une fidélité de sens respectée.

En revanche, la fidélité de sens est moins respectée pour les unités de sens spécifiques aux modèles moléculaires, à cause d'une transcription incomplète d'un ou plusieurs éléments du modèle.

L'analyse qualitative permet de mettre en évidence quelques erreurs récurrentes. Quelques-unes sont liées à l'utilisation d'un mot à la place d'un autre ou à un manque de précision. Certaines erreurs correspondent à des généralisations abusives. D'autres sont en lien avec l'utilisation d'abréviations douteuses. Enfin, très souvent, des bribes de phrases sont notées à partir de l'énoncé oral mais les mots essentiels et spécifiques sont absents.

8.4 Question 4 : la pertinence

8.4.1 Rappel de la question

La quatrième question concerne la pertinence des notes des étudiants.

Question 4 : Quel est le degré de pertinence des notes en fonction des caractéristiques du message lors de la communication pédagogique ?

Autrement dit, selon notre définition de la pertinence, les éléments hiérarchiquement élevés sont-ils davantage notés que les éléments hiérarchiquement bas ?

8.4.2 Méthodologie

Nous avons d'abord traité les résultats globalement, donc pour les trois extraits du cours magistral et tous les étudiants de notre échantillon.

À partir du tableau d'analyse par unités de sens, nous avons construit le tableau 8.9. Nous y avons déterminé la proportion d'unités de sens notées par niveau hiérarchique en divisant le nombre d'unités de sens notées en moyenne par étudiant par le nombre total d'unités de sens à noter par niveau hiérarchique.

Extraits 1+2+3	Niveau hiérarchique Titre	Niveau hiérarchique UM	Niveau hiérarchique UC	Niveau hiérarchique UB	Niveau hiérarchique SUB
Nombre d'US à noter	2	3	8	35	66
Nombre d'US notées en moyenne par étudiant	0,97	2,45	6,07	18,95	7,45
Proportion d'US notées	49%	82%	76%	54%	11%

Tableau 8.9 : Proportion d'unités de sens notées en fonction du niveau hiérarchique

8.4.2.1 Nombre de canaux

Nous avons également tenté d'identifier quelles seraient les autres caractéristiques qui influenceraient la pertinence. Par exemple le nombre de canaux utilisés pour échanger l'information. Dans le tableau d'analyse par unités de sens, nous avons trié les lignes en fonction du nombre de canaux utilisés pour échanger le message. Ensuite, le tableau 8.10 a été réalisé selon la même logique que le tableau précédent.

PARTIE I : CONFRONTATION ENTRE LE MESSAGE ET LES NOTES

Un canal	Niveau hiérarchique Titre	Niveau hiérarchique UM	Niveau hiérarchique UC	Niveau hiérarchique UB	Niveau hiérarchique SUB
Nombre d'US à noter	1	0	0	17	63
Nombre d'US notées en moyenne par étudiant	0,07	0,00	0,00	2,69	4,93
Proportion d'US notées	7%	0%	0%	16%	8%

Deux canaux	Niveau hiérarchique Titre	Niveau hiérarchique UM	Niveau hiérarchique UC	Niveau hiérarchique UB	Niveau hiérarchique SUB
Nombre d'US à noter	1	0	3	11	1
Nombre d'US notées en moyenne par étudiant	0,88	0,00	1,79	7,45	0,31
Proportion d'US notées	88%	0%	60%	68%	31%

Trois canaux	Niveau hiérarchique Titre	Niveau hiérarchique UM	Niveau hiérarchique UC	Niveau hiérarchique UB	Niveau hiérarchique SUB
Nombre d'US à noter	0	3	4	9	1
Nombre d'US notées en moyenne par étudiant	0,00	2,48	4,31	10,24	0,45
Proportion d'US notées	0%	83%	108%	114%	45%

Tableau 8.10 : Proportion d'unités de sens notées en fonction du niveau hiérarchique et du nombre de canaux

8.4.2.2 Nature des canaux

Le degré de pertinence des notes a enfin été analysé en fonction de la nature des canaux utilisés pour transmettre le message (tableau 8.11).

Canal : énoncé oral	Niveau hiérarchique Titre	Niveau hiérarchique UM	Niveau hiérarchique UC	Niveau hiérarchique UB	Niveau hiérarchique SUB
Nombre d'US à noter	1	3	7	36	61
Nombre d'US notées en moyenne par étudiant	0,88	2,48	6,10	20,29	4,69
Proportion d'US notées	88%	83%	87%	56%	8%

Canal : diapositives	Niveau hiérarchique Titre	Niveau hiérarchique UM	Niveau hiérarchique UC	Niveau hiérarchique UB	Niveau hiérarchique SUB
Nombre d'US à noter	1	3	5	16	5
Nombre d'US notées en moyenne par étudiant	0,88	2,48	5,00	14,07	2,05
Proportion d'US notées	88%	83%	100%	88%	41%

Canal : tableau	Niveau hiérarchique Titre	Niveau hiérarchique UM	Niveau hiérarchique UC	Niveau hiérarchique UB	Niveau hiérarchique SUB
Nombre d'US à noter	0	3	6	14	3
Nombre d'US notées en moyenne par étudiant	0,00	2,48	5,40	13,95	1,05
Proportion d'US notées	0%	83%	90%	100%	35%

Tableau 8.11 : Proportion d'unités de sens notées en fonction du niveau hiérarchique et de la nature des canaux.

8.4.3 Analyse des résultats

Nous constatons globalement, d'après le tableau 8.9, qu'à l'exception du « titre », les notes des étudiants semblent pertinentes pour tous les niveaux hiérarchiques. Autrement dit, toutes choses étant égales par ailleurs, plus le niveau hiérarchique augmente plus la proportion d'unités de sens notées est élevée. La faible proportion obtenue pour le « titre » s'explique par le fait que deux unités de sens correspondent à ce niveau hiérarchique. La seconde unité de sens « titre » est une répétition de la première qui a été notée par quelques étudiants seulement. En ne considérant que la première de ces deux unités de sens, la proportion d'unités de sens notées pour le « titre » serait de 88% ; ce résultat renforce encore celui sur la pertinence globale des notes des étudiants.

Dans le tableau 8.10, nous observons que, pour les informations véhiculées à travers un seul canal, la pertinence est respectée entre les unités de base et les sous-unités de base. Pour l'unité de base « titre », le faible résultat est dû à la caractéristique de répétition comme nous l'avons déjà expliqué pour l'analyse globale.

Lorsque l'information est échangée *via* deux canaux, le titre est l'information la plus notée et les unités de base sont davantage notées que les sous-unités de base. En revanche, la pertinence n'est pas respectée pour les unités conceptuelles.

Enfin, lorsque l'information est transmise à travers trois canaux, la pertinence n'est plus respectée. Cette caractéristique prend dès lors le pas sur le niveau hiérarchique. D'ailleurs, dans ce cas, certaines unités conceptuelles et unités de base sont notées plus d'une fois. Tout se passe comme si certains étudiants étaient conditionnés à recopier les informations dès que celles-ci apparaissent sur un support écrit.

L'analyse du tableau 8.11 confirme l'analyse précédente puisque la pertinence est parfaitement respectée pour le message oral et non pour le message transmis à travers un support écrit.

8.4.4 En résumé

Mutatis mutandis, plus le niveau hiérarchique augmente, plus la proportion d'unités de sens notées est élevée.

Lorsque l'information est véhiculée à travers trois canaux en parallèle ou à travers un support écrit au moins, ces caractéristiques semblent prendre le pas sur le niveau hiérarchique du message. Autrement dit, les unités de bas niveau hiérarchique sont tout autant notées si pas davantage que celles des niveaux hiérarchiques plus élevés.

La nature du canal et le nombre de canaux semblent donc être des caractéristiques qui influencent davantage la PDN des étudiants que le niveau hiérarchique même si celui-ci joue un rôle non négligeable dans la PDN.

8.4.5 Discussion

S'intéresser à la pertinence des notes est courant dès qu'il s'agit d'analyser le produit de cette compétence complexe qu'est la PDN. Pour définir ce descripteur, nous nous sommes basée sur une caractéristique du message, le niveau hiérarchique. Nous avons considéré d'emblée qu'il est plus pertinent de noter des informations de niveau hiérarchiquement élevé que des informations de bas niveau hiérarchique. En toute logique, si le message est correctement structuré et que de surcroît la matière enseignée est nouvelle pour les étudiants, ce devrait être le cas. Les étudiants auraient intérêt à noter en priorité les informations de niveau hiérarchique élevé. En revanche, si la matière est en partie connue, il devient tout aussi pertinent de distinguer les informations nouvelles de celles connues et de noter en priorité les premières. Dès lors, il serait judicieux de sélectionner une matière nouvelle pour les étudiants avant d'entreprendre de nouvelles recherches basées sur la confrontation entre le message d'un cours magistral et les notes des étudiants. Dans le questionnaire adressé aux étudiants de nos deux recueils de données, une question portait sur le degré de familiarité de la matière enseignée. 47% des étudiants qui ont répondu considèrent que la matière du cours magistral était en partie nouvelle et en partie connue ; 42% disent qu'elle était nouvelle mais qu'ils possédaient de bonnes bases sur lesquelles s'appuyer pendant la leçon et 11% qualifient la matière de tout à fait nouvelle. Cela dit, le cours de chimie générale en première année est en grande partie une révision des notions déjà enseignées dans le secondaire. Ces réponses ne sont dès lors pas surprenantes.

Par ailleurs, une autre manière d'envisager la pertinence consisterait à vérifier si les étudiants notent les éléments en rapport avec les exigences du professeur. À ce propos, nous avons pointé les indices fournis par le professeur sur ses exigences dans l'entièreté du cours magistral de notre premier recueil de données. Nous en avons sélectionné six et nous avons vérifié dans les notes des étudiants s'ils avaient noté ces indices particuliers.

Les six indices plus ou moins explicites sont repris ci-dessous. Nous les avons classés en fonction de la proportion d'étudiants les ayant notés. Les éléments explicitant les exigences ont été surlignés. La proportion de cette unité de sens notée est indiquée entre parenthèses.

Je ne vous cache pas que si il y a une question que l'on va vous poser à l'examen, c'est bien le passage de la notion de solubilité au K_s . (54%).

La concentration en Cl^- , c'est également l'expression de la solubilité et donc le K_s d'un point de vue numérique dans ce cas-ci vaut un carré et donc, vous pouvez retrouver la concentration à saturation, c'est-à-dire la solubilité d'un point de vue numérique comme étant la racine carrée du K_s . Et ça, c'est le genre de question que l'on vous posera. (29%).

Connaissant le K_s , on va vous demander quelle est l'expression de la solubilité. (29%).

Alors au point de vue qualitatif et ça, je vous demanderai de le retenir, au point de vue qualitatif, il y a certaines petites règles qui vont d'office vous permettre de deviner si un composé est soluble ou pas. (15%).

Alors à nouveau, comme pour les constantes d'acidité, je vous demande de bien prendre conscience de cette expression. (12%).

Il a y deux grandes familles que vous devez retenir. (0%).

Nous constatons que malgré des indices très explicites tels que « *vous devez retenir* », « *vous êtes censés vous souvenir* » et « *c'est le genre de question que l'on vous posera* » peu d'étudiants notent les unités de sens liées à ces indices. En revanche, le mot « *examen* » semble constituer un bon déclencheur de la PDN de l'indice. Malgré cet indice extrêmement explicite, il n'enclenche une PDN que pour un peu plus de la moitié des étudiants seulement. Ces résultats sont vraiment inattendus et interpelants. Ils confirment la pertinence de

l'intégration dans l'activité basée sur les « Passeports PDN⁴⁹ » (*cf.* chapitre 23) d'un volet sur la prise de conscience et le repérage des exigences du professeur. Si on estime qu'il s'agit d'un élément important pour déterminer la pertinence, les notes examinées sont peu pertinentes. Évidemment, la courte analyse réalisée dans le cadre de cette discussion porte sur très peu d'unités de sens bien que la totalité du cours magistral ait été considérée.

8.5 Questions 5a et 5b : le canal privilégié

8.5.1 Rappel des questions

Nous focaliserons notre attention sur deux questions liées aux canaux utilisés pour transmettre l'information.

Question 5a : Lorsque les étudiants sont confrontés simultanément à un énoncé oral et un support écrit (des diapositives et/ou le tableau), quel canal choisissent-ils de privilégier pour leur prise de notes ?

Une seconde question en relation avec les niveaux de savoir et qui découle des trois hypothèses formulées dans le chapitre 4 (*cf.* points 4.4.3, 4.5.3 et 4.6.3) retiendra également toute notre attention.

Question 5b : Comment les étudiants de première année universitaire prennent-ils note des explications orales fournies à propos des divers modes de représentation des phénomènes (schémas, graphiques, tableaux...), des modèles moléculaires et du symbolisme chimique et mathématique notés sur les diapositives et/ou au tableau ?

8.5.2 Méthodologie pour la question 5a

Pour répondre à la question 5a, nous avons sélectionné dans le tableau d'analyse par unité de sens :

- les unités de sens ayant une correspondance dans les trois messages sources (E, D, T) ;

⁴⁹ Les « Passeports PDN » correspondent à des questionnaires développés par le Service de Pédagogie Universitaire dans le cadre d'un projet d'un peu plus de trois ans intitulé « Explicitation des prérequis et mesure de leur maîtrise en première année du grade de Bachelier ». Ce projet a permis l'observation et la mesure du bagage de connaissances et de compétences des étudiants entrants aux Facultés universitaires de Namur afin de promouvoir leur réussite. Actuellement, ce projet est étendu à l'Académie universitaire Louvain.

- les unités de sens ayant une correspondance dans deux des trois messages sources :
 - l'énoncé oral et les diapositives (E+D) ;
 - l'énoncé oral et le tableau (E+T).

La troisième possibilité, c'est-à-dire une unité de sens provenant d'une diapositive et du tableau sans référence à l'énoncé oral, n'apparaît pas dans le cours magistral analysé.

Pour chacune de ces modalités, un tableau a été élaboré à partir du tableau d'analyse par unité de sens. La première colonne des tableaux 8.12, 8.13 et 8.14 précise le numéro des unités de sens. Les colonnes suivantes correspondent au message subdivisé en unités de sens transmises *via* chacun des canaux. Les quatre colonnes notées « Canal » indiquent le nombre d'unités de sens notées pour chacun des canaux par l'ensemble des étudiants de notre échantillon. Enfin, la dernière colonne montre le total des unités de sens notées quel que soit le canal.

Dans les dernières lignes de ces tableaux, nous présentons les sommes et les proportions d'unités de sens notées selon le type de canal et au total.

Dans les tableaux 8.12 et 8.13, une ligne supplémentaire de sommes d'unités de sens notées a été ajoutée en ne tenant pas compte des unités de sens pour lesquelles nous avons codé majoritairement « ? ». En effet, pour répondre à la question de recherche portant sur le canal choisi, nous avons jugé inutile de traiter les résultats pour lesquels il nous a été impossible de nous prononcer quant au canal sélectionné par l'étudiant. C'est le cas, dans le tableau 8.12, pour les unités de sens 7, 73 et 120, et dans le tableau 8.13 pour les unités de sens 3 et 4 qui correspondent à des titres. Il se peut que pour des unités de sens courtes, les étudiants aient combiné l'énoncé et les supports écrits. Dans ces situations, la question du choix préférentiel du canal n'est pas pertinente. En effet, les étudiants ne sélectionnent pas un seul canal mais associent probablement des éléments de divers supports dans leurs notes personnelles. Nous avons dès lors pris l'option de ne pas les intégrer dans l'analyse.

En conséquence, les proportions d'unités de sens notées à partir de chaque canal ont été calculées d'abord pour chacun des canaux en tenant compte des inconnues, c'est-à-dire de la colonne « ? ». Ensuite, nous avons soustrait le nombre d'unités de sens codées « ? » du nombre total d'unités de sens notées et les proportions ont été recalculées sans tenir compte des inconnues.

8.5.3 Analyse des résultats pour la question 5a

8.5.3.1 Unités de sens transmises via trois canaux

N° de l'unité de sens	Éléments à noter à partir de l'énoncé oral	Éléments à noter à partir des diapositives	Éléments à noter à partir du tableau	Canal E (17 US)	Canal D (17 US)	Canal T (17 US)	Canal ?	Total canal
7	la solubilité peut être comprise d'un point de vue macroscopique	Solubilité : point de vue macroscopique	Macroscopique	1	2	3	30	36
9	comme étant le fait que l'on peut ajouter une certaine quantité de soluté dans un solvant pour former une solution et qu'à un certain moment on va atteindre la saturation.	Quand on ajoute des quantités croissantes d'un soluté, on atteint à un moment la saturation.	Saturation	12	27	5	1	45
11	du cacao ou mis du sucre dans un café.	Le dessin de la tasse et du sucre	Dessin de la tasse	6	0	13	0	19
19	On va appeler la solubilité	La solubilité	Solubilité	2	29	5	8	44
20	que l'on va d'ailleurs noter par petit s	(s)	(s)	0	24	3	5	32
22	la quantité maximale de soluté que l'on va pouvoir dissoudre dans une quantité donnée de solvant.	est la quantité maximum de soluté que l'on peut dissoudre dans une quantité donnée de solvant, à une température donnée.	conc max soluté	5	36	12	2	55
73	d'un point de vue microscopique	Point de vue microscopique	Microscopique	1	0	4	32	37
75	ce qui va gouverner la solubilité c'est la possibilité d'établir des liens intermoléculaires entre le soluté et le solvant	La mise en solution est gouvernée par des interactions intermoléculaires soluté-solvant	Interactions intermoléculaires	14	33	1	6	54
84	un solide de type électrolyte.	Soluté solide électrolyte	NaCl	1	28	28	10	67
86	ce solide était en fait un ensemble d'ions positifs et négatifs	Dessin du réseau cristallin de NaCl	Dessin simplifié du réseau cristallin	2	6	21	0	29
120	D'un point de vue quantitatif,	Point de vue quantitatif	Quantitatif	1	13	5	12	31
123	le petit s	(s)	s =	0	20	15	4	39
125	qui n'est rien d'autre qu'une concentration maximale d'un soluté donné à une température donnée.	= concentration du soluté à saturation (à température donnée)	conc max soluté (T)	5	33	19	2	59
138	chlorure d'argent lorsqu'on est à saturation on va pouvoir avoir une partie de chlorure d'argent qui est en solution et une partie qui est passé hors de la solution	$AgCl(s) = Ag^+(aq) + Cl^-(aq)$	$AgCl(s) = AgCl(aq)$	6	22	25	1	54
148	Alors on va définir la solubilité,	s =	s =	1	21	16	0	38

155	<i>donc cette concentration maximale d'AgCl aq va être la concentration que vous allez avoir en Ag⁺</i>	[Ag ⁺]	[Ag ⁺]	6	24	19	0	49
156	<i>mais qui va aussi être la concentration que vous allez avoir en Cl⁻</i>	[Cl ⁻]	= [Cl ⁻]	3	24	19	0	46
Somme des unités de sens notées				66	342	213	113	734
Somme des unités de sens notées sans les unités de sens 7, 73 et 120				63	327	201	39	630
Proportion d'unités de sens notées à partir de chaque canal				10%	52%	32%	6%	
Proportion d'unités de sens notées à partir de chaque canal sans les inconnues				11%	55%	34%		

 Tableau 8.12 : Unités de sens transmises en parallèle *via* les trois canaux

La dernière ligne du tableau 8.12, montre que les étudiants choisissent très largement les informations provenant d'un canal écrit pour noter des informations transmises à travers trois canaux (89%). En outre, parmi les deux canaux écrits, les diapositives servent de support dans la majorité des cas (55%) alors que le tableau est le canal privilégié pour un tiers des informations notées (34%).

Une analyse plus approfondie des quatorze unités de sens retenues a ensuite été opérée. Nous avons d'abord comparé les messages selon le canal et leur niveau de savoir en chimie. Les unités de sens liées aux niveaux de savoir macroscopique et microscopique notées sur les diapositives sont en général plus longues que celles notées au tableau. Ces dernières sont très laconiques (un ou quelques mots clés seulement). Par exemple, les unités 9 et 22 correspondent respectivement au tableau au mot « *saturation* » et à trois mots clés inscrits de manière abrégée définissant le mot solubilité : « *conc max soluté* » alors que, sur les diapositives, ces deux concepts centraux pour cette leçon sont expliqués ou définis de manière complète en phrases de respectivement 15 et 20 mots.

Pour ces informations, le tableau est quelque peu ignoré par les étudiants au profit des diapositives. La majorité des étudiants réalise probablement pendant la séance de cours que, pour des portions de matière centrées sur l'aspect lexical tel la définition des concepts de saturation et de solubilité, les informations notées sur les diapositives sont plus complètes et ils choisissent dès lors ce support pour leurs notes.

L'unité de sens 75, relative au niveau microscopique, correspond à la première phrase de la diapositive et est de surcroît réinscrite au début de la diapositive suivante. De plus, l'énoncé oral est très proche conceptuellement de la phrase clé inscrite sur la diapositive, mais entre l'énoncé oral et l'information sur la diapositive, des différences de forme existent. Le terme « *solubilité* » est remplacé par « *mise en solution* » et le mot « *liens* » par le mot

« *interactions* ». En revanche, au tableau, seuls les mots clés « *interactions intermoléculaires* » sont inscrits.

Pour cette unité de sens, une constatation similaire peut être faite. Le tableau est ignoré par les étudiants, sans doute à cause du manque d'informations qui s'y trouvent. En revanche, 78% des étudiants recopient mot pour mot la phrase issue de la diapositive. Un étudiant qui recopie probablement machinalement le contenu des diapositives inscrit d'ailleurs cette phrase deux fois. Sans doute, une fois par diapositive. 60% des étudiants ne notent rien d'autre pour cette unité de sens alors que 26% des étudiants notent également cette information à partir de l'énoncé oral et que 12% ne prennent des notes qu'à partir de l'énoncé oral. Le fait que plus d'un quart des étudiants combine des informations issues de plusieurs supports alors que les informations sont très proches au niveau du contenu indique qu'ils éprouvent probablement pour cette information quelques difficultés de compréhension au moment de leur PDN et ne parviennent pas, en direct, à distinguer si les informations fournies oralement sont différentes ou identiques à celles inscrites sur la diapositive. D'ailleurs, le terme « intermoléculaire » a été identifié dans une recherche (Romainville *et al.*, 2006) comme un terme mal maîtrisé par la plupart des étudiants entrants à l'université. Nous l'avions déjà évoqué (*cf.* point 8.3.2.5). Évidemment, au moment de la PDN, un quadrimestre s'est déjà écoulé et certains étudiants ont éventuellement comblé cette lacune.

Deux unités de sens correspondent respectivement à un dessin et à un modèle moléculaire : les unités de sens 11 et 86. Pour l'unité de sens 11, dans l'énoncé oral, le professeur fournit deux exemples de saturation de la vie courante : le cacao dans le lait ou le sucre dans la tasse de café. Sur la diapositive, une photographie de tasse est représentée et au tableau, une tasse est dessinée. On comprend que la majorité des étudiants qui ont noté cette information se soient inspirés du dessin, plus facile à reproduire qu'une photographie.

Pour l'unité de sens 86, l'énoncé est bien moins riche que le modèle du réseau cristallin représenté sur la diapositive (*cf.* point 6.1.3.1) et que l'ébauche de modèle dessiné au tableau par le professeur. Dans ce cas, les étudiants adoptent en majorité le tableau comme support car cette ébauche de modèle est plus rapide à écrire que le modèle de la diapositive, relativement complexe à représenter.

Nous nous sommes enfin penchée sur les unités de sens correspondant au niveau symbolique pour lesquelles le message inscrit sur les diapositives et au tableau est semblable

au niveau de la quantité d'informations. Pour ces unités de sens, l'équilibre se rétablit entre les informations notées à partir des diapositives et celles inscrites à partir du tableau.

À partir du tableau 8.12, nous avons déterminé que pour les six unités de sens liées au niveau de savoir symbolique, les informations sont notées soit à partir de la diapositive (52%), soit à partir du tableau (41%).

Pour l'unité de sens 20, seuls 32 étudiants ont noté l'information. C'est étonnant puisque c'est la première fois que le professeur indique le symbolisme associé à la notion de solubilité. Il s'agit probablement de la combinaison de deux facteurs : premièrement l'information passe inaperçue pour une partie des étudiants, à cause de la rapidité et de la concision de l'énoncé oral à ce niveau-là ; deuxièmement, il est probable que certains étudiants se souviennent de ce symbolisme déjà utilisé dans l'enseignement secondaire et jugent dès lors superflu de noter cette information.

À ce stade, il serait intéressant de confronter les réponses que les étudiants ont fournies à la question du questionnaire portant sur le degré de familiarité avec la matière de la séance de cours. Cependant, cette confrontation n'est possible que pour la moitié des étudiants, ceux qui ont complété le questionnaire. De plus, l'information donnée par ces étudiants est globale et donc ne renseigne pas précisément sur leur connaissance de ce symbolisme. Il s'agit là d'une limite imposée par notre méthodologie.

8.5.3.2 Unités de sens transmises *via* l'énoncé oral et les diapositives

N° de l'unité de sens	Éléments à noter à partir de l'énoncé oral	Éléments à noter à partir des diapositives	Éléments à noter à partir du tableau	Canal E (12 US)	Canal D (12 US)	Canal T (12 US)	Canal ?	Total canal
3	<i>c'est le point b,</i>	<i>b.</i>		0	17	0	17	34
4	<i>c'est la notion de solubilité</i>	<i>solubilité</i>		2	17	0	18	37
40	<i>Alors des exemples</i>	<i>Ex.</i>		1	25	0	2	28
43	<i>Le sucre à 25 degrés hé bien vous pouvez dissoudre plus ou moins 13 morceaux de sucre dans 100 grammes d'eau,</i>	<i>sucre à 25°C : 67,5 g (saccharose) dans 100g d'eau</i>		8	25	0	0	33
49	<i>Vous pouvez dissoudre 7 cuillères à café de sel, du NaCl</i>	<i>NaCl à 25°C : ~ 35 g dans 100g d'eau</i>		8	24	0	0	32
51	<i>Par contre vous avez le sulfate de baryum.</i>	<i>Sulfate de baryum :</i>		0	13	0	0	13
58	<i>donc c'est un soluté solide pour lequel on ne peut dissoudre que 25 milligrammes dans 100 millilitres d'eau. »</i>	<i>0,00025 g dans 100g d'eau</i>		6	20	0	0	26
83	<i>par exemple</i>	<i>Ex.</i>		0	34	0	5	39
112	<i>les charges de type négatif qui se trouvent du côté de l'oxygène vont être proches des cations</i>	<i>Dessin de la couronne de solvation autour de Na+</i>		2	23	0	0	25
114	<i>c'est-à-dire les charges positives partielles portées par les hydrogènes qui vont se retrouver du côté des anions.</i>	<i>Dessin de la couronne de solvation autour de Cl-</i>		1	21	0	0	22
122	<i>Hé bien on va utiliser la notion de solubilité</i>	<i>La solubilité</i>		0	25	0	4	29
133	<i>le chlorure d'argent</i>	<i>AgCl</i>		0	19	0	0	19
Somme des unités de sens notées				28	263	0	46	337
Somme des unités de sens notées sans les unités de sens 3 et 4				26	233	0	11	266
Proportion d'unités de sens notées à partir de chaque canal				10%	86%	0%	4%	
Proportion d'unités de sens notées à partir de chaque canal sans les inconnues				10%	90%			

Tableau 8.13 : Unités de sens transmises en parallèle *via* l'énoncé oral et les diapositives

Comme l'indique le tableau 8.13, pour les 10 unités de sens transmises *via* l'énoncé oral et les diapositives et conservées pour l'analyse, les étudiants choisissent très largement le canal écrit comme support (90%). Pour les unités de sens 43, 49 et 58, l'énoncé est très proche de ce qui est inscrit sur la diapositive et le codage des notes montre clairement que la majorité des étudiants a recopié l'unité de sens provenant de la diapositive.

Pour les unités de sens 112 et 114, la diapositive présente des modèles alors que l'énoncé décrit une partie de ce modèle. Ici encore, les étudiants optent pour une PDN des informations à partir de la diapositive.

Pour l'unité de sens 122, les étudiants notent uniquement la diapositive. Il est vrai qu'il n'y a pas d'information supplémentaire apportée par l'énoncé oral.

Enfin, pour l'unité de sens 133, le nom, chlorure d'argent, associé à la formule du sel AgCl, est très connu par les étudiants d'autant plus que la nomenclature a déjà fait, à cette époque de l'année, l'objet de deux évaluations formatives. Cette information n'est donc notée par aucun étudiant à partir de l'énoncé oral et par moins de la moitié des étudiants à partir de la diapositive. Cette dernière analyse montre que certains étudiants tiennent compte de leurs acquis lorsqu'ils prennent des notes.

8.5.3.3 Unités de sens transmises en parallèle *via* l'énoncé oral et le tableau

N° de l'unité de sens	Éléments à noter à partir de l'énoncé oral	Éléments à noter à partir des diapositives	Éléments à noter à partir du tableau	Canal E (7 US)	Canal D (7 US)	Canal T (7 US)	Canal ?	Total canal
31	<i>cette solubilité va dépendre de la température.</i>		(T)	10	0	5	1	16
42	<i>cette solubilité dépend de la nature du soluté</i>		<i>flèche + nature</i>	26	0	4	0	30
77	<i>la solubilisation dans un solvant va toujours être un compromis entre les interactions soluté - soluté</i>		<i>Schéma des interactions soluté solvant, soluté soluté, solvant solvant</i>	7	0	27	2	36
97	<i>à côté de cela, dans le solvant, des molécules de H₂O</i>		<i>Dessin d'une molécule d'eau</i>	5	0	30	0	35
100	<i>qu'il y a une série d'interactions par pont hydrogène qui assurent la cohésion</i>		<i>Pont H</i>	8	0	26	0	34
141	<i>et la partie qui est en solution va pouvoir se dissocier classiquement</i>		<i>flèches de dissociation</i>	2	0	24	1	27
144	<i>va se dissocier sous forme de Ag⁺ et de Cl⁻</i>		<i>Ag⁺ Cl⁻</i>	2	0	19	1	22
<i>Somme des unités de sens notées</i>				60	0	135	5	200
<i>Proportion d'unités de sens notées à partir de chaque canal</i>				30%	0%	68%	2%	
<i>Proportion d'unités de sens notées à partir de chaque canal sans les inconnues</i>				31%	0%	69%		

Tableau 8.14 : Unités de sens transmises en parallèle *via* l'énoncé et le tableau

D'après le tableau 8.14, nous observons pour les deux unités de sens 31 et 32, contrairement aux deux premières situations, que les étudiants choisissent majoritairement le support oral lorsqu'ils sont confrontés en parallèle à l'énoncé oral et au tableau. L'explication de ce changement de comportement est à trouver dans la nature des informations apportées

oralement et par écrit. Il s'agit de deux unités conceptuelles courtes et très semblables quant à la nature de l'information délivrée. L'enseignant explique : « *Cette solubilité va dépendre de la température* » et « *Cette solubilité dépend de la nature du soluté* ». Ces informations sont notées au tableau de manière symbolique : « (T) » correspondant à la première unité de sens et « \rightarrow nature » représentant la seconde information. Comme nous l'avons déjà mentionné (cf. 6.1.3.1), le symbolisme adopté par le professeur est accidentellement différent pour chaque unité conceptuelle.

Cette combinaison de facteurs, unité de sens relativement courte provenant de l'énoncé et symbolisme noté au tableau qui diffère d'une unité à l'autre, intervient probablement dans le fait que la majorité des étudiants privilégient, dans ce cas-ci, l'énoncé oral pour leurs notes.

Pour les deux unités de sens 77 et 97, liées au niveau microscopique et qui correspondent respectivement à un schéma et un modèle, les étudiants préfèrent noter les informations inscrites au tableau bien qu'elles soient très concises et peu complètes par rapport à ce qui est dit dans l'énoncé oral.

Pour l'unité de sens 77, le professeur représente au tableau le schéma de l'ensemble des interactions qui se manifestent lors de la mise en solution d'un soluté dans un solvant. En parallèle, dans son énoncé oral, il explicite ce schéma. Ce dernier est noté par 64% des étudiants. L'énoncé oral associé n'est quant à lui noté que par 17% des étudiants.

Une hypothèse explicative de ce résultat consiste à considérer que les étudiants recopient le schéma dans leurs notes en même temps que le professeur l'élabore au tableau. Pendant ce temps, l'enseignant explicite le schéma, ce qui le rend, sur le moment, parfaitement compréhensible par les étudiants. Ils ne prennent dès lors pas la précaution de noter les explications supplémentaires apportées par l'énoncé oral d'autant plus qu'il est difficile de combiner la PDN à partir de deux canaux simultanément. Ce dernier point est confirmé par le fait que seulement 16 étudiants sur 27 notent le schéma complètement et correctement, ce qui laisse supposer qu'ils ont manqué de temps lors de la PDN de cette partie du cours magistral.

Pour l'unité de sens 97, les étudiants sont six fois plus nombreux à recopier le modèle de la molécule d'eau représentée au tableau qu'à noter les éléments de l'énoncé oral. Ce comportement se révèle ici moins facile à interpréter, car cette molécule d'eau apparaît de manière quelque peu isolée dans l'ensemble du tableau, et donc dans les notes des étudiants. Sans les explications orales, il leur sera difficile de comprendre lors de l'étude.

Pour les deux unités de sens 141 et 144, les étudiants notent surtout les informations à partir du tableau. Seul un étudiant associe énoncé oral et tableau pour les deux unités de sens et un autre étudiant ne note l'information qu'à partir de l'énoncé oral. Il s'agit d'un cas typique de symbolisme chimique inscrit au tableau et traduit simultanément et oralement par l'enseignant.

8.5.4 En résumé pour la question 5a

Afin de traiter globalement la question 5a, les dernières lignes, c'est-à-dire les proportions par nombre et type de canaux, des tableaux 8.12, 8.13 et 8.14 ont été reprises dans le tableau 8.15.

	Proportion d'US notées à partir de l'énoncé oral	Proportion d'US notées à partir des diapositives	Proportion d'US notées à partir du tableau
US échangées à travers trois canaux : E+D+T	11%	55%	34%
US échangées à travers l'énoncé oral et les diapositives : E+D	10%	90%	/
US échangées à travers l'énoncé oral et le tableau : E+T	31%	/	69%

Tableau 8.15 : Proportions d'unités de sens notées en fonction du nombre et de la nature des canaux

D'une manière générale, il ressort de l'analyse des données relatives à notre premier recueil de données que lorsque les étudiants sont confrontés à un énoncé oral et un support écrit, ils notent de préférence le support écrit. Ils notent toutefois davantage d'informations à partir de l'énoncé oral lorsque le support écrit est le tableau que lorsqu'il s'agit de diapositives. Cela peut s'expliquer, dans le contexte du cours magistral qui est analysé dans cette recherche, par le fait que le professeur inscrit des informations au tableau sous la forme de mots clés. Les informations concises notées au tableau sont donc aisées à noter, ce qui laisse le temps à certains étudiants de noter quelques éléments de l'énoncé oral. De plus, au-delà de cet aspect temporel, vu que les informations notées au tableau sont laconiques, les étudiants pensent certainement devoir les enrichir par les informations issues de l'énoncé oral. Au contraire, les informations notées sur les diapositives sont plus complètes. L'énoncé oral devient alors accessoire pour les étudiants et est quelque peu délaissé.

Vu le caractère éphémère de l'oral, on peut aisément expliquer la préférence des étudiants pour un canal écrit par rapport à un canal oral. Les informations sur la diapositive et le tableau restent visibles un temps bien suffisant pour permettre d'en prendre note totalement alors qu'une phrase, à peine prononcée, fait place à une autre.

Les étudiants adaptent leur PDN pour chacune des unités de sens en fonction du contexte local, de leurs prérequis et de leur compréhension du cours magistral au moment de leur PDN. En général, ils sélectionnent parmi le support écrit celui qui recèle le maximum d'informations ou ils combinent plusieurs supports pour s'assurer de garder une trace de la majorité des informations. Toutefois, lorsque des modèles moléculaires, des schémas, des dessins ou du symbolisme sont inscrits au tableau, les informations sont recopiées par la majorité des étudiants qui délaissent alors l'énoncé oral. Il semble que ces stratégies d'adaptation en fonction du contexte soient remplacées par le recopiage automatique du support écrit le plus complet, en cas d'incompréhension du message.

8.5.5 Méthodologie pour la question 5b

Question 5b : Comment les étudiants prennent-ils note des explications orales fournies à propos des divers modes de représentation des phénomènes (schémas, graphiques, tableaux...), des modèles moléculaires et du symbolisme chimique et mathématique notés sur les diapositives et/ou au tableau ?

8.5.5.1 Analyse des données du premier recueil

Nous avons épinglé dans le tableau d'analyse par unités de sens toutes les lignes (ensemble de 2 ou 3 unités de sens) liées à des modèles moléculaires, celles associées à du symbolisme et enfin dans les lignes restantes, nous avons éliminé les unités de sens phatiques et métalinguistiques ainsi que celles transmises à travers un seul canal. De plus, nous avons exclu les lignes pour lesquelles il n'était majoritairement pas possible d'identifier le canal sélectionné pour la PDN et donc codé « ? ».

Pour chaque groupe ainsi formé, la proportion d'unités de sens notées *via* les trois canaux a été calculée. Les résultats sont consignés dans le tableau 8.16.

	Proportion d'unités de sens notées à partir de l'énoncé oral	Proportion d'unités de sens notées à partir des diapositives	Proportion d'unités de sens notées à partir du tableau	Proportion d'unités de sens notées à partir des supports écrits
Unités de sens liées aux modèles moléculaires (2 ou 3 canaux)	9%	46%	45%	91%
Unités de sens liées au symbolisme (2 ou 3 canaux)	8%	48%	44%	92%
Autre unités de sens notionnelles (2 ou 3 canaux)	20%	52%	28%	80%

Tableau 8.16 : Proportion d'unités de sens notées en fonction du mode de représentation

Les résultats de l'analyse résumée dans le tableau 8.16 étayent notre hypothèse selon laquelle les explications orales à propos du symbolisme et des modèles moléculaires ne seraient que peu ou pas notées par les étudiants. En effet, les unités de sens liées à des modèles moléculaires et à du symbolisme sont globalement encore moins notées (moins de 10%) que les autres unités ayant des caractéristiques similaires quant à la nature de l'information (unités notionnelles et nombre de canaux).

Toutefois, le nombre d'unités de sens, liées à des modèles moléculaires et au symbolisme, en jeu pour cette analyse est faible. Ce résultat doit donc être envisagé avec prudence. De surcroît, la partie de la question 5b à propos des schémas, des graphiques et des tableaux n'a pas été prise en compte. Elle ne pourrait d'ailleurs pas l'être car les trois extraits sélectionnés dans le cours magistral sur la solubilité ne recèlent qu'un seul schéma, discuté précédemment (*cf.* point 8.5.3.3) et pas de graphique, ni de tableau.

8.5.5.2 Analyse des données du second recueil

Dans le but de répondre plus complètement à cette question cruciale pour la didactique de la chimie et éventuellement de confirmer cette réponse provisoire, nous avons décidé d'entreprendre de nouvelles investigations⁵⁰.

Ainsi, la méthodologie conçue pour le cours magistral sur la solubilité et largement décrite dans le chapitre 7 a été appliquée pour quelques extraits et un échantillon limité mais représentatif d'étudiants (*cf.* point 5.2.2) en exploitant notre second recueil de données portant sur deux leçons à propos des interactions intermoléculaires (*cf.* point 5.1.2). En effet, les cours

⁵⁰ Rappelons que cette question est apparue lors de rédaction du chapitre 4 sur les niveaux de savoir en chimie et leurs modes de représentation, c'est-à-dire après la sélection des trois extraits du cours magistral sur la solubilité que nous avons analysés.

magistraux sur les interactions intermoléculaires sont riches en schémas, tableaux, symbolisme et modèles moléculaires.

Le contexte du cours de chimie générale correspondant à ce second recueil de données est proche de celui du premier recueil, à l'exception du nombre de canaux utilisés pour transmettre l'information car le professeur n'utilise que le tableau comme canal écrit.

Sélection de quatre extraits

Dans les deux leçons enregistrées, quatre extraits ont été épinglés pour répondre spécifiquement à la question 5b sur la manière dont les étudiants notent les explications orales fournies à propos des divers modes de représentation des phénomènes (schémas, graphiques, tableaux, modèles moléculaires et symbolisme chimique et mathématique) notés sur un support écrit.

Un premier extrait a été sélectionné pour sa dimension symbolique. Il concerne les interactions entre dipôles permanents. Dans cet extrait, le professeur utilise de nombreux symboles chimiques (δ^+ et δ^- : charges partielles positives et négatives, μ : moment dipolaire, χ_H : électronégativité de l'hydrogène, D : debye, E_K : énergie de Keesom, k_K : constante de Keesom, r : distance intermoléculaire) qu'il note au tableau et qu'il traduit oralement sans en écrire la signification. Il note également une formule sur le support écrit qu'il explique en parallèle.

Un deuxième extrait est centré sur la représentation du modèle moléculaire d'une molécule diatomique et sur la construction et la compréhension du graphique de l'énergie d'un système de deux molécules diatomiques en fonction de la distance intermoléculaire. C'est pour le caractère classique de ce graphique en première année à l'université que nous avons choisi cet extrait et parce que le professeur explique abondamment le modèle moléculaire et le graphique sans noter ses explications.

Dans un troisième extrait à propos des liaisons hydrogène, un tableau et un graphique sont dessinés au tableau. Le professeur fournit également des explications orales qui ne figurent pas sur le support écrit.

Enfin, dans un quatrième extrait, du symbolisme spécifiquement chimique de molécules relativement complexes (L-phénylalanine et L-tyrosine) est représenté au tableau.

L'enseignant donne de nombreuses explications associées à ces molécules mais ces informations ne sont pas notées au tableau.

Conception des grilles d'observation et du tableau d'analyse

L'énoncé oral de ces quatre extraits a été découpé en unités sémantiques qui sont ensuite mises en parallèle avec les informations notées au tableau, dans une grille d'observation. Chacune des unités sémantiques a été caractérisée. Les caractéristiques du message qui ont été retenues sont celles que nous avons jugées pertinentes pour la question 5b : le niveau de l'énoncé oral (données notionnelles, commentaires phatiques et métalinguistiques), la nature des canaux utilisés (l'énoncé oral et le tableau) ainsi que le nombre de canaux utilisés pour échanger l'information (un ou deux).

Cette grille a été complétée pour chacun des étudiants de notre échantillon (*cf.* point 5.2.2).

Ensuite, nous avons à nouveau construit un tableau d'analyse qui regroupe les résultats des 18 grilles d'observation de notre échantillon. C'est à partir de ce tableau d'analyse que nous avons répondu à la question 5b. Nous avons compté le nombre d'unités de sens notées respectivement pour l'énoncé oral et le tableau pour chacun des quatre extraits sélectionnés et au total. Nous avons ensuite déterminé la proportion d'unités de sens notées en divisant le nombre d'unités de sens notées par le nombre d'unités de sens à noter et par le nombre d'étudiants de notre échantillon. Les résultats de ces opérations se trouvent consignés dans le tableau 8.17.

Il faut souligner que la taille des 4 extraits des cours magistraux sur les liaisons intermoléculaires est parfaitement acceptable puisqu'elle correspond à un total de 293 unités de sens pour l'énoncé oral et 77 unités de sens pour le tableau, sachant qu'une unité de sens notée au tableau est parfois très globale. Il s'agit dans certains cas d'un tableau ou d'un graphique dans sa globalité.

8.5.6 Analyse des résultats pour la question 5b

	Nombre d'US notionnelles à noter à partir de l'énoncé oral	Nombre d'US notées à partir de l'énoncé oral	Proportion d'US notées à partir de l'énoncé oral	Ampleur maximale	Ampleur partielle	Fidélité respectée	Fidélité non respectée	Nombre d'US à noter à partir du tableau	Nombre d'US notées à partir du tableau	Proportion d'US notées à partir du tableau	Ampleur maximale	Ampleur partielle	Fidélité respectée	Fidélité non respectée
Extrait 1 : symbolisme	46	53	6%	9	44	52	1	24	418	97%	413	4	415	3
Extrait 2 : graphique	64	97	8%	24	73	96	1	31	515	92%	509	6	514	1
Extrait 3 : tableau et graphique	81	24	2%	6	18	24	0	13	210	90%	209	1	210	0
Extrait 4 : symbolisme	40	17	2%	3	14	16	1	9	147	91%	139	8	141	6
Total des quatre extraits	231	191	5%	42	149	188	3	77	1290	93%	1270	19	1280	10

Tableau 8.17 : Proportion d'unités de sens notées à partir de l'énoncé oral notionnel et à partir du tableau pour 4 extraits du second recueil de données

Le tableau 8.17 confirme plusieurs résultats obtenus par l'analyse des données du premier recueil. Nous constatons notamment que les informations transmises lors du cours magistral sont notées en très grande majorité à partir du support écrit (93%) et très peu à partir de l'énoncé oral (5%). Nous constatons également que les informations notées à partir du tableau sont surtout recopiées (proportion de l'ampleur maximale pour le total des 4 extraits : $1270/1290 = 98\%$) alors que les rares informations notées par un nombre limité d'étudiants à partir de l'énoncé oral sont majoritairement notées partiellement ou de manière adaptée (proportion de l'ampleur partielle pour le total des 4 extraits : $149/191 = 78\%$). De plus, quel que soit le support choisi pour noter l'information, la fidélité sémantique est au rendez-vous (proportion de fidélité pour le total des 4 extraits à partir du tableau : $1280/1290 = 99\%$ et proportion de fidélité pour le total des 4 extraits à partir de l'énoncé oral : $188/191 = 98\%$).

Ces résultats obtenus pour un contexte différent (un autre professeur, un seul support écrit, une autre section d'étudiants, un autre sujet de leçon et des extraits centrés sur un modèle moléculaire, un tableau, des graphiques et l'écriture symbolique) corroborent évidemment ceux obtenus pour le premier cours magistral analysé.

En outre, la méthodologie minutieusement mise au point tout au long de ce travail a pu être mise à l'épreuve dans un autre contexte et ainsi faire émerger de nouvelles critiques dont nous ferons état dans les conclusions (*cf.* chapitre 25).

De l'analyse du tableau 8.17, il ressort que la plupart des étudiants confrontés à des modes différents de représentation de la chimie (symbolisme, modèle moléculaire, graphique, tableau) notés par le professeur au tableau les recopient au détriment des explications orales fournies en parallèle. Nos hypothèses formulées dans le chapitre 4 se voient ainsi doublement confirmées par les résultats de nos deux recueils de données.

Afin d'investiguer davantage cette question de recherche, nous avons analysé le contenu des explications orales fournies par le professeur à propos des informations notées simultanément au tableau. Nous avons tenté de créer des catégories.

Les explications apportées par le professeur sont de différentes natures. Certaines traduisent le symbolisme utilisé. Par exemple, l'enseignant inscrit au tableau $\mu = 1.07 \text{ D}$; il dit simultanément : « *On a défini un moment dipolaire de 1.07 debye* » ; et certains étudiants (33%) notent « $\mu \rightarrow$ moment dipolaire » et quelques étudiants (17%) notent « $D \rightarrow$ Debye ». Autre exemple : un deuxième vecteur est dessiné au tableau assorti de signes positif et négatif en ses extrémités et le professeur fournit en même temps l'explication suivante : « *s'il y a une deuxième molécule qui vient interagir avec la première* ». Quelques étudiants (28%) notent les éléments suivants : « *si interaction avec une autre molécule* », « *si on met une autre molécule* », « *2è moléc* ». Nous avons intégré dans cette catégorie les explications des modèles moléculaires. Par exemple, une molécule diatomique est représentée et le professeur dit « *on va prendre une molécule diatomique* ». Nous avons codé ces explications « T » pour « Traduction du symbolisme ».

D'autres explications apportent des précisions par rapport à une notion et ne sont pas notées au tableau. Le professeur précise : « *ici, il n'y a pas de possibilité de liaison hydrogène* » et quelques étudiants (28%) notent « \rightarrow pas de possibilité de liaison H ». Le code choisi a été « P » pour « Précision ».

D'autres explications définissent un terme spécifique. Par exemple, le professeur inscrit $\chi_{\text{H}} = 2.20$; en parallèle, il dit : « *l'électronégativité étant l'affinité pour les électrons* » ; et un étudiant (6%) écrit dans ses notes « $\chi \rightarrow$ affinité pour les électrons ». Ces définitions sont très peu nombreuses dans les 4 extraits que nous avons sélectionnés puisque l'objet de ces extraits n'était pas d'introduire de nouveaux mots spécifiques ni de les décrire (au contraire du premier extrait du premier recueil de données basé sur l'introduction des notions de solubilité, de saturation, etc.). Nous n'avons dès lors pas codé ces explications d'une manière singulière mais nous les avons considérées comme des explications apportant une précision.

Un dernier type d'explication correspond réellement à ce qui est noté, souvent sous la forme de mots clés, au tableau. Par exemple, le professeur inscrit « *orientation privilégiée* » et il explique en même temps : « *Donc il y a une orientation qui va être privilégiée...* ». Quelques étudiants (17%) préfèrent la formulation orale et plus longue et notent « *une orientation va être privilégiée* ». Nous avons codé ces explications par « M » pour « Mise en mots ».

Après une rapide analyse, nous avons déterminé que pour les 231 unités de sens notionnelles provenant de l'énoncé oral, 50% correspondent à des précisions, 40% environ sont des mises en mots de ce que le professeur inscrit au tableau et 10% environ correspondent à la traduction de symbolisme.

Nous avons ensuite calculé la proportion d'unités de sens notionnelles notées à partir de l'énoncé oral dans chacune des catégories.

Pour cela, nous avons divisé le nombre total d'unités de sens notées par le nombre d'unités de sens notionnelles de chaque catégorie créée si chaque étudiant avait noté chaque unité de sens (tableau 8.18).

	Traduction	Précision	Mise en mots	Total
Nombre total d'US notionnelles de l'énoncé oral à noter dans chaque catégorie	23	114	94	231
Nombre total d'US notionnelles de l'énoncé oral qui serait noté si chaque étudiant les avait noté une fois	$23 \times 18 = 414$	$114 \times 18 = 2052$	$94 \times 18 = 1692$	4158
Nombre total d'US notionnelles de l'énoncé oral notées dans chaque catégorie	28	102	61	191
Proportion d'US notionnelles notées dans chaque catégorie	7%	5%	4%	5%
Proportion d'US notionnelles non notées dans chaque catégorie	93%	95%	96%	95%

Tableau 8.18 : Proportion d'unités de sens notionnelles notées à partir de l'énoncé oral dans chaque catégorie

Le tableau 8.18 montre que les explications qui traduisent le symbolisme semblent légèrement plus souvent notées que les autres explications. Il est également intéressant de constater que certains étudiants préfèrent noter des éléments de l'énoncé oral du professeur plutôt que les mots clés qu'il inscrit au tableau. Enfin, seulement 5% des explications supplémentaires apportées oralement par le professeur sont notées.

8.5.7 En résumé pour la question 5b

Dans cadre de cours magistraux de chimie générale, les explications orales que le professeur fournit simultanément aux représentations sur le tableau (graphiques, tableaux, modèles moléculaires et écriture symbolique) sont très peu notées par les étudiants (5%). La grande majorité des étudiants recopient donc le tableau consciencieusement, mais ne complètent pas leurs notes par les explications orales. Pourtant, ces explications précisent les notions abordées, traduisent le symbolisme spécifique utilisé ou mettent en mots le message noté au tableau.

Les résultats tendent à montrer qu'il serait utile de fournir sur un support écrit des représentations telles que les graphiques, les tableaux, les structures moléculaires exploitées pendant la leçon. Ainsi, les étudiants ne devraient plus passer du temps à les recopier. Ce temps, ils pourraient le consacrer à écrire les explications fournies oralement qui permettent en général une compréhension plus approfondie et une appropriation de ces représentations. Par ailleurs, l'utilisation fréquente d'indices explicites déclencheurs de la prise de notes de ces explications orales s'avère nécessaire à ce niveau d'enseignement.

9 Discussion

9.1 **Sélection drastique des informations notées à partir de l'énoncé oral**

D'après Roussey et Piolat, 2003, « *La fonction habituellement accordée à la prise de notes est celle de stockage externe (Kiewra et Frank, 1988, Lindberg – Risch et Kiewra, 1990). Les étudiants prennent note au cours dans le but de se créer un support de cours qui constitue en quelque sorte une mémoire écrite et donc stable d'informations qu'ils retravailleront une fois le cours terminé.* ».

Cette fonction de stockage est confirmée par les étudiants interrogés *via* le questionnaire proposé pour les deux recueils de données. En effet, ils indiquent que la PDN au cours de chimie générale leur permet de se constituer un support de cours car il n'y a pas de polycopié et parce que le cours est très différent du livre de référence. Ils disent tous prendre des notes à ce cours. De plus, ils sont 78% à considérer que noter un maximum d'informations, quitte à ne pas tout comprendre, constitue leur objectif principal.

On pourrait dès lors se demander quelles sont les raisons qui amènent les étudiants à noter aussi peu d'informations provenant de l'énoncé oral.

À ce propos, nous devons distinguer les sélections saines, efficaces et pertinentes de celles qui pourraient entraver la compréhension du cours lors du travail à domicile.

Les premières sont décrites par Piolat (2001). Les étudiants opèrent une grande sélection basée sur leurs connaissances préalables. De plus, la fonction de tri est incontournable puisque l'émetteur parle en général entre cinq et dix fois plus vite que la capacité à noter du récepteur. Branca-Rosoff (2006, p. 190) détaille également cette sélection en ces termes : « *Les scripteurs pratiquent des opérations de réduction à tous les niveaux :*

- *au niveau textuel, ils sélectionnent les informations, notamment en supprimant les digressions ;*
- *au niveau syntaxique, ils éliminent les répétitions, ils ont tendance à effacer les mots grammaticaux et les verbes modaux. Certains scripteurs en viennent à garder seulement une liste de substantifs ;*
- *au niveau lexical, ils réduisent les mots à l'aide de différents procédés d'abréviations. ».*

À l'instar de ce que présente Branca-Rosoff, les commentaires phatiques ne sont jamais notés par les étudiants, ce qui est tout à fait normal puisque leur fonction principale est de maintenir le contact avec l'amphithéâtre et qu'une autre fonction consiste probablement à « dédensifier » l'énoncé oral et donc à faciliter la PDN. « *Ce temps qui permet à l'écrit de rattraper l'oral pourrait être occupé par du silence, mais notre culture pédagogique s'en accommode mal, d'où ces procédés d'occupation de l'espace sonore.* » (Parpette, 2002 p. 263).

Au sujet des informations qui ne sont pas notées, alors que leur absence dans les notes pourrait porter préjudice à la compréhension du cours ou aux performances des étudiants lors de l'évaluation, les hypothèses explicatives sont multiples. Les étudiants n'ont pas le temps de noter ces informations orales. Les étudiants ne notent pas l'énoncé oral parce qu'ils pensent que ces informations sont facultatives. Ces explications permettent aux étudiants de comprendre le message pendant le cours magistral et ils ne pensent pas à en garder une trace pour faciliter leur compréhension plus tard. Les étudiants sont en situation de surcharge cognitive, ils n'arrivent pas à comprendre la matière et en même temps à prendre des notes de manière complète.

Pour alimenter la discussion, nous nous sommes aidée des réponses des étudiants au questionnaire qu'ils ont complété au terme des cours magistraux, lors de nos recueils de données.

Plusieurs réponses au questionnaire permettent de valider nos hypothèses. En effet, à la question « d'après toi, pour quelles raisons n'as-tu pas pu atteindre tes deux objectifs (noter un maximum d'informations et comprendre) ? », certains invoquent des **difficultés temporelles liées aux stratégies d'enseignement** du professeur.

« Quand le professeur va trop vite. (2×) » ; « Parce que le professeur efface le tableau rapidement sur lequel il écrit énormément, donc mes notes ne sont pas complètes. » ; « Lorsque le professeur dessine des molécules qu'il connaît par cœur au tableau, alors que moi, je ne les connais pas, donc il me faut plus de temps. Alors je n'ai pas le temps de noter les explications orales. » ; « Lorsque le professeur écrit les équations, il 's'emballe' souvent et donne beaucoup d'informations sur les ions spectateurs, la nomenclature, les données chiffrées, et, à ces moments-là, c'est difficile de suivre. » ; « Quand parfois le professeur efface des parties sur le tableau alors qu'une feuille A4 ne peut pas s'effacer ! » ; « Parce que le professeur est allé trop vite. » ; « Parce que je pense que le professeur a changé trop vite de diapositive. » ; « Quand le professeur passe d'un point à un autre sans expliquer la structure. » ; « Parfois, le professeur commence une phrase puis il fait une parenthèse et ensuite ne revient pas sur ce qu'il avait commencé. » ; « Parfois, le professeur parle vite. ».

D'autres étudiants mettent plutôt en lumière la **difficulté du contenu**. Ils évoquent notamment les **schémas, les graphiques et les modèles moléculaires**, des éléments du **symbolisme** et un **tableau comme sources de difficultés** pour la PDN.

« Lors de la réalisation d'un schéma ou un graphique car recopier le schéma et prendre note des explications supplémentaires n'est pas facile ou est impossible. (6×) » ; « Lorsque certaines molécules complexes sont à dessiner, on se focalise là-dessus et on en oublie le discours du professeur. (2×) » ; « Ma prise de notes est basée sur la voix du professeur et puis je vérifie au tableau, mais quand il y a des graphiques et des structures ce n'est pas facile. (2×) » ; « J'ai rencontré des difficultés pour le tableau avec les espèces solubles et insolubles. (4×) » ; « Lorsque le professeur montre des tableaux ou des graphes. » ; « Lorsque le professeur a parlé du butanol. » ; « Quand le professeur utilise des abréviations (Ks, s, Kéq), il faut un peu de temps pour les comprendre. ».

D'autres étudiants justifient plutôt leurs difficultés en mettant en évidence des **caractéristiques ou des stratégies personnelles**.

« À la fin du cours car c'est un moment où on est moins attentif et on fatigue. (5×) » ; « Manque d'attention, de temps à autre. (4×) » ; « Parce que j'ai eu un moment d'inattention. (2x) » ; « Parce que je n'étais pas au top de ma forme. » ; « Après la semaine de congé, je n'étais plus habitué à la cadence à laquelle il faut prendre des notes. » ; « Parce qu'il est difficile de rester concentré pendant une heure de cours. » ; « Il n'y a pas de moment particulier, mais il est difficile de se concentrer à la fois sur les dias et sur ce que le professeur dit. » ; « Parce que j'ai pris trop de temps pour essayer de faire un tableau correct. » ; « Quand je veux recopier des définitions entières. » ; « Pendant que je recopie, le professeur est déjà en train d'expliquer autre chose. ».

L'hypothèse selon laquelle **certains étudiants considèrent que les explications orales constituent des informations facultatives** est également étayée par quelques commentaires.

« Parce que le professeur inscrit (presque) tout au tableau. (11×) » ; « J'étais attentif(ve) (9×) et je notais ce qui me semblait important. » ; « J'ai noté un maximum d'informations.(2×) ».

De plus, à la question portant sur les stratégies de PDN qui sont les leurs, les étudiants répondent :

« Prise de notes du tableau + compléter avec quelques explications orales. (9×) » ; « Prise de notes du tableau + noter quelques phrases importantes (2×) que le professeur répète. (1×) » ; « Recopier le tableau simplement. (2×) » ; « Prise de notes du tableau + compléter avec quelques explications des passages d'un point à un autre. ».

Nous constatons que même les étudiants qui disent combiner, dans leurs notes, le tableau et l'énoncé oral prennent note consciemment de manière sélective (quelques phrases, les phrases répétées...).

Enfin, nous voyons clairement, d'après certaines remarques d'étudiants, que la concurrence entre la compréhension et la PDN est rude. Des notions plus difficiles, des structures moléculaires plus complexes, des liens subtils entre les différentes notions constituent des situations de **surcharge cognitive** potentielles. Les étudiants consacrent alors temps et énergie à comprendre au détriment de la PDN.

« Quand j'essaie de comprendre, alors je perds du temps et je ne suis plus en même temps que le prof alors c'est difficile de rattraper le retard. (3×) » ; « Lorsque les notions sont difficiles et que le professeur lève le tableau trop vite ou efface alors, soit je note, soit j'écoute et j'essaie de comprendre mais les deux sont difficiles simultanément. (3×) » ; « Parfois j'essaie de comprendre et alors je décroche au niveau de la prise de notes » ; « Car j'essayais de comprendre et de noter les informations sur le méthanol alors que le professeur parlait déjà du butanol. ».

En résumé, la sélection drastique des informations notées à partir de l'énoncé oral peut s'expliquer par un faisceau de causes. Certaines peuvent être attribuées aux stratégies d'enseignement et d'autres à celles des étudiants.

9.2 **Ampleur maximale des informations notées à partir d'un canal écrit**

D'après Piolat (2003, p. 1), noter ne peut être assimilé fonctionnellement à la copie de ce qui est entendu ou lu. « *Dans la très grande majorité des cas, noter n'est pas re-copier mais comprendre et rédiger. Il s'agit pour le noteur de stocker des informations seulement*

entendues ou lues en gérant simultanément des processus de compréhension et des processus rédactionnels. » Or, pour les deux cours magistraux que nous avons analysés, la PDN est bien davantage axée sur le « recopiage » que sur le traitement du message avant de le transcrire. Sur la base de cette constatation et d'une hypothèse émise par Faraco *et al.*, (2003) qui avancent que « *plus les noteurs ont des facilités de traitement (compréhension et mise en forme écrite) plus ils peuvent réaliser ce 're-traitement' de l'information pendant la prise de notes.* », on peut probablement déduire que la plupart des étudiants éprouvent des difficultés pour traiter l'information transmise. Ces difficultés sont soit d'ordre linguistique, soit d'ordre cognitif, c'est-à-dire liées à la compréhension de la matière. Il se pourrait également que les deux sources de difficultés coexistent. De plus, vu le contexte particulier de PDN des étudiants (absence de toute autre source de l'information transmise lors du cours magistral), il se pourrait également que les étudiants éprouvent des difficultés d'ordre affectif. En effet, la nécessité de prendre des notes correctes et complètes pourrait stresser certains étudiants. Or, on sait qu'une situation stressante monopolise un espace non négligeable de la mémoire de travail, limité au niveau de l'espace disponible, et affecte dès lors les capacités des étudiants.

Nous suggérons une hypothèse qui pourrait expliquer qu'en cours d'année académique, certains étudiants se sentent, en quelque sorte, dépassés par la matière. En effet, en première année universitaire, de très nombreuses notions vues au cours de chimie générale reposent sur des notions vues plus tôt dans l'année. Autrement dit, le cours se construit à l'image d'une pyramide ou plutôt de nombreuses pyramides basées sur un socle commun et dont certaines parties fusionnent. En cours d'année académique, la compréhension d'un cours magistral exige la connaissance de prérequis vus antérieurement. Or, la mémorisation de la matière au fur et à mesure est une pratique peu étendue à l'université. En conséquence, plus le cours de chimie générale avance, plus les étudiants pourraient éprouver des difficultés de compréhension.

10 Conclusion

Dans cette partie, nous nous sommes attachée à répondre à la question générale du lien entre les caractéristiques du message et les notes des étudiants. Plus particulièrement, nous avons analysé les relations entre le **niveau de l'énoncé oral**, la **nature des canaux** utilisés

pour transmettre l'information, le **nombre de canaux**, le **niveau hiérarchique** du message et le **niveau de savoir de la chimie**, d'une part, et l'ampleur, la fidélité sémantique, la pertinence et le choix du canal, d'autre part.

Deux caractéristiques supplémentaires que nous avons sélectionnées initialement à partir d'études portant sur les cours magistraux n'ont pas pu être traitées par manque d'unités de sens répondant à ces caractéristiques. Il s'agit des reprises et des indices déclencheurs ou inhibiteurs de la PDN.

Toutefois, la rédaction de la méthodologie de traitement de ces deux caractéristiques a été conservée car elle pourrait éventuellement être réutilisée lors d'une future recherche qui leur serait spécifiquement dédiée.

De plus, lors de l'analyse des différentes questions de recherche, il est apparu que le niveau de savoir de la chimie, une caractéristique issue de la rédaction de notre cadre conceptuel spécifiquement chimique n'a pas, contrairement à ce que nous supposions initialement, une influence majeure sur les caractéristiques des notes des étudiants. En revanche, un lien semble exister entre le mode de représentation des différents niveaux de savoir et les caractéristiques des notes des étudiants (*cf.* le résumé ci-dessous).

De cette analyse fouillée sur la confrontation des notes et du message dans le cadre de cours magistraux de chimie générale, en première année universitaire, nous épinglons quelques résultats clés.

L'activité principale au niveau de la PDN de la majorité des étudiants consiste à recopier les supports écrits. Les explications orales sont très peu notées par les étudiants *a fortiori* si elles commentent des schémas, des tableaux, des graphiques, des modèles moléculaires et des notations symboliques.

Les informations notées le sont correctement dans la majorité des cas, autrement dit, très peu d'erreurs de sens sont commises lors de la PDN. Les erreurs proviennent le plus souvent d'une notation de bribes de phrases de l'énoncé oral maladroitement sélectionnées alors que le traitement de l'énoncé oral entraîne moins d'erreurs sémantiques.

Les modèles moléculaires sont souvent recopiés incomplètement. En revanche les autres modes de représentation de la chimie sont notés totalement.

Enfin, les (trop) rares étudiants qui notent parfois d'autres informations que celles provenant des supports écrits semblent très sensibles aux diverses caractéristiques du message et adaptent réellement leur PDN en fonction de celles-ci. D'autres facteurs tels que les prérequis, la forme intellectuelle et la motivation entrent aussi en jeu.

11 Suggestions en termes de comportements pédagogiques

11.1 *Du côté du professeur*

Les résultats présentés dans cette partie sont circonscrits à l'analyse, d'une part, d'extraits de cours magistraux dispensés par deux professeurs différents et, d'autre part, des notes d'échantillons représentatifs d'étudiants ayant assisté à ces cours. Prescrire des comportements pédagogiques dans d'autres contextes (autres professeurs, autres matières, autres disciplines) relèverait d'une généralisation à éviter. Toutefois, sur la base de ces résultats, un certain nombre de comportements pédagogiques peuvent être suggérés. Chaque professeur pourrait alors adopter, adapter ou rejeter ces comportements en fonction du contexte qui lui est propre.

Il semble possible d'agir sur deux tableaux pour optimiser la communication pédagogique au sein de cours magistraux de première *a fortiori* dans les cours scientifiques.

Premièrement, il pourrait jouer sur les caractéristiques de son message pour stimuler la PDN de ses étudiants. Ainsi, quelques actions pourraient être mises en œuvre :

- s'assurer que les informations essentielles sont notées sur un photocopié ;
- ralentir le rythme lors de la représentation des schémas, des graphiques, des tableaux, des notations symboliques et *a fortiori* des modèles moléculaires ;
- interrompre les explications verbales pendant la représentation de ces divers éléments au tableau et fournir les explications orales ultérieurement ou simplement les répéter, si le silence dérange ;

- fournir les schémas, les tableaux, les graphiques avant le cours magistral, sauf évidemment si les réaliser sous les yeux des étudiants et en même temps qu'eux constitue un apprentissage intéressant ;
- veiller à positionner des informations essentielles à un niveau hiérarchique élevé ;
- utiliser des déclencheurs explicites de la PDN, notamment expliquer ses exigences en utilisant les termes « question d'examen » ;
- plus largement, susciter la motivation liée à l'apprentissage en explicitant les liens entre la matière enseignée et les professions associées.

Deuxièmement, le professeur pourrait expliciter aux étudiants ses propres règles de fonctionnement. Cette démarche implique qu'il y ait réfléchi auparavant, par exemple, en répondant aux questions suivantes :

- quel est le statut de la parole du professeur par rapport au(x) supports écrit(s) ?
- quel est le statut des messages transmis lors des cours magistraux par rapport aux textes écrits (polycopiés, livre de référence) ?
- comment les étudiants doivent-ils gérer les textes écrits lors des cours magistraux du point de vue de la PDN ?
- comment les étudiants doivent-ils gérer les supports écrits lors des cours magistraux du point de vue de la PDN ?

D'ailleurs, dans le cadre d'une recherche sur les caractéristiques des savoirs enseignés dans les universités et les Hautes Écoles, Rey *et al.* (2004, p. 29) se sont interrogés sur « *les statuts respectifs de l'écrit montré (écriture au tableau et rétroprojection) et de la parole professorale* ». Nous pensons que la question est particulièrement pertinente et que la réponse est loin d'être évidente, surtout pour des étudiants de première année universitaire. En effet, les savoirs enseignés à l'université sont réellement spécifiques et le contexte des cours magistraux est fondamentalement différent de celui des cours du secondaire. En conséquence, alors que la majorité des professeurs pensent qu'à l'université des précisions d'ordre méthodologique ne doivent pas être expliquées aux étudiants sous prétexte de l'âge de ces derniers, nous pensons, au contraire, que le professeur pourrait expliciter clairement ses règles de fonctionnement à propos de ses cours magistraux. Cela constituerait une pierre supplémentaire à l'édification de l'affiliation des étudiants à l'université, qui constitue un facteur de réussite essentiel (Romainville, 2001).

Les explicitations du contrat didactique pourraient évidemment être délivrées aux étudiants dès les premiers cours magistraux, mais nous pensons qu'idéalement, il faudrait attendre, le temps que les étudiants se familiarisent avec leur nouveau contexte. En effet, dans le cadre d'une recherche précédente, une trentaine de professeurs interviewés nous ont expliqué que les indications d'ordre méthodologique (quand ils en donnaient) étaient fournies aux étudiants lors des premiers cours magistraux. Or, lorsque nous recevons les étudiants, en entretien individuel, nous constatons très souvent qu'ils les ignorent. Nous faisons l'hypothèse qu'en début d'année académique, trop d'informations sont délivrées dans un court laps de temps et dans un environnement totalement nouveau. Ces éléments ajoutés à l'excitation et éventuellement à l'anxiété d'une rentrée académique ne sont guère propices à la rétention mnésique des informations pourtant capitales délivrées dans les premiers jours.

11.2 Du côté de l'accompagnateur méthodologique

Une difficulté pour l'accompagnateur⁵¹ méthodologique réside dans la double contrainte qui lui est imposée. La contextualisation des activités constitue une étape incontournable de l'accompagnement méthodologique (Cobut *et al.*, 2006) et les contextes rencontrés par les étudiants de première année sont véritablement multiples. Tout le défi consiste donc à faire vivre aux étudiants des situations dans un contexte particulier, à exploiter l'expérience vécue pour développer des compétences méthodologiques contextualisées et ensuite à favoriser leur transfert à d'autres contextes.

En conséquence, et au vu des résultats de la première partie de notre thèse, plusieurs activités peuvent être mises en œuvre pour améliorer la PDN des étudiants lors d'un cours magistral⁵².

Afin de contextualiser la PDN, les étudiants sont invités à suivre un cours magistral réel et à y prendre des notes. Une autre possibilité consiste à montrer de courts extraits de cours magistraux soigneusement sélectionnés en fonction de leurs caractéristiques et à demander aux étudiants d'en prendre note. Ces extraits filmés de cours magistraux peuvent être exploités grâce aux divers recueils de données de notre thèse.

⁵¹ Pour qu'il soit plus général, le masculin a été choisi pour rédiger le point 11.2, même si nous parlons évidemment de notre propre expérience d'accompagnatrice méthodologique.

⁵² Aux Facultés universitaires de Namur, ces activités ont d'ailleurs pu être proposées une première fois, en septembre 2008, aux étudiants de la section biologie, dans le cadre d'un séminaire de méthodologie du travail universitaire.

Dans un premier temps, nous misons sur un facteur de motivation en tentant de faire percevoir aux étudiants la valeur⁵³ au sens défini par Tardif (1992) et Viau (1994) de noter des informations transmises oralement mais absentes des supports écrits. Ainsi, nous leur soumettons des questions réelles d'examen et nous leur demandons d'y répondre à l'aide de leurs notes. Lors de la correction collective, nous tentons de mettre en évidence les éléments clés expliqués oralement, qu'il était utile de noter pour répondre correctement aux questions. Nous espérons de cette manière déclencher une prise de conscience de l'intérêt de noter ces explications orales.

Une autre activité vise l'autoévaluation du caractère complet des notes. À cet égard, un document réalisé par l'accompagnateur méthodologique rend compte d'une vingtaine d'explications transmises par l'enseignant oralement dans le cadre du cours magistral suivi. Il est demandé aux étudiants de comparer leurs notes avec le document et d'en déduire s'ils notent suffisamment d'informations.

Sensibiliser les étudiants à l'importance de noter les explications orales est une première étape. Elle doit être combinée à une activité visant à les outiller afin qu'ils se sentent capables de prendre des notes relativement complètes lors des cours magistraux. En effet, la perception de sa compétence est un second facteur de motivation dont nous devons tenir compte. Afin d'outiller les étudiants, plusieurs démarches sont entreprises. Les stratégies déployées par chaque étudiant lors de l'exercice de PDN sont discutées et notées au tableau. De cette manière, chacun peut s'enrichir des stratégies des uns et des autres et y porter un regard critique. Les étudiants sont invités à les noter dans leur carnet de bord. Ensuite, il leur est demandé de sélectionner parmi la panoplie de stratégies présentées celles qu'ils comptent mettre en œuvre.

Une autre manière de développer la compétence de PDN consiste à entraîner les étudiants à retraiter l'information orale avant de la noter. À cette fin, différents extraits de leçons sont à nouveau projetés. Mais les extraits sont découpés en très courtes unités. Pour chaque unité, les étudiants notent l'information orale. L'accompagnateur demande aux étudiants comment ils ont noté l'information. Les différentes manières adoptées sont inscrites au tableau et en parallèle, les stratégies de retraitement de l'information sont également

⁵³ La perception de la valeur d'une tâche constitue un facteur de motivation sur lequel l'enseignant peut, en partie, agir. Ce facteur correspond essentiellement à un jugement porté sur l'utilité de la tâche, son intérêt et ses retombées tant personnelles que sociales et professionnelles. Deux autres facteurs influencent également la motivation des étudiants à accomplir une tâche telle que prendre des notes complètes lors de cours magistraux. Il s'agit de la perception des étudiants de leur propre compétence à accomplir la tâche et de leur perception du degré de contrôle qu'ils possèdent sur le déroulement de la tâche.

répertoriées (utilisation d'abréviations, sélection de mots clés, établissement de liens, transformation d'un sujet et d'un verbe en un substantif...).

À l'occasion de l'activité dont il vient d'être question, la structure et les caractéristiques d'un cours magistral mises en évidence dans le chapitre 6 sont décrites. En effet, à l'instar de Pollet (2001) qui prône une didactique des discours universitaires, nous pensons que pour outiller les étudiants à la PDN de l'énoncé oral du professeur, un apprentissage de la trame d'un cours magistral constituerait une piste à explorer. Ainsi, il serait profitable d'apprendre aux étudiants *primo* inscrits à différencier les unités notionnelles des commentaires phatiques et métalinguistiques, à comprendre la logique de l'articulation entre l'oral et l'écrit, à mettre à profit les commentaires phatiques et métalinguistiques et les répétitions pour « rattraper l'oral », à repérer les indices déclencheurs et inhibiteurs de la PDN... Cette démarche permettrait probablement d'armer les étudiants face à cette compétence reconnue comme complexe et mal maîtrisée à l'entrée à l'université (Romainville et Noël, 1998).

Au sujet des commentaires phatiques et métalinguistiques, Rey *et al.* (2004) précisent d'ailleurs que tous les étudiants ne disposent probablement pas des compétences qui permettent de saisir les signes rhétoriques par lesquels l'enseignant annonce les passages des commentaires soit phatiques, soit métalinguistiques aux énoncés notionnels alors qu'être attentif à ces changements de registre constitue une des conditions d'une PDN adéquate.

D'autres activités permettant de développer la PDN et intégrant de nouveaux résultats de notre thèse seront décrites dans le chapitre 23.

PARTIE II : ACTIONS PÉDAGOGIQUES ET ACQUIS DES ÉTUDIANTS

12	Introduction et rappel des questions.....	173
13	Méthodologie	174
14	Résultats	181
15	En résumé.....	187
16	Enjeux pour la didactique de la chimie	187
17	Interventions pédagogiques pour améliorer la communication ...	189

12 Introduction et rappel des questions

Dans la première partie de ce travail, les PDN des étudiants ont été utilisées comme témoin de la communication pédagogique lors d'un cours magistral. La comparaison de ces PDN avec le message de l'enseignant a montré qu'elles correspondent assez fidèlement aux messages transmis par les canaux écrits, qui sont en grande partie recopiés tels quels par les étudiants. Ces PDN ne reflètent donc pas forcément une compréhension en profondeur du message et ne mettent pas nécessairement en lumière les difficultés d'apprentissage de la chimie.

Dans la deuxième partie de ce travail, nous analyserons les actions pédagogiques du point de vue de la difficulté majeure et transversale de l'apprentissage de la chimie liée aux niveaux de savoir. Nous mettrons également en évidence, en tant que seconde image de la communication pédagogique, les acquis des étudiants à court terme, donc à la fin du cours magistral.

Ces deux axes correspondent à trois questions essentielles par rapport à la démarche développée dans le chapitre 4 sur le modèle des trois niveaux de savoir.

- Question 6 : Lors d'un cours magistral de première année universitaire, quelles actions pédagogiques se rapportent aux trois niveaux de savoir de la chimie (phénoménologique, moléculaire et symbolique) ?
- Question 7 : Au terme d'un cours magistral et à l'aide de leurs notes, quelle proportion d'étudiants de première année à l'université est capable de différencier les trois niveaux de savoir de la chimie (phénoménologique, moléculaire et symbolique) ?
- Question 8 : Au terme d'un cours magistral et à l'aide de leurs notes, quelle proportion d'étudiants de première année à l'université est capable d'établir des liens entre les différents niveaux de savoir à propos des concepts traités pendant la leçon ?

13 Méthodologie

Pour cette deuxième partie, une méthodologie propre a été utilisée⁵⁴. Concrètement, nous avons analysé six cours magistraux portant sur des matières différentes, mais représentatives d'un cours de chimie générale. Ces leçons, dispensées par deux professeurs de première année universitaire dans deux universités différentes, ont été filmées. Cette première étape visait à repérer, dans le message, les différents passages entre les niveaux de savoir dans les six cours magistraux et les liens éventuels entre les niveaux mis en évidence par les enseignants.

Nous avons également proposé aux étudiants, à la fin de chaque cours magistral, une série de questions portant sur la leçon. Les étudiants y ont répondu à l'aide de leurs notes. Cette démarche visait à mesurer les performances d'un large échantillon d'étudiants de première année universitaire face à des items de chimie couvrant des sujets clés, dans les trois niveaux de savoir : phénoménologique, moléculaire et symbolique. Ces performances constituent un indicateur de la compréhension profonde des étudiants d'un ensemble de phénomènes chimiques. Cet exercice a été réalisé avec tous les étudiants de 10 sections : 8 à l'ULB et 2 aux FUNDP.

Nous décrirons dans les paragraphes qui suivent la manière dont le recueil des données a été réalisé, ensuite comment les messages transmis par les professeurs ont été analysés et enfin comment les acquis des étudiants ont été identifiés.

13.1 *Recueil des données sur les cours magistraux*

13.1.1 **Sélection des cours magistraux**

Dans chacune des deux universités, trois leçons⁵⁵ différentes de chimie générale ont été sélectionnées en accord avec les professeurs. Chacune d'elles porte sur des chapitres communs, jugés par les professeurs comme importants dans la formation des étudiants. Un premier chapitre concerne les solutions aqueuses, un deuxième traite la thermodynamique et

⁵⁴ Rappelons que cette deuxième partie repose en majorité sur une recherche de deux ans financée par le Fonds National de la Recherche Scientifique (FNRS) et menée en collaboration avec l'Université Libre de Bruxelles.

⁵⁵ Selon les sujets traités et les universités, la durée de ces leçons varie de 1 à 2 heures 30 de manière à former un tout conceptuel.

un dernier correspond à la cinétique chimique. Les thèmes abordés couvrent un large panel de notions : la solubilité, les propriétés colligatives, l'enthalpie libre et la notion de spontanéité d'une réaction.

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 donc différente par les deux professeurs. En conséquence, les parties du cours 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 aux objectifs poursuivis.

13.1.2 Observation des cours magistraux

À l'instar de ce que nous avons réalisé dans la première partie de ce travail, chacun des cours magistraux ainsi sélectionnés a été suivi et filmé 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.

Ensuite, le message oral du professeur a été intégralement transcrit. Les informations qu'il a notées au tableau (aux FUNDP) ou sur un transparent (à l'ULB) ont été intégralement transcrites également.

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

13.2 Analyse du message

Afin d'analyser le message du point de vue des trois niveaux de savoir et donc de la difficulté transversale de la chimie largement décrite dans le chapitre 4, nous avons subdivisé l'énoncé oral du professeur en unités (dont la taille varie de quelques mots à un paragraphe) en fonction du niveau de savoir. Autrement dit, à chaque changement de niveau, une nouvelle unité a été créée. Ensuite, chaque unité a été analysée en fonction des catégories suivantes :

- le changement de niveau ;
- l'identification du niveau du message : phénoménologique, moléculaire, symbolique ;
- l'explicitation du niveau du message ;
- l'établissement de liens entre les niveaux ;
- l'explicitation des relations entre les niveaux ;
- l'explicitation du symbolisme.

De cette manière, il a été possible de repérer et de comptabiliser les interventions pédagogiques liées à l'identification des niveaux de savoir, à l'établissement et l'explicitation des liens entre les niveaux de savoir. En effet, ces éléments correspondent au cœur des questions de recherche de cette deuxième partie.

De plus, comme dans la première partie de ce travail, nous avons caractérisé le message oral en fonction du niveau de l'énoncé oral (les données notionnelles et les commentaires phatiques et métalinguistiques) d'une part, et du débit (exprimé en nombres de mots par seconde) d'autre part.

Toutes ces opérations se concrétisent dans le tableau 13.1 qui ressemble au tableau d'analyse par unités de sens décrits dans la première partie de la thèse.

		Message : thermodynamique FUNDP		
		Éléments du message verbal	Éléments du message écrit (diapositives)	Éléments du message écrit (tableau)
Caractéristique du message verbal	Explicitat symbolisme	Vous prenez note de façon tout à fait normale qui va se dérouler ici et qui va continuer notre fameux chapitre 5 de thermochimie ou on était en fait arrivé au premier principe.	<p>CHAPITRE 5</p> <p>THERMOCHEMIE</p> <p>I. Formes d'énergie</p> <p>II. Premier principe</p> <p>III. Second principe</p> <p>III. 1. Critères de réaction</p> <p>III. 1. a. Critère énergétique</p>	<p>Chap 5 : Thermochimie</p> <p>III. Second Principe</p> <p>III. 1. Critères de réaction</p> <p>o 1.1. Principe</p> <p>o 1.2. Principe</p> <p>o 1.3. Principe</p> <p>o 1.4. Principe</p> <p>o 1.5. Principe</p> <p>o 1.6. Principe</p> <p>o 1.7. Principe</p> <p>o 1.8. Principe</p> <p>o 1.9. Principe</p> <p>o 1.10. Principe</p> <p>o 1.11. Principe</p> <p>o 1.12. Principe</p> <p>o 1.13. Principe</p> <p>o 1.14. Principe</p> <p>o 1.15. Principe</p> <p>o 1.16. Principe</p> <p>o 1.17. Principe</p> <p>o 1.18. Principe</p> <p>o 1.19. Principe</p> <p>o 1.20. Principe</p> <p>o 1.21. Principe</p> <p>o 1.22. Principe</p> <p>o 1.23. Principe</p> <p>o 1.24. Principe</p> <p>o 1.25. Principe</p> <p>o 1.26. Principe</p> <p>o 1.27. Principe</p> <p>o 1.28. Principe</p> <p>o 1.29. Principe</p> <p>o 1.30. Principe</p> <p>o 1.31. Principe</p> <p>o 1.32. Principe</p> <p>o 1.33. Principe</p> <p>o 1.34. Principe</p> <p>o 1.35. Principe</p> <p>o 1.36. Principe</p> <p>o 1.37. Principe</p> <p>o 1.38. Principe</p> <p>o 1.39. Principe</p> <p>o 1.40. Principe</p> <p>o 1.41. Principe</p> <p>o 1.42. Principe</p> <p>o 1.43. Principe</p> <p>o 1.44. Principe</p> <p>o 1.45. Principe</p> <p>o 1.46. Principe</p> <p>o 1.47. Principe</p> <p>o 1.48. Principe</p> <p>o 1.49. Principe</p> <p>o 1.50. Principe</p> <p>o 1.51. Principe</p> <p>o 1.52. Principe</p> <p>o 1.53. Principe</p> <p>o 1.54. Principe</p> <p>o 1.55. Principe</p> <p>o 1.56. Principe</p> <p>o 1.57. Principe</p> <p>o 1.58. Principe</p> <p>o 1.59. Principe</p> <p>o 1.60. Principe</p> <p>o 1.61. Principe</p> <p>o 1.62. Principe</p> <p>o 1.63. Principe</p> <p>o 1.64. Principe</p> <p>o 1.65. Principe</p> <p>o 1.66. Principe</p> <p>o 1.67. Principe</p> <p>o 1.68. Principe</p> <p>o 1.69. Principe</p> <p>o 1.70. Principe</p> <p>o 1.71. Principe</p> <p>o 1.72. Principe</p> <p>o 1.73. Principe</p> <p>o 1.74. Principe</p> <p>o 1.75. Principe</p> <p>o 1.76. Principe</p> <p>o 1.77. Principe</p> <p>o 1.78. Principe</p> <p>o 1.79. Principe</p> <p>o 1.80. Principe</p> <p>o 1.81. Principe</p> <p>o 1.82. Principe</p> <p>o 1.83. Principe</p> <p>o 1.84. Principe</p> <p>o 1.85. Principe</p> <p>o 1.86. Principe</p> <p>o 1.87. Principe</p> <p>o 1.88. Principe</p> <p>o 1.89. Principe</p> <p>o 1.90. Principe</p> <p>o 1.91. Principe</p> <p>o 1.92. Principe</p> <p>o 1.93. Principe</p> <p>o 1.94. Principe</p> <p>o 1.95. Principe</p> <p>o 1.96. Principe</p> <p>o 1.97. Principe</p> <p>o 1.98. Principe</p> <p>o 1.99. Principe</p> <p>o 2.00. Principe</p>
	Explicitat° Niveau 2 niveaux	0		
	Etabliant lien e 2 niveaux	0		
	Explicitat° niveau de savoir	0		
	Métabliant° niveau de sav	0		
	Change niveau	0		
	Symbolé pr l'énoncé	0		
	Micro pr l'énoncé	0		
	Macro pr l'énoncé	0		
N° de l'unité de cours	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
	8			
	9			

Tableau 13.1 : Extrait d'un tableau d'analyse du message de l'enseignant du point de vue des trois niveaux de savoir

13.3 Mesure des acquis des étudiants

13.3.1 Conception des questionnaires

Des questionnaires visant à mesurer les acquis des étudiants au terme d'un cours magistral ont été élaborés. Ces acquis à court terme seront considérés comme une image de la manière dont la communication pédagogique est passée entre le professeur et les étudiants. Les questionnaires sont notamment orientés vers nos questions de recherche, c'est-à-dire la capacité des étudiants à identifier un niveau de représentation de la chimie ou encore à établir des liens entre les niveaux de savoir de la chimie.

Un questionnaire par chapitre a été rédigé en collaboration avec les enseignants. Ces questionnaires contiennent une série d'items communs correspondant à ce que les professeurs pensaient que les étudiants devraient savoir et savoir faire à l'issue du cours magistral, à l'aide de leurs notes de cours.

Enfin, un nombre raisonnable d'items a été conservé afin que le questionnaire soit compatible avec le temps de réponse accordé aux étudiants (± 20 minutes).

Le questionnaire comprend deux parties. Une première s'intéresse aux données personnelles des étudiants et une seconde correspond aux questions sur la matière.

13.3.1.1 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 taux de compréhension de la matière liée à la leçon ont été demandés dans la première partie du questionnaire.

13.3.1.2 Questions sur la matière

Les questions sur la matière sont de trois types :

- des connaissances factuelles et précises ;
- des connaissances imposant une compréhension et une élaboration d'informations, notamment des questions qui obligent à distinguer les trois niveaux de savoir ;
- des applications, certaines impliquant l'utilisation du symbolisme et la mise en relation entre différents niveaux de savoir.

Évidemment les questions diffèrent par plusieurs aspects de celles posées lors d'une évaluation classique (examen de janvier ou de juin) :

- peu d'exercices qui nécessitent plusieurs étapes de résolution ;
- une question par concept ou par notion ;
- simplicité de certaines questions (traduction du symbolisme, formulation et explication d'une loi, d'un terme) ;
- questions qui impliquent de distinguer les niveaux de savoir et d'établir les liens entre eux.

Dans un but formatif, un document a été distribué, en fin de séance, aux étudiants présents lors de la seconde année de la recherche. Il reprend les réponses aux questions concernant la matière. Pour éviter que ce document influence les résultats des étudiants de la seconde année de recherche⁵⁶, il n'a pas été distribué aux étudiants lors de la première année. Ce document réalisé par les chercheurs a été validé par le professeur concerné.

Les questionnaires corrigés ainsi que la synthèse des réponses fournies par les étudiants sont proposés en annexe, pour les six cours magistraux.

13.3.2 Passation des questionnaires

Les questionnaires ont été distribués à l'ensemble des étudiants présents (en moyenne 375 étudiants par cours), à la fin de chacune des six séances de cours de chimie générale.

Les étudiants ont été informés oralement et par écrit, dans l'en-tête du questionnaire, de l'objectif poursuivi, 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 13.2 résume le nombre d'étudiants, par questionnaire complété.

⁵⁶ Les résultats de la seconde année de recherche du projet FNRS ne sont pas intégrés dans notre thèse.

N° questionnaire	Caractéristiques	Nombre d'étudiants
	Nombre d'étudiants inscrits au cours de chimie générale	641
1. Solutions et propriétés colligatives	Nombre de questionnaires complétés Nombre de questionnaires sans données personnelles ou avec des données incomplètes ou erronées Nombre de questionnaires très laconiques, repérés comme peu fiables Nombres de questionnaires valides	402 (63%) 17 (3%) 13 (2%) 372 (58%) dont : 291 <i>primo</i> inscrits (45%), 81 bisseurs
2. Thermodynamique	Nombre de questionnaires complétés Nombre de questionnaires sans données personnelles ou avec des données incomplètes ou erronées Nombre de questionnaires très laconiques, repérés comme peu fiables Nombres de questionnaires valides	388 (60%) 9 (1%) 11 (2%) 368 (57%) dont : 286 <i>primo</i> inscrits (45%), 82 bisseurs
3. Cinétique	Nombre de questionnaires complétés Nombre de questionnaires sans données personnelles ou avec des données incomplètes ou erronées Nombre de questionnaires très laconiques, repérés comme peu fiables Nombres de questionnaires valides	336 (52%) 14 (2%) 24 (4%) 298 (46%) dont : 228 <i>primo</i> inscrits (36%), 70 bisseurs

Tableau 13.2 : Répartition des étudiants dans les différentes catégories pour les trois questionnaires et pour les deux universités

13.3.3 Correction des questionnaires

La correction de chacun des questionnaires a été réalisée dans la perspective de répondre aux questions de recherche et non dans celle d'une évaluation certificative classique.

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

13.3.4 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 ;
- les notes attribuées aux réponses aux questions portant sur la matière enseignée.

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

Pour l'analyse, seuls les questionnaires des étudiants *primo* inscrits ont été retenus en se basant sur l'hypothèse que la communication pédagogique est probablement favorisée entre le professeur et les étudiants qui ont déjà suivi un cours de chimie générale à l'université ou pour lesquels le stade d'adaptation aux cours universitaires est dépassé.

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 a été le suivant : les étudiants qui n'ont rien répondu à la moitié ou à plus de la moitié des questions, mais il concerne moins de 2 à 4% des étudiants selon les cours magistraux (*cf.* tableau 13.2).

Pour les questions portant sur la matière enseignée, 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 questions de recherche. 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. Un « 0 » noté en rouge est inscrit pour une réponse manquante parce qu'il nous a semblé important, pour analyser la communication pédagogique, de différencier une réponse erronée d'une réponse manquante. Une somme des notes attribuées aux éléments de réponse est calculée par question ; en final, nous avons le total des notes pour l'ensemble du questionnaire. Cette note est considérée, au moins temporairement, c'est-à-dire juste après le cours magistral, comme le reflet des acquis à court terme et du taux de compréhension réel de l'étudiant vis-à-vis de la matière, donc en quelque sorte comme le reflet de la communication pédagogique.

14 Résultats

Tant les messages échangés lors des six cours magistraux que les réponses des étudiants *primo* inscrits aux questionnaires ont fait l'objet d'une l'analyse quantitative. De plus, une analyse qualitative des erreurs récurrentes commises par les étudiants dans les deux

universités a été effectuée. Notre objectif, à visée formative, pour cette analyse qualitative était principalement de repérer les difficultés des étudiants face à la matière et d'en informer les enseignants.

14.1 *Caractéristiques du message des enseignants*

Les caractéristiques des messages des enseignants, transmis lors de six cours magistraux, ont été analysées du point de vue du modèle des niveaux de savoir et de la difficulté transversale associée. Ces résultats sont présentés dans le tableau 14.1.

Caractéristiques du message	Solutions		Thermodynamique		Cinétique	
	ULB	FUNDP	ULB	FUNDP	ULB	FUNDP
Durée d'enregistrement (minutes)	66	57	50	76	90	45
Changement de niveaux (nombre de changements/minute)	132 ± 2,0	76 ± 1,3	130 ± 2,6	111 ± 1,1	133 ± 1,5	48 ± 1,0
Identification du niveau de savoir	1	9	2	5	0	1
Explicitation du niveau de savoir	0	1	0	0	0	0
Établissement des liens entre les niveaux	0	1	1	25	0	0
Explicitation des liens entre les niveaux	0	0	0	0	0	0
Explicitation du symbolisme	36	13	7	19	7	16

Tableau 14.1 : Caractéristiques du message pour les six cours magistraux analysés

Il ressort de ce tableau que le nombre de changements de niveau de savoir par cours magistral est élevé. Il oscille selon les cours magistraux entre 1 à 2,6 changements par minute.

En revanche, toutes les autres caractéristiques observées sont peu fréquentes, voire inexistantes. Ainsi, le niveau de savoir correspondant au message oral du professeur est rarement mentionné, des explications à propos de chacun des niveaux de savoir sont quasi inexistantes, l'établissement de liens entre les divers niveaux de savoir est rare en dehors du cours magistral de thermodynamique délivré dans une des deux universités. Des explications à propos des liens et des rapports dialectiques qui peuvent exister entre les différents niveaux de savoir sont absents des messages transmis. Par contre, le symbolisme est fréquemment explicité. Une analyse des unités relatives à ces explicitations montre que le professeur traduit souvent oralement le symbolisme qu'il inscrit au tableau ou qui est noté sur les diapositives.

Dans l'énoncé oral du professeur, nous avons déterminé la proportion (en nombre de mots prononcés) attribuée à chacun des niveaux de savoir (tableau 14.2). Le niveau moléculaire est très peu mis en évidence (de 4 à 25%) dans les six cours magistraux, ce qui avait déjà été pointé par Gabel (1993). En revanche, le niveau symbolique est loin d'être prédominant comme l'avaient suggéré Johnstone (1991) et Gabel (1993).

Caractéristiques du message	Solutions		Thermodynamique		Cinétique	
Proportion du niveau phénoménologique (nombre de mots)	62% (3692)	52% (2305)	58% (2545)	60% (3494)	67% (3453)	53% (2071)
Proportion du niveau moléculaire (nombre de mots)	6% (360)	25% (1099)	11% (493)	4% (253)	15% (742)	17% (675)
Proportion du niveau symbolique (nombre de mots)	32% (1947)	23% (1002)	31% (1383)	36% (2121)	18% (893)	30% (1144)

Tableau 14.2 : Proportion de chacun des trois niveaux de savoir dans l'énoncé oral du professeur pour les six cours magistraux analysés

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

Cette analyse montre à quel point les changements de niveaux sont fréquents, sans être explicités par les professeurs. Les enseignants agissent comme si les étudiants maîtrisaient parfaitement la distinction entre les différents niveaux de savoir et parvenaient 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 favorisent 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 de première année universitaire ? Cette question est l'objet du point suivant.

14.2 Acquis des étudiants

Les acquis des étudiants en lien avec les trois niveaux de savoir sont présentés de manière transversale pour tous les questionnaires analysés. Les réponses des étudiants *primo* inscrits ont fait l'objet d'une analyse quantitative de leur capacité à identifier le niveau de savoir et à établir des liens entre deux niveaux. Le tableau 14.3 présente la proportion d'étudiants ayant respecté le niveau de savoir exigé dans les différentes questions. 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 et enfin d'inscrire symboliquement les équations de mise en solution.

Respect du niveau	Questionnaire (Question considérée)	Nombre de questionnaires	(Moyenne ± écart-type)/20
Phénoménologique	Cinétique (Q4)	212	(52 ± 12)%
	Thermodynamique (Q2)	286	
	Solutions (FUNDP – Q1a-1)	83	
	Solutions (FUNDP – Q1a-2)	83	
Moléculaire	Cinétique (Q4)	212	(21 ± 6)%
	Solutions (FUNDP – Q1b)	88	
Symbolique	Thermodynamique (Q2)	286	29% (ne porte que sur une question)

Tableau 14.3 : Proportion des étudiants ayant respecté le niveau de savoir demandé dans leurs réponses aux questionnaires

Un peu plus de la moitié des étudiants respecte le niveau phénoménologique dans leurs réponses tandis que le niveau moléculaire est respecté par moins d'un quart des étudiants et que le niveau symbolique l'est par moins d'un tiers. Il semble donc qu'en première année universitaire, l'identification des niveaux de savoir en chimie n'est pas véritablement maîtrisée par les étudiants, alors qu'elle constituerait une condition de la compréhension en profondeur des concepts chimiques.

Le tableau 14.4 résume la proportion d'étudiants ayant établi les liens entre deux niveaux de savoir dans leurs réponses aux questionnaires.

Liens entre les niveaux	Questionnaire (Question considérée)	Nombre de questionnaires	(Moyenne ± écart-type)/20
Phénoménologique et symbolique	Solutions (ULB – Q3)	208	(24 ± 2)%
	Solutions (ULB – Q4)	208	
	Thermodynamique (Q4)	286	
	Thermodynamique (Q5)	286	
Phénoménologique et moléculaire	Solutions (FUNDP – Q1b)	83	2 % (ne porte que sur une question)
Moléculaire et symbolique	Cinétique (Q6a)	228	(38 ± 15)%
	Cinétique (Q6b)	228	
	Cinétique (Q6c)	228	

Tableau 14.4 : Proportion des étudiants ayant établi des liens entre deux niveaux de savoir au sein de leurs réponses aux questionnaires

Nous constatons qu'au maximum un tiers des étudiants établit correctement les liens entre deux niveaux de savoir pour expliquer une notion ou un concept en chimie (solvation, pression osmotique, température d'ébullition et de congélation d'une solution, spontanéité d'un processus, facteurs qui influencent la vitesse d'une réaction, molécularité d'une étape de réaction...). Pourtant, la mise en relation de ces niveaux de savoir favoriserait la compréhension en profondeur des concepts chimiques.

Pour le questionnaire « thermodynamique » plus particulièrement, seuls 7% des étudiants expliquent le concept de spontanéité à partir de deux niveaux de savoir : les niveaux

phénoménologique et symbolique, alors que 75% des étudiants l'expliquent en exploitant un seul niveau.

Enfin, à partir de plusieurs questions portant sur la traduction du symbolisme, réparties dans les trois questionnaires, il s'avère que $(52 \pm 10)\%$ des étudiants sont capables de traduire le symbolisme nouveau et spécifique du cours magistral (variation d'enthalpie, d'entropie et d'enthalpie libre [N = 286], constante cinétique, énergie d'activation, facteur d'Arrhenius [N=228]). Mais de nombreuses erreurs liées à des confusions entre des éléments du symbolisme chimique ont été repérées. Ainsi, le symbole « A » (facteur d'Arrhenius) de l'équation d'Arrhenius est traduit par le « réactif de l'équation » ou « la concentration en A » ; « k » est appelé constante d'équilibre alors qu'il s'agit de la constante de vitesse (confusion avec « K »).

Il est surprenant que pour des questions de pure restitution telle que la traduction d'un élément du symbolisme chimique, un peu plus de la moitié des étudiants seulement sont capables de répondre correctement alors qu'ils disposent de leurs notes de cours.

Cette analyse quantitative des questionnaires fait apparaître clairement des lacunes en termes d'identification de niveaux de savoir, d'établissement de liens entre ces niveaux pour une majorité d'étudiants. Les résultats obtenus pour la traduction du symbolisme spécifiquement chimique peuvent s'expliquer en partie par ceux obtenus dans la première partie de ce travail. En effet, nous avons montré que les étudiants recopient surtout les supports écrits et notent peu ou pas les explications orales fournies par les enseignants, notamment celles à propos de la traduction du symbolisme utilisé sur les supports écrits.

Les deux hypothèses⁵⁷ qui ont été testées au cours de la seconde année (2008) dans premier projet FNRS étaient donc en parfaite cohérence avec les difficultés des étudiants face à l'apprentissage de la chimie.

De plus, les moyennes obtenues aux questionnaires au terme des trois cours magistraux ont été calculées. Elles sont similaires :

- questionnaire « solutions » (N = 291) : $(11,1 \pm 1,5)/20$;
- questionnaire « thermodynamique » (N = 286) : $(11,9 \pm 1,8)/20$;

⁵⁷ Nous rappelons ici nos deux hypothèses. **1. Mettre l'accent sur le niveau microscopique** lors de l'enseignement de la chimie devrait accroître les performances des étudiants non seulement à ce niveau mais également aux niveaux macroscopique et symbolique et donc globalement augmenter leur maîtrise de cette discipline. **2. Expliciter clairement et fréquemment le niveau du discours (macroscopique, microscopique et symbolique), les passages et les rapports dialectiques que ces niveaux entretiennent entre eux** devrait également augmenter la compréhension profonde des étudiants des concepts chimiques et dès lors augmenter sensiblement leurs performances.

- questionnaire « cinétique » (N = 228) : $(11,1 \pm 1,7)/20$.

À nouveau, il est étonnant de constater que la moyenne est à peine satisfaisante pour chacun des questionnaires, alors que les étudiants y ont répondu en utilisant leurs notes de cours et que les questions sont basées sur des connaissances jugées essentielles et basiques pour les matières considérées par les enseignants.

Outre la qualité de la communication pédagogique, ces résultats pourraient s'expliquer par le temps nécessaire pour que les étudiants maîtrisent les concepts en chimie, y compris les connaissances de base. L'articulation entre les exercices réalisés lors des séances de travaux dirigés, les séances de laboratoires et les cours magistraux visent en particulier l'appropriation et l'assimilation de la matière. Elle permet de manipuler les différents concepts dans les trois niveaux de savoir et dans une diversité de modes de représentation et donc de s'approprier les notions. Nous insistons ici sur le fait que la connaissance des différents niveaux de savoir et la prise de conscience de la diversité de leurs modes de représentation ainsi que des liens qui les associent constituent des facteurs favorables à l'appropriation des concepts.

Nous avons également constaté lors de la correction des questionnaires que les étudiants éprouvaient d'énormes difficultés à manipuler correctement les mots spécifiques et les divers éléments du code spécifiquement chimique. Ces considérations devraient être traitées ultérieurement dans de nouvelles recherches en didactique de la chimie.

15 En résumé

Dans le contexte de cours magistraux analysés, les enseignants passent très fréquemment et le plus souvent de manière implicite d'un niveau de savoir de la chimie à un autre. Ces niveaux de savoir ne sont pas définis pendant les cours magistraux. Par ailleurs, les professeurs n'établissent pas explicitement les liens entre ces niveaux et ils ne mettent pas les rapports dialectiques entre ces niveaux en évidence de manière explicite.

Pourtant, au terme d'un cours magistral et à l'aide de leurs notes de cours, la majorité des étudiants *primo* inscrits éprouve de réelles difficultés à répondre précisément à des questions en respectant le niveau de savoir demandé. Le niveau phénoménologique semble toutefois mieux maîtrisé ($\pm 50\%$) que les niveaux moléculaire ($\pm 20\%$) et symbolique ($\pm 30\%$). En outre, peu d'étudiants ($\pm 30\%$) établissent des liens entre deux niveaux de savoir pour expliquer un concept chimique alors que cette opération devrait contribuer à leur compréhension. Enfin, une petite moitié d'étudiants ne sont pas capables de traduire le symbolisme nouveau et spécifique du cours magistral.

16 Enjeux pour la didactique de la chimie

Il ressort des résultats de cette deuxième partie que la définition des trois niveaux de savoir de la chimie, l'identification des niveaux de savoir et l'établissement des liens entre eux ne constituent pas des acquis pour les étudiants de première année universitaire puisque trois mesures réparties sur l'année académique ont été effectuées. Or, à ce stade de la recherche FNRS, l'hypothèse selon laquelle ces démarches participent grandement à la compréhension en profondeur des concepts en chimie semble se confirmer (Houart *et al.*, 2008). Nous pouvons dès lors suggérer plusieurs enjeux pour la didactique en chimie afin d'améliorer la communication pédagogique.

L'identification des niveaux de savoir et l'établissement des liens entre eux devraient être pris en charge par l'enseignant de manière explicite. À ces occasions, l'accent pourrait être mis sur les rapports dialectiques entre les aspects phénoménologiques, moléculaires comme le recommandent Barlet et Plouin (1997) ainsi qu'entre ces deux niveaux et le niveau symbolique. Le professeur pourrait ainsi expliciter les décalages entre ce qui est observé macroscopiquement, ce qui se passe à l'échelle moléculaire et ce qui est suggéré par l'écriture symbolique.

Par ailleurs, il y a un deuxième enjeu. Pour favoriser l'articulation entre les trois niveaux de savoir, il faudrait d'abord les dissocier et faire comprendre à quoi ils correspondent.

Un troisième enjeu concerne les modes de représentation. Puisque chacun des niveaux de savoir peut être présenté en utilisant divers modes de représentation, l'établissement des liens entre eux devrait également être davantage pris en charge par l'enseignant surtout si le mode de représentation présente des difficultés pour les étudiants (par exemple un schéma qui comprend plus d'une courbe).

En outre, afin d'augmenter la PDN correcte et complète des modèles moléculaires, l'enseignant pourrait mettre en place des moments de « métamodélisation » comme le suggère Martinand (1996). Ces moments permettraient d'attirer l'attention des étudiants sur les différentes parties du modèle, sur l'utilité et la signification de chaque partie en fonction de ce que le modèle est susceptible d'expliquer et sur la nécessité de reproduire le modèle dans son intégralité.

Un dernier enjeu qu'il conviendrait probablement de rencontrer dans les cours magistraux serait d'organiser des pauses de « métasymbolisation⁵⁸ » pendant lesquelles l'enseignant ferait prendre conscience aux étudiants de l'importance de l'écriture symbolique dans leur formation et des pièges liés à ce niveau de savoir (majuscule et minuscule d'une même lettre correspondant à des grandeurs différentes ; même symbolisme ayant des significations différentes).

Lors de la seconde année du projet de recherche FNRS, certains de ces enjeux se sont concrétisés en actions pédagogiques pendant les cours magistraux afin de valider les deux hypothèses émises. Des actions concrètes ont été mises en œuvre pour quatre des six cours magistraux analysés l'année précédente, les deux autres cours ont été dispensés sans interventions pédagogiques liées à nos hypothèses et ont donc constitué un témoin entre les deux années académiques.

Concrètement, pour la seconde année, la méthodologie de la recherche comprenait trois étapes distinctes (tableau 16.1).

La mesure des performances du groupe témoin (première étape de la recherche) a été réalisée sur le chapitre des solutions aqueuses. Dans la deuxième étape, la même démarche a été mise en œuvre avec un échantillon équivalent d'étudiants et sur une autre matière (la

⁵⁸ Dans le même esprit que Martinand (1996) qui propose des moments de « métamodélisation ».

cinétique). Le dispositif d'enseignement tenait compte de la première hypothèse de recherche, c'est-à-dire que le temps alloué au registre microscopique était augmenté.

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 le discours ; ils explicitaient plus fréquemment les passages entre les niveaux et mettaient en évidence les rapports dialectiques entre eux.

	Étape 1 Groupe témoin	Étape 2 Hypothèse 1	Étape 3 Hypothèse 2
Année 1	<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
Année 2	<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'explicitation des niveaux et des liens entre eux

Tableau 16.1 : Récapitulatif de la méthodologie sur les deux années du projet de recherche FNRS

Dans le chapitre suivant, nous présenterons les actions pédagogiques qui ont été mises en œuvre dans les cours magistraux des enseignants dans le cadre de notre projet FNRS.

17 Interventions pédagogiques pour améliorer la communication

Dans le but de décrire les trois niveaux de savoir en chimie et leur articulation, les enseignants ont présenté et expliqué une version simplifiée du modèle décrit dans le chapitre 4 (*cf.* figure 4.1). Le modèle de la figure 17.1 a été présenté sur une diapositive et a été commenté progressivement. Chaque niveau de savoir a été expliqué et illustré. Dans le cadre de la recherche FNRS sur les niveaux de savoir, cette présentation a été planifiée au début de la leçon sur la thermodynamique (leçon filmée pour le projet), mais pour un cours de chimie générale classique, le modèle de la figure 17.1 pourrait être présenté dès les premières heures de cours et être rappelé de temps à autre quand le professeur estime que l'identification des

niveaux de savoir et l'établissement des liens entre eux favoriseraient la compréhension des étudiants.

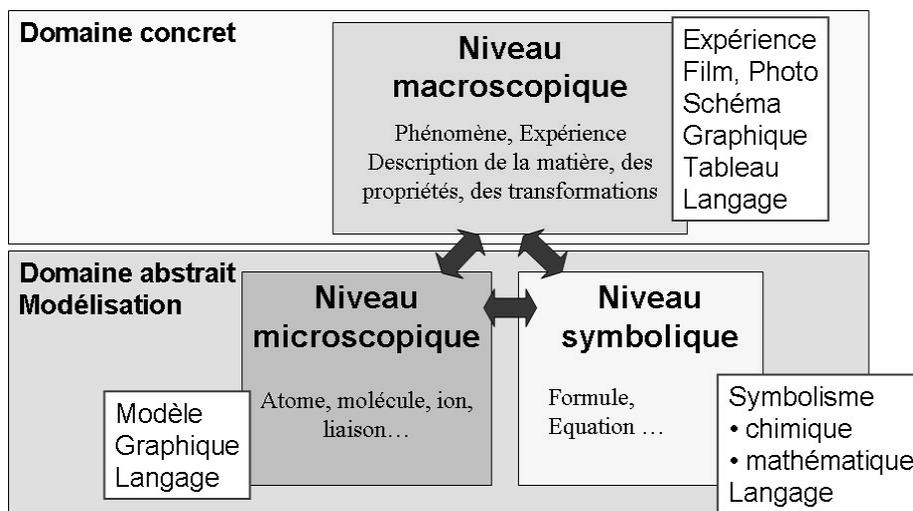


Figure 17.1 : Description des trois niveaux de savoir et de leurs modes de représentation

Des logos permettant d'identifier chacun des niveaux (figure 17.2) ont été présentés, d'abord en les insérant dans le modèle des niveaux de savoir et ensuite en les intégrant dans les diapositives des enseignants (figure 17.3). Ainsi les étudiants pouvaient identifier le niveau de savoir traité sans que le professeur y consacre beaucoup de temps et qu'il doive sans arrêt interrompre le fil du cours magistral.

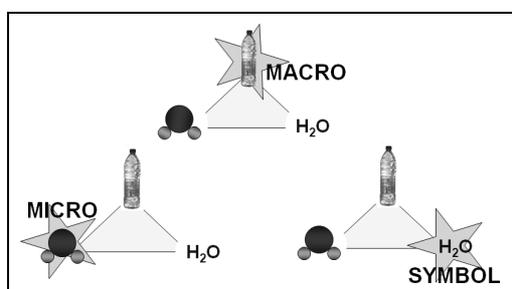


Figure 17.2 : Logos d'identification des niveaux de savoir

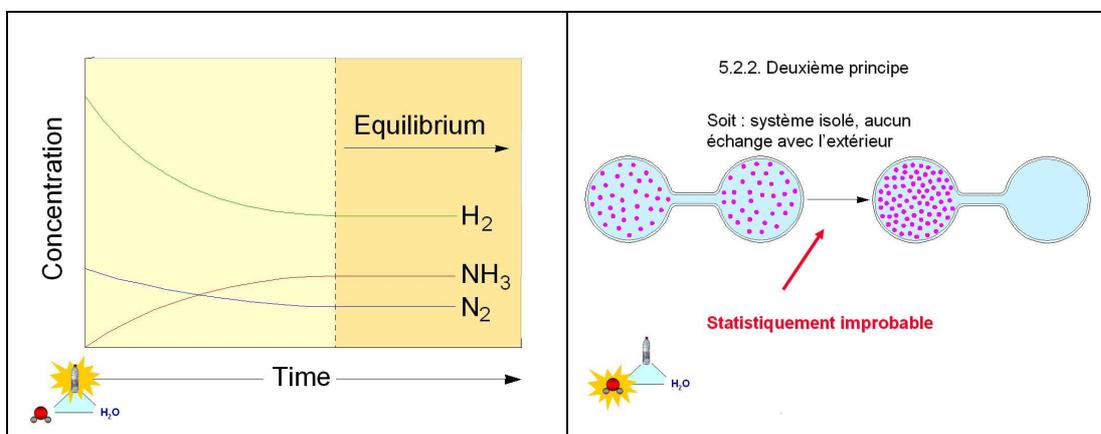
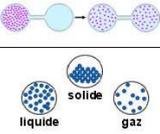
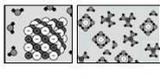


Figure 17.3 : Logos d'identification des niveaux de savoir intégrés dans deux diapositives

Les enseignants ont explicité le symbolisme utilisé pour les nouvelles grandeurs spécifiques et leurs unités. De temps à autre, ils ont noté ces informations au tableau et ont précisé les pièges liés à l'utilisation de ce symbolisme (majuscule, minuscule, utilisation du même symbole pour différentes grandeurs...).

Les liens entre les différents niveaux de savoir abordés dans le cours magistral ont été doublement mis en évidence, d'une part, à travers une précision orale fournie par l'enseignant, et d'autre part, par l'utilisation des logos sur les diapositives (figure 17.4).

Critère de probabilité		Exemples de processus spontanés :	
détente isotherme d'un gaz	$\Delta U = 0$ ($PV = \text{cst}$)		
évaporation, sublimation	$\Delta H > 0$		
dissolution d'un soluté ionique	ex: NaCl, NH_4NO_3		
			

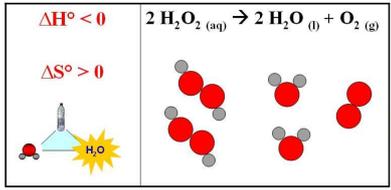
Processus spontanés ?	
Décomposition du peroxyde d'hydrogène	
$\Delta H^\circ < 0$	$2 \text{H}_2\text{O}_2 (\text{aq}) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} (\text{l}) + \text{O}_2 (\text{g})$
$\Delta S^\circ > 0$	
$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$	Spontané à toutes températures
	
	

Figure 17.4 : Établissement des liens entre les niveaux de savoir grâce aux logos intégrés dans deux diapositives

Évidemment, comme l'ont souvent souligné les deux professeurs impliqués dans le projet, ces actions pédagogiques entrent en concurrence temporelle avec la matière à enseigner. Un équilibre entre une communication efficace et la matière indispensable à transmettre (car jugée prérequis pour les années qui suivent) est donc à trouver.

En effet, les effets positifs sur les acquis immédiats des étudiants et donc probablement sur la compréhension des concepts de base ont été mis en évidence dans le cadre du projet FNRS dont il a été question dans cette partie. Ces résultats sont consignés dans le rapport final de la recherche (Houart *et al.*, 2008 ; Houart *et al.*, 2009).

PARTIE III : LIEN ENTRE LA QUALITÉ DES NOTES ET LA PERFORMANCE À L'EXAMEN DE CHIMIE

18 Introduction et rappel de la question	195
19 Méthodologie	195
20 Résultats	196
21 En résumé	202
22 Discussion	202
23 Conséquences pour l'accompagnement méthodologique	205

18 Introduction et rappel de la question

Jusqu'à présent, toutes les questions de recherche qui nous ont préoccupée concernent

- 1) la qualité des notes des étudiants en fonction d'une série de caractéristiques du message,
- 2) les acquis des étudiants à court terme et les actions pédagogiques liées aux niveaux de savoir.

Bien que cette étude soit essentiellement centrée sur la communication pédagogique entre l'enseignant et ses étudiants dans le cadre d'un cours magistral, une question annexe à propos d'un **lien éventuel entre la qualité des notes des étudiants à la fin du cours et leur réussite** lors d'une évaluation certificative du cours de chimie générale paraît *a priori* intéressante. En effet, un tel lien s'il existe constituerait un précieux outil qui pourrait être exploité dans le cadre de dispositifs d'aide méthodologique aux étudiants centrés sur la PDN.

Ce lien renvoie également à une question de recherche.

Question 9 : Quels sont les caractéristiques qui différencient éventuellement la qualité des notes des étudiants qui réussissent l'examen de chimie en juin de ceux qui y échouent ?

19 Méthodologie

Pour répondre à la question 9, nous nous sommes d'abord basée sur la qualité des notes des étudiants de notre premier recueil de données. C'est le **tableau d'analyse par étudiant** qui a servi de point de départ. Une **analyse statistique de corrélation** pour chacune des variables relatives aux PDN des étudiants avec leur note à l'examen de juin a été réalisée en parallèle à une **approche qualitative** que nous détaillerons ici. Nous avons divisé notre échantillon en deux, en fonction des résultats des étudiants à l'examen de chimie générale en juin.

De cette manière, nous avons obtenu deux groupes d'étudiants :

- le groupe « réussite » constitué de 21 étudiants qui réussissent l'examen de chimie en juin avec une note supérieure ou égale à 10/20. La moyenne à l'examen en juin de ce groupe d'étudiants est de $(15,5 \pm 2,4)/20$;
- le groupe « échec » formé de 21 étudiants qui échouent à l'examen de chimie en juin avec une note inférieure ou égale à 9/20. La moyenne à l'examen en juin de ces étudiants est de $(7,1 \pm 1,6)/20$.

Pour ces deux groupes, les moyennes et les écarts type des unités de sens notées ont été calculés pour deux qualités de la PDN des étudiants : l'ampleur et la pertinence. Pour les deux autres caractéristiques : l'ampleur maximale et la fidélité, nous avons calculé les proportions (exprimées en pourcentage) d'unités de sens notées avec une ampleur maximale ou partielle, avec une fidélité respectée ou non respectée par rapport à celles notées à partir de chacun des canaux. En effet, si les moyennes pour l'ampleur et la pertinence entre les deux groupes d'étudiants ont du sens, la moyenne pour les deux autres caractéristiques ne signifie rien puisque l'ampleur maximale et la fidélité dépendent du nombre d'unités de sens notées par chacun des étudiants. Ces données sont consignées dans les tableaux 20.1, 20.2, 20.3 et 20.4. Afin de répondre à la question de recherche 9, nous avons comparé les résultats des moyennes des unités de sens notées pour l'ampleur et la pertinence pour les deux groupes d'étudiants alors que les proportions d'unités de sens notées ont été comparées pour l'ampleur maximale et la fidélité.

20 Résultats

Les écarts type très importants obtenus pour l'ensemble des résultats témoignent d'une énorme disparité dans les notes des étudiants. Autrement dit, les notes des deux groupes d'étudiants sont peu homogènes. On trouve dans l'échantillon « réussite » des notes aux descripteurs comparables à celles d'étudiants qui échouent et *vice versa*.

PARTIE III : LIENS ENTRE LA QUALITÉ DES NOTES ET LA PERFORMANCE À L'EXAMEN DE CHIMIE

	AMPLEUR	Canal	Canal	Canal	Canal	Total
		E (108 US)	D (33 US)	T (26 US)	?	Total (167 US)
	Nombre d'US à noter pour les extraits 1, 2 et 3					
Groupe réussite	Nombre d'US notées par les étudiants en réussite	248	333	181	91	853
	Moyenne du nombre d'US notées par les étudiants en réussite	11,8	15,8	8,6	4,3	40,6
	Écart-type	9,7	5,9	4,2	2,5	10,0
	Proportion d'US notées par rapport aux US à noter	11%	48%	33%		24%
Groupe échec	Nombre d'US notées par les étudiants en échec	148	331	191	75	745
	Moyenne du nombre d'US notées par les étudiants en échec	7,0	15,8	9,1	3,6	35,5
	Écart-type	6,3	6,0	5,3	2,0	7,0
	Proportion d'US notées par rapport aux US à noter	6%	48%	35%		21%

Tableau 20.1 : Ampleur des notes des étudiants qui réussissent et de ceux qui échouent à l'examen de chimie générale (premier recueil de données)

Un examen du tableau 20.1 nous apprend que les notes des étudiants qui réussissent se différencient très peu par l'ampleur totale des notes des autres étudiants. Aucune différence significative n'est observée, ni pour l'ensemble du message, ni lorsque les étudiants notent le support écrit, que ce soit des diapositives (D) ou le tableau (T). En revanche, une différence significative existe pour les notes prises à partir de l'énoncé oral (E). Les étudiants qui réussissent semblent noter davantage d'informations provenant de l'énoncé oral. D'après l'analyse statistique (tests U de Mann-Whitney), la différence est significative ($p = 0,002$).

	AMPLEUR MAXIMALE	Ampleur maximale	Ampleur partielle								
		E	E	D	D	T	T	?	?	Total	Total
Groupe réussite	Nombre d'US notées par les étudiants en réussite	23	225	274	59	162	19	85	6	544	309
	Proportion d'US notées	9%	91%	83%	18%	90%	10%	93%	7%	64%	36%
	Écart-type	1%	4%	2%	1%	2%	0%	2%	1%	1%	1%
Groupe échec	Nombre d'US notées par les étudiants en échec	16	132	288	43	171	20	68	7	543	202
	Proportion d'US notées	11%	89%	87%	13%	90%	10%	91%	9%	73%	27%
	Écart-type	1%	4%	2%	0%	3%	1%	3%	1%	1%	1%

Tableau 20.2 : Ampleur maximale des notes des étudiants qui réussissent et de ceux qui échouent à l'examen de chimie générale (premier recueil de données)

L'analyse du tableau 20.2 à propos de l'ampleur maximale montre que ce descripteur ne permet pas de différencier les notes des étudiants des deux groupes d'étudiants de manière significative. Une très légère tendance semble se dégager mais l'analyse statistique révèle que la différence n'est pas significative ($p = 0,165$). Il semble que les étudiants qui réussissent

notent les messages échangés à travers l'énoncé oral et les diapositives avec une ampleur maximale plus faible que les étudiants qui échouent à l'examen de chimie en juin.

FIDELITE		Fidélité respectée	Fidélité non respectée								
		E	E	D	D	T	T	?	?	Total	Total
Groupe réussite	Nombre d'US notées par les étudiants en réussite	227	21	329	4	180	1	91	0	827	26
	Proportion d'US notées	92%	8%	99%	1%	99%	1%	100%	0%	97%	3%
	Écart-type	3%	3%	2%	4%	2%	2%	0%	0%	3%	3%
Groupe échec	Nombre d'US notées par les étudiants en échec	134	14	326	5	188	3	74	1	722	23
	Proportion d'US notées	91%	9%	98%	2%	98%	2%	99%	1%	97%	3%
	Écart-type	7%	7%	3%	5%	5%	5%	5%	5%	3%	3%

Tableau 20.3 : Fidélité des notes des étudiants qui réussissent et de ceux qui échouent à l'examen de chimie générale (premier recueil de données)

En ce qui concerne la fidélité, le tableau 20.3 révèle qu'aucune différence significative ne peut être observée entre les deux groupes d'étudiants.

PERTINENCE		Pertinence Titre	Pertinence UC	Pertinence UM	Pertinence UB	Pertinence SUB
Groupe réussite	Nombre d'US notées par les étudiants en réussite	21	55	130	427	172
	Moyenne du nombre d'US notées par les étudiants en réussite	1,0	2,6	6,2	20,3	8,2
	Écart-type	0,3	0,6	0,8	3,7	5,0
Groupe échec	Nombre d'US notées par les étudiants en échec	20	48	125	369	141
	Moyenne du nombre d'US notées par les étudiants en échec	1,0	2,3	6,0	17,6	6,7
	Écart-type	0,5	0,8	0,7	2,7	3,6

Tableau 20.4 : Pertinence des notes des étudiants qui réussissent et de ceux qui échouent à l'examen de chimie générale (premier recueil de données)

Pour ce qui est de la pertinence, à nouveau, d'après le tableau 20.4, aucune différence significative n'est observée entre les deux groupes.

Sur la base de ces résultats peu concluants, une tentative méthodologique supplémentaire a été entreprise. Deux groupes plus discriminants d'étudiants ont été créés arbitrairement en éliminant du groupe « réussite » cinq étudiants qui avaient une note inférieure à 14/20 à l'examen de juin et en ôtant du groupe « échec » trois étudiants ayant obtenu une note de 9/20 à cette même épreuve certificative. Mais les résultats des comparaisons de moyenne et de la forte variabilité des résultats restent inchangés.

Comme ultime ressource, nous avons exploité les résultats de notre second recueil de données. En effet, bien que ce second recueil de données ait, au départ, été exploité pour répondre à la question 5b, nous avons pu, sur la base des 18 grilles d'observation, élaborer un tableau d'analyse par étudiant. Nous avons à nouveau scindé les étudiants en deux groupes :

- le groupe « réussite » constitué de 11 étudiants ayant réussi l'examen de chimie en juin avec une note supérieure ou égale à 10/20. La moyenne à l'examen en juin de ce groupe d'étudiants est de $(12,7 \pm 2,3)/20$;
- le groupe « échec » formé de 7 étudiants ayant échoué à l'examen de chimie en juin avec une note inférieure ou égale à 9/20. La moyenne à l'examen en juin de ces étudiants est de $(6,6 \pm 2,1)/20$.

Des tableaux semblables à ceux présentés précédemment (20.1 à 20.4) ont été conçus (tableaux 20.5 à 20.7). Ils permettent de comparer les moyennes du nombre d'unités de sens notées ou leurs proportions entre les étudiants en réussite et en échec pour l'ensemble du message qui a été analysé.

L'analyse panoramique du tableau d'analyse par étudiant (présenté en annexe) montre qu'il existe également, parmi les étudiants de notre second recueil de données, des profils très différents de noteurs qui réussissent ou qui échouent.

	AMPLEUR	Canal	Canal	Total
	Nombre d'US à noter pour les extraits 1, 2 et 3	E (293 US)	T (77 US)	Total (370 US)
Groupe réussite	Nombre d'US notées par les étudiants en réussite	159	777	936
	Moyenne du nombre d'US notées	14,5	70,6	85,1
	Écart-type	7,2	3,5	5,4
Groupe échec	Nombre d'US notées par les étudiants en échec	32	514	546
	Moyenne du nombre d'US notées	4,6	73,4	78,0
	Écart-type	2,6	2,1	2,6

Tableau 20.5 : Ampleur des notes des étudiants qui réussissent et de ceux qui échouent à l'examen de chimie générale (second recueil de données)

Cependant, le tableau 20.5 consolide, de manière significative ($p < 0,01$), le résultat obtenu pour l'ampleur des notes des étudiants de notre premier recueil (tableau 20.1), c'est-à-dire que les étudiants qui réussissent notent en moyenne davantage d'informations provenant de l'énoncé oral du professeur que les étudiants qui échouent à l'examen de chimie en juin.

Le graphique de régression linéaire qui résulte de l'analyse statistique est présenté de manière indicative (figure 20.1).

La performance des étudiants à l'examen de chimie en juin est corrélée positivement ($R^2 = 0,4$; $p = 0,005$) avec le nombre d'unités de sens notées à partir de l'énoncé oral du professeur. Nous constatons toutefois que quelques étudiants sont atypiques. Il s'agit surtout d'étudiants qui notent peu d'informations mais qui réussissent en déployant probablement d'autres stratégies.

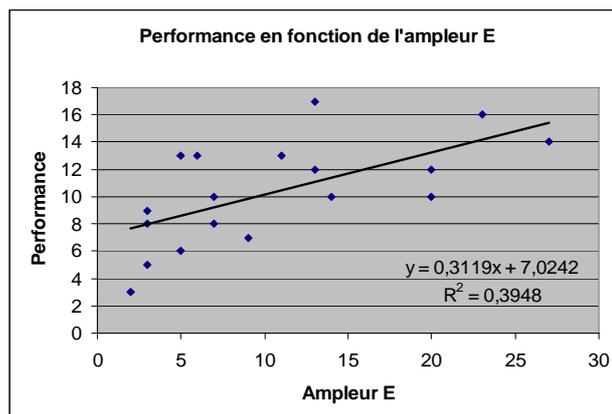


Figure 20.1 : Régression linéaire entre le nombre d'unités de sens notées à partir de l'énoncé oral et les notes des étudiants à l'examen de chimie en juin (second recueil de données)

AMPLEUR MAXIMALE		Ampleur maximale	Ampleur partielle	Ampleur maximale	Ampleur partielle
		E	E	T	T
Groupe réussite	Nombre d'US notées par les étudiants en réussite	32	127	764	11
	Proportion d'US notées	20%	80%	99%	1%
	Écart-type	6%	21%	26%	1%
Groupe échec	Nombre d'US notées par les étudiants en échec	10	22	506	8
	Proportion d'US notées	31%	69%	99%	1%
	Écart-type	11%	22%	30%	1%

Tableau 20.6 : Ampleur maximale des notes des étudiants qui réussissent et de ceux qui échouent à l'examen de chimie générale (second recueil de données)

D'après le tableau 20.6, la tendance observée pour le premier recueil de données à propos de l'ampleur maximale semble se confirmer. Les étudiants du groupe qui réussissent noteraient les unités de sens provenant de l'énoncé oral avec une ampleur partielle plus grande que les étudiants qui échouent. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les étudiants du groupe « réussite » traiteraient le message lors de l'écoute avant d'en prendre note. L'ampleur serait donc partielle. Alors que les étudiants du groupe « échec » inscriraient des bribes de phrases entendues. L'ampleur de ces bribes serait dès lors maximale.

Or, retraiter les informations entendues implique la mise en place de multiples processus. D'après Piolat (2003, p. 1), « Il s'agit pour le noteur de stocker mentalement des informations entendues, en gérant simultanément des processus de compréhension (accès au contenu et sélection des informations) et des processus rédactionnels (mise en forme de ce qui est transcrit à l'aide de procédés abrégatifs, de raccourcis syntaxiques, de paraphrases

d'énoncés, et de mise en forme matérielle de ses notes). ». La compétence à prendre des notes à partir de l'énoncé oral en retraitant l'information correspond donc à une tâche complexe que seuls certains étudiants peuvent déployer dans un contexte favorable (prérequis suffisants, attention soutenue, compétences rédactionnelles...). Nous pouvons dès lors envisager que ces étudiants fassent partie du groupe « réussite ».

FIDELITE		Fidélité respectée	Fidélité non respectée	Fidélité respectée	Fidélité non respectée
		E	E	T	T
Groupe réussite	Nombre d'US notées par les étudiants en réussite	156	3	770	6
	Proportion d'US notées	98%	2%	99%	1%
	Écart-type	26%	1%	26%	0%
Groupe échec	Nombre d'US notées par les étudiants en échec	32	0	510	4
	Proportion d'US notées	100%	0%	99%	1%
	Écart-type	31%	0%	30%	0%

Tableau 20.7 : Fidélité des notes des étudiants qui réussissent et de ceux qui échouent à l'examen de chimie générale (second recueil de données)

Enfin, le tableau 20.7 corrobore également les résultats obtenus pour le premier recueil de données à propos de la fidélité sémantique. Elle est quasiment totale et il n'y a, en conséquence, aucune différence significative entre les deux groupes d'étudiants.

Le tableau de comparaison de la pertinence pour les deux groupes d'étudiants n'a pas pu être réalisé puisque les extraits du second recueil de données n'ont pas été catégorisés selon le niveau hiérarchique.

21 En résumé

L'analyse qualitative ainsi que l'analyse statistique menées pour tenter d'établir un lien entre la qualité des notes des étudiants et leur réussite mettent en évidence une énorme disparité dans la qualité des notes des étudiants, que ces derniers réussissent leur examen de chimie en juin ou y échouent.

En conséquence, ces analyses ne permettent de déterminer qu'un seul descripteur des notes qui différencie, de manière tangible, les notes des étudiants qui réussissent de ceux qui échouent. Les étudiants qui réussissent l'examen de chimie générale prendraient davantage de notes à partir de l'énoncé oral du professeur.

Les étudiants notent les informations transmises à partir de l'énoncé oral et des supports écrits en respectant leur sens, qu'ils réussissent l'examen de chimie générale ou qu'ils y échouent.

Les démarches entreprises permettent cependant d'avancer une hypothèse basée sur des différences observées mais qui n'apparaissent pas de manière significative. Les étudiants qui réussissent l'examen de chimie générale noteraient les informations provenant de l'énoncé oral avec une ampleur maximale plus faible que les étudiants qui y échouent.

Une hypothèse corollaire de la précédente serait la suivante : les stratégies des étudiants qui échouent consisteraient surtout à recopier les supports écrits alors que les étudiants qui réussissent noteraient en parallèle quelques informations sans les recopier. Ils traiteraient probablement davantage ces informations avant de les noter.

22 Discussion

L'absence de résultats très tranchés à la question 9 n'est guère étonnante et diverses hypothèses peuvent être formulées pour tenter de l'expliquer.

Premièrement, entre la PDN des étudiants lors d'un cours magistral et la réponse aux questions d'évaluation du cours de chimie générale, en fin d'année académique, les étudiants déploient de très nombreuses autres stratégies d'apprentissage liées ou non à leur PDN

initiale. Un piètre noteur pourrait s'avérer être un étudiant disposant de stratégies d'apprentissage⁵⁹, c'est-à-dire d'élaboration, d'organisation, de mémorisation et enfin d'autorégulation très efficaces. Et ces stratégies pourraient parfaitement compenser une PDN de faible qualité, alors qu'un étudiant faisant preuve de compétences de PDN exceptionnelles pourrait ne pas posséder ou ne pas mettre en œuvre d'autres facettes du métier d'étudiant qui le mèneraient à la réussite. De plus, après le cours magistral, un étudiant conscient de la qualité médiocre de ses notes pourrait les délaissier totalement pour étudier dans les notes de cours d'un condisciple, tandis qu'un autre étudiant satisfait de la qualité de ses notes pourrait baser son étude exclusivement sur ses notes sans les retravailler. Ces explications justifient les énormes écarts types pour les moyennes des différents descripteurs de la PDN.

Dans le cadre de cette étude, nous avons peu investigué les stratégies d'apprentissage des étudiants de nos échantillons. Néanmoins, grâce au questionnaire proposé lors de l'activité facultative d'autoévaluation de la PDN, nous disposons de quelques informations à ce propos. Parmi les étudiants interrogés pour nos deux recueils de données, 30% affirment que l'objectif le plus important pour eux consiste à se créer des notes définitives après le cours et 53% des étudiants disent que leur objectif est d'avoir des notes à retravailler (corriger, compléter mais pas recopier) après le cours. Pour 17% des étudiants les notes prises au cours devraient leur servir à se créer un nouveau support de cours. Cet exemple ouvre déjà une minuscule fenêtre sur la diversité des chemins qu'empruntent les étudiants à partir du moment de la PDN à un cours magistral jusqu'au moment de la production des réponses lors de l'évaluation de la matière. Par ailleurs, nous n'avons trouvé aucun lien entre ces réponses et la note de l'étudiant à l'examen de chimie en fin d'année académique.

Deuxièmement, l'analyse de la qualité des notes des étudiants porte sur trois ou quatre extraits (selon le recueil de données) d'un cours magistral au sujet d'une matière particulière alors que l'examen couvre l'ensemble des matières abordées ou au moins plusieurs d'entre elles.

Ces deux explications démontrent que répondre à cette question de recherche, c'est établir une inférence importante.

Troisièmement, cette étude est centrée avant tout sur la communication pédagogique dans le sens émetteur-récepteurs. Dès lors, la définition des critères de qualité de la PDN a

⁵⁹ Nous adoptons la définition de Weinstein et Meyer (1991), p. 78 cités par Viau (1994). « *Les stratégies d'apprentissage sont des moyens que les étudiants peuvent utiliser pour acquérir, intégrer et se rappeler les connaissances qu'on leur enseigne.* ».

davantage été pilotée par un souci de confrontation du message source et des notes des étudiants que par une description fine des stratégies de PDN des étudiants. Autrement dit, la définition des critères de qualité s'est centrée sur la question suivante : « Quelles sont les informations notées par les étudiants ? » et non « Comment en prennent-ils note ? ». Par exemple, pour l'ampleur, deux situations différentes quant aux stratégies des étudiants sont codées de la même manière :

- plusieurs éléments de l'unité de sens manquent ;
- les éléments sont notés d'une autre manière,

car dans les deux situations la quantité des informations notées est différente de celle des informations données par le professeur. Deux autres situations sont également codées de la même manière :

- tous les éléments de l'unité de sens sont notés à l'identique ;
- l'étudiant utilise des abréviations pour noter l'information,

car dans ces situations l'information est notée totalement.

Cette explication met en jeu la méthodologie pour traiter cette question dans des recherches ultérieures. Précisons que cette neuvième question de recherche est apparue en cours de travail alors que la méthodologie avait été conçue sur la base des cinq premières questions de recherche. Cette réflexion illustre parfaitement les liens intrinsèques et obligatoires entre la méthodologie du chercheur et les questions qu'il se pose comme l'explique longuement Quivy et Van Campenhoudt (1988).

Enfin, il faut évidemment garder à l'esprit que dans le cadre de cette étude exploratoire, les résultats de cette troisième partie portent sur l'analyse de deux cours magistraux. Ils sont donc très fortement contextualisés. Pour confirmer les tendances que nous avons observées et ainsi accrédi-ter les résultats sur les descripteurs qui différencient les notes des étudiants qui réussissent de ceux qui échouent et pour les généraliser, les notes d'étudiants devraient être confrontées aux messages transmis dans d'autres contextes de cours magistraux.

23 Conséquences pour l'accompagnement méthodologique

À l'instar des résultats présentés dans la partie I, les résultats de cette partie sont relatifs aux deux contextes particuliers dans lesquels ils ont été obtenus (deux professeurs, deux groupes d'étudiants, des extraits des cours magistraux et des notes d'échantillons représentatifs d'étudiants). Les précautions concernant les écueils de toute généralisation implicite de ces résultats peuvent donc être réitérées ici.

Toutefois, notre expérience en tant qu'accompagnateur méthodologique ainsi que le souci de mettre sur pied chaque année de nombreuses séances méthodologiques efficaces et répondant aux besoins des étudiants nous incite à intégrer avec prudence ces résultats dans nos séances sur la PDN avec les étudiants des Facultés de Médecine et de Sciences. Néanmoins, l'accompagnement méthodologique est surtout centré sur le développement du raisonnement métacognitif. Les étudiants sont donc amenés à adopter ou non les stratégies discutées lors des séances en fonction de leurs caractéristiques personnelles. Ce mode de fonctionnement permet d'éviter la prescription peu recommandable en termes de méthodes de travail vu leur caractère profondément personnel et spécifique.

L'hétérogénéité des notes des étudiants quelle que soit l'issue de leur année académique en chimie constitue probablement le résultat le plus saillant de la troisième partie de notre thèse, la question du lien entre la qualité des notes et la réussite. De plus, vu le temps relativement long et l'entraînement nécessaires pour développer la compétence PDN, il nous paraît utile, en tant qu'accompagnateur méthodologique, de présenter ce résultat aux étudiants. Disposer de « bonnes » notes au terme d'un cours magistral de chimie générale ne constitue ni la condition *sine qua non* d'une réussite à l'examen, ni une condition suffisante. Ce discours permet, d'une part, de rassurer les étudiants conscients d'une faiblesse personnelle à prendre des notes correctes. Il est, d'autre part, l'occasion de faire émerger, de discuter et d'entraîner des stratégies à mettre en œuvre après le cours magistral pour pallier cette faiblesse (compléter et corriger ses notes à l'aide d'un livre de référence ou de notes de condisciples, se procurer des notes compatibles avec son mode de fonctionnement auprès d'un autre étudiant...). Il permet enfin de sensibiliser les étudiants aux stratégies d'élaboration à déployer afin de s'approprier la matière.

En outre, pour les étudiants qui ne seraient pas conscients de l'adéquation de leurs notes avec les exigences du professeur, il nous semble opportun de privilégier, lors des séances méthodologiques dédiées à la PDN, la prise de conscience de l'importance d'autoévaluer correctement celles-ci.

La présence de lien significatif entre le nombre d'unités de sens notées à partir de l'énoncé oral et la réussite constitue un deuxième résultat. D'après nous, deux actions d'accompagnement méthodologique en découlent. *Primo*, faire percevoir l'importance et l'intérêt, pour les étudiants, de noter un maximum d'informations pertinentes à partir de l'énoncé oral du professeur. *Secundo*, les outiller pour qu'ils soient capables d'en noter davantage. Ces deux objectifs et la manière de les incarner dans des activités concrètes ont déjà été développés (cf. point 11.2).

Dans la première partie de notre thèse (cf. 8.5.6), nous avons catégorisé les explications orales transmises par le professeur. Cette catégorisation mériterait d'être présentée aux étudiants.

En effet, nous pensons qu'une meilleure appréhension de la nature des explications orales fournies par le professeur en parallèle au support écrit permettrait probablement de sensibiliser les étudiants à l'importance de certaines explications (traduction, définition, précision, mise en mots). Ils pourraient, par ailleurs, prendre conscience de la nature des explications qui leur sont profitables en fonction de leur contexte (précis, facilité à remettre en mots une série de mots clés, concision des notes pour l'automotivation...).

Pour terminer ce chapitre, nous présenterons, de manière concise, deux activités menées auprès des étudiants, dans le cadre de l'aide méthodologique en première année à l'université. Ces activités sont en rapport avec les objectifs qui viennent d'être évoqués. De plus, elles reflètent en partie la synergie qui résulte des trois fonctions que nous assumons (recherche, accompagnement des étudiants et soutien à l'enseignement).

La première activité est née d'une recherche que nous avons menée pendant trois ans en collaboration avec les Facultés des Sciences et de Médecine (Romainville *et al.*, 2006). Elle vise entre autres, en accord avec nos résultats, une prise de conscience par les étudiants de la qualité de leurs notes. Pour mener cette activité, des questionnaires appelés « Passeports PDN » ont été confectionnés en collaboration avec le professeur dispensant le cours magistral qui sert d'exercice à la PDN. La passation du questionnaire à l'issue du cours magistral ainsi que la correction collective du questionnaire constituent les principales activités liées à ces

« Passeports ». Le déroulement de l'activité, le canevas commun des « Passeports PDN », des exemples et les bénéfices qui en découlent se trouvent dans le rapport de la recherche intitulée : « Explicitation des prérequis et mesure de leur maîtrise en première année du grade de Bachelier » (Romainville *et al.*, 2006).

La seconde activité a été conçue dans le prolongement de notre travail de thèse. Cette activité s'inscrit dans un nouveau cours de méthodologie du travail universitaire, qui a vu le jour en septembre 2008, à l'attention des étudiants inscrits en biologie. Ce cours, demandé par la Faculté des Sciences et intégré dans le cursus des étudiants, sans toutefois être obligatoire, couvre 14 heures, dont 4 heures sont consacrées à la PDN. L'activité est menée par groupes d'une trentaine d'étudiants.

Les étudiants sont invités à prendre des notes à partir d'un court extrait filmé sélectionné (en accord avec l'enseignant) dans les cours magistraux enregistrés pour notre thèse. À la fin de l'exercice de PDN, six questions à propos de la matière enseignée sont posées aux étudiants et il leur est demandé d'y répondre en utilisant leurs notes. Ces questions sont basées sur la traduction du symbolisme et sur l'analyse d'un graphique et d'un modèle moléculaire, c'est-à-dire sur des éléments qui ont été expliqués oralement par le professeur sans être notés au tableau. Ces questions sont évidemment annoncées comme étant des questions potentielles d'examen. Pour clôturer cet exercice, une correction collective est organisée et il est demandé aux étudiants de s'exprimer à propos de l'expérience qu'ils viennent de vivre. Ont-ils le sentiment d'avoir des notes correctes et complètes ? Quelles ont été les difficultés rencontrées ? Comment peuvent-ils les surmonter ? Quelles stratégies peuvent-ils mettre en place ?

Ensuite, les notes de l'accompagnateur méthodologique sont distribuées et il est demandé aux étudiants de les comparer avec les leurs. Dans les notes de l'accompagnateur, un maximum d'éléments de l'énoncé oral du professeur ont été notés.

À nouveau, un débat est organisé avec les étudiants. Quelle est la nature des informations notées provenant de l'énoncé oral du professeur ? Quand est-il pertinent de les noter ? Quand peut-on s'en abstenir ? Quelles stratégies peut-on mettre en place quand on décroche ? Simultanément, des stratégies liées à la PDN active sont inscrites au tableau.

Pour encourager l'application personnelle des nouvelles stratégies qui ont été suggérées par le groupe, un deuxième extrait de cours est visionné. Les étudiants sont invités à noter de manière proactive, c'est-à-dire en mettant en œuvre les stratégies qui ont été discutées et qui

leur semblent pertinentes. La suite de l'activité ressemble à la première partie en mettant l'accent sur d'éventuelles nouvelles stratégies liées au contexte du second extrait.

Pour terminer la séance, afin de favoriser le transfert, les étudiants complètent leur carnet de bord avec ce qu'ils ont retenu et ce qu'ils comptent mettre en œuvre dans le cours de chimie générale dispensé par le professeur qui donnait le cours magistral des deux extraits filmés.

CONCLUSIONS

24 Principaux résultats et implications pédagogiques..... 211
25 Analyse critique de la méthodologie 218
26 Perspectives en termes de recherche 221

Nos conclusions sont subdivisées en trois parties. La première décrit ce qui se joue dans la communication pédagogique dans le cadre des cours magistraux à partir des résultats significatifs de notre étude. Ensuite quelques implications pédagogiques sont proposées, tant pour les professeurs que pour les accompagnateurs méthodologiques⁶⁰. Une analyse critique des diverses méthodologies mises au point est présentée dans la deuxième partie. Enfin, la troisième partie est dédiée aux perspectives, en termes de recherche, suscitées par ce travail.

24 Principaux résultats et implications pédagogiques

L'objectif majeur de notre thèse visait à analyser de manière exploratoire la communication pédagogique au sein de cours magistraux de chimie en première année universitaire. Deux approches complémentaires ont été envisagées pour analyser comment le message transmis par le professeur est reçu par les étudiants. D'une part, les notes des étudiants, et d'autre part, les acquis des étudiants, à l'issue de cours magistraux, ont été considérés comme témoins de la communication pédagogique. De plus, afin de caractériser la communication du point de vue de la discipline enseignée, une difficulté majeure de la chimie a servi de fil conducteur à notre analyse. Il s'agit des passages et des associations entre la description des phénomènes (niveau phénoménologique ou macroscopique), la représentation par des modèles de leurs aspects microscopiques (niveau moléculaire ou microscopique) et l'utilisation de l'écriture symbolique standardisée (niveau symbolique).

La confrontation entre les notes des étudiants et les divers messages écrits et oraux transmis aux étudiants (*cf.* partie I) met en évidence des liens étroits entre les caractéristiques de la communication et les notes des étudiants. Ces notes ont été définies par quatre descripteurs : l'ampleur, la fidélité sémantique, la pertinence et le choix du canal. Sept caractéristiques de la communication ont été envisagées : le niveau du message – données notionnelles ou commentaires phatiques et métalinguistiques (*cf.* point 6.1.1), le nombre de canaux, la nature des canaux, le niveau hiérarchique, les reprises – répétitions et reformulations (*cf.* point 6.1.2.2), les déclencheurs et inhibiteurs de la prise de notes (PDN)

⁶⁰ Les pistes pédagogiques proposées dans la thèse sont formulées quasi *in extenso* dans les conclusions de manière à fournir l'information complète.

(cf. point 6.1.2.3) et le niveau de savoir en chimie ainsi que leurs modes de représentation (cf. chapitre 4).

Il ressort de cette analyse que le message transmis à travers l'énoncé oral est noté par un nombre très limité d'étudiants et que peu d'informations sont notées. En particulier, les nombreuses explications orales fournies à propos des divers modes de représentation de la chimie (schémas, tableaux, graphiques, modèles moléculaires, écriture symbolique) ne sont presque jamais notées par les étudiants. Pourtant, ces explications facilitent la compréhension du message écrit dans la mesure où elles traduisent le symbolisme utilisé, apportent des précisions et mettent en mots les abréviations, signes et mots clés notés au tableau. En revanche, dès qu'un canal écrit supporte le message verbal, l'information est notée par la plupart des étudiants.

Les informations notées à partir d'un support écrit sont recopiées quasi mot à mot ou globalement lorsqu'il s'agit de mode de représentation, à l'exception des modèles moléculaires qui sont souvent recopiés partiellement. Au contraire, l'énoncé oral du professeur, lorsqu'il est noté, l'est presque toujours partiellement (bribes de phrases, informations retraitées). Pour la très grande majorité des informations, le sens est respecté, *a fortiori* lorsqu'il s'agit d'informations transmises à travers un support écrit.

Enfin, les étudiants, certes peu nombreux, qui ne recopient pas uniquement les supports écrits, adaptent véritablement leur PDN aux caractéristiques particulières de la communication (clarté et quantité d'informations sur chacun des supports, niveau hiérarchique) et à d'autres facteurs qui leur sont propres (notamment leurs prérequis).

Quelques hypothèses pour expliquer la sélection drastique des informations mise en œuvre par les étudiants ont pu être étayées à partir du point de vue des étudiants sur le processus et le produit de leur PDN (cf. point 9.1). Des difficultés temporelles liées aux stratégies d'enseignement ainsi que des difficultés liées à la complexité du contenu ont été épinglées : rythme très soutenu de la parole, de l'écriture au tableau, du passage des diapositives, quantité très abondante d'informations écrites et orales délivrées en même temps, matière basée sur des prérequis non acquis, matière enseignée ardue du point de vue de la compréhension, complexité des divers modes de représentation à noter (graphiques, schémas, modèles moléculaires...). De plus, les étudiants semblent disposer de représentations non appropriées de la prise de notes. Ils pensent que recopier les supports écrits et noter quelques informations orales complémentaires permettent de se constituer des

notes correctes et complètes. Par ailleurs, des difficultés d'ordre cognitif, linguistique et affectif ont été suggérées pour expliquer l'absence de retraitement du message lors de la prise de notes (*cf.* point 9.2).

La seconde analyse (*cf.* partie II) s'est focalisée sur les actions pédagogiques ainsi que sur les acquis des étudiants au terme de la leçon en tant que reflet de la qualité de la communication. Six cours magistraux ont été analysés à travers le prisme des trois niveaux de savoir en chimie.

L'analyse révèle que les allers-retours entre les trois niveaux de savoir sont omniprésents. Pourtant, les actions pédagogiques, telles que l'identification et l'explicitation d'un niveau de savoir, l'établissement et l'explicitation des liens entre les niveaux, sont très peu nombreuses. Les professeurs agissent comme si ces compétences faisaient partie du bagage des étudiants *primo* inscrits. Or, l'analyse des acquis des étudiants à l'aide de leurs notes au terme des cours magistraux montre que la majorité des étudiants ne maîtrise ni l'identification d'un niveau de savoir ni l'établissement des liens entre ces niveaux de savoir pour les concepts clés abordés (solubilité, saturation d'une solution, spontanéité d'un processus...). Ces constats expliquent, probablement en partie, les faibles performances des étudiants aux questions portant sur la matière, pourtant jugées basiques et essentielles par les enseignants, puisque cette démarche constitue une condition favorable à une compréhension en profondeur des concepts de base en chimie (Houart *et al.*, 2008).

Que pouvons-nous déduire à propos de la communication pédagogique à la lumière de ces résultats ?

Dans le cadre des huit cours magistraux analysés, plusieurs éléments du message n'ont pas été reçus⁶¹ par les étudiants. À ce stade, il faudrait probablement nuancer nos propos. Plusieurs éléments du message ont peut-être été reçus temporairement par les récepteurs et ont transité par leur mémoire à court terme, dont le temps de rétention, rappelons-le, n'est que de quelques secondes (Lieury, 2005). Mais, ces éléments, puisqu'ils n'ont pas été notés et n'ont pas pu être restitués lors de la mesure de leurs acquis immédiats, n'ont probablement pas été intégrés dans leur mémoire à long terme. En conséquence, en vue de l'examen en fin d'année, les étudiants doivent retrouver à domicile, par leurs propres moyens, les explications qui rendent leurs notes et les supports écrits suffisamment complets pour répondre aux questions des professeurs. Ce temps, consacré à améliorer leurs supports pour l'étude et à comprendre

⁶¹ Au sens de notre définition de la communication (*cf.* chapitre 2).

les concepts clés, n'est dès lors plus disponible pour d'autres tâches (réaliser des exercices, établir des liens entre les différents chapitres, entre le cours, les séances d'exercices et les travaux de laboratoire, s'entraîner à répondre à des questions d'examen, synthétiser, prendre du recul par rapport à ces stratégies d'apprentissage, mémoriser...). Or, on sait que le temps à l'université est une denrée particulièrement rare...

Nous avons déterminé que la pierre d'achoppement de la communication pédagogique correspond surtout au message transmis oralement. Or, l'essence d'un cours magistral repose surtout sur les explications orales puisque les supports écrits, comme les diapositives, pourraient facilement être mis à la disposition des étudiants.

Un cours magistral devrait donc, en toute logique, comme nous l'écrivions dans l'introduction, constituer un moment propice à l'apprentissage et être organisé de telle manière que les étudiants bénéficient d'une valeur ajoutée par rapport aux supports écrits. La valeur ajoutée actuellement est probablement de l'ordre d'un premier contact avec la matière, d'une perception plus ou moins précise de la manière dont le professeur l'envisage et d'une compréhension partielle d'éléments notionnels. Mais les notes ne sont pas complètes et les notions de base ne sont pas maîtrisées par la majorité des étudiants au terme du cours magistral. De ce point de vue, la communication pédagogique n'a pas été optimale pour les huit cours magistraux.

Par ailleurs, la relation entre la qualité des notes des étudiants et leur performance à l'examen de chimie en juin a été explorée (*cf.* partie III). Il en ressort une énorme disparité dans la qualité des notes des étudiants, qu'ils réussissent ou échouent en chimie. Malgré cette hétérogénéité des notes, une différence significative a été épinglée. Les étudiants qui réussissent notent davantage d'informations à partir de l'énoncé oral du professeur que les autres.

À partir de l'ensemble de ces résultats, des implications pédagogiques pour les professeurs ont été proposées afin d'améliorer la communication dans les exposés oraux de chimie (*cf.* point 11.1 et chapitre 17).

Le professeur pourrait adapter les caractéristiques de la communication pour optimiser la PDN des étudiants. Plusieurs pistes pourraient être envisagées :

- fournir les informations essentielles sur un polycopié avant le cours magistral, notamment pour les schémas, les tableaux, les graphiques et *a fortiori* les modèles moléculaires ;

- ralentir le rythme lors de la représentation au tableau des différents modes de représentation, car dans certains cas, les réaliser sous les yeux et en même temps que les étudiants constitue un apprentissage intéressant ;
- interrompre les explications orales pendant la représentation de ces divers éléments au tableau et fournir les explications orales ultérieurement ou simplement les répéter, si le silence dérange ;
- veiller à positionner des informations essentielles à un niveau hiérarchique élevé et les transmettre *via* au moins un support écrit ;
- utiliser des déclencheurs explicites de la PDN et notamment expliquer ses exigences en utilisant les termes « question d'examen » ;
- plus largement, susciter la motivation liée à l'apprentissage en explicitant les liens entre la matière enseignée et les professions associées.

Deuxièmement, le professeur pourrait expliciter aux étudiants ses propres règles de fonctionnement. Cette démarche implique évidemment qu'il y ait réfléchi auparavant en répondant, par exemple, aux questions suivantes :

- quel est le statut de la parole du professeur par rapport au(x) supports écrit(s) ?
- quel est le statut des messages transmis lors des cours magistraux par rapport aux textes écrits (polycopiés, livre de référence) ?
- comment les étudiants doivent-ils gérer les textes et les supports écrits lors des cours magistraux du point de vue de la PDN ?

Idéalement ces aspects pourraient être expliqués après quelques heures de cours, le temps que les étudiants aient pu se familiariser avec la PDN dans leur nouveau contexte.

Troisièmement, le professeur pourrait mettre en œuvre des actions très concrètes pour améliorer la communication pédagogique en tenant compte des trois niveaux de savoir en chimie, en explicitant clairement et fréquemment le niveau du message (phénoménologique, moléculaire et symbolique) ainsi que les passages et les rapports dialectiques que ces niveaux entretiennent entre eux. Plusieurs actions peuvent être mises en œuvre :

- décrire les trois niveaux de savoir et leurs modes de représentation à partir d'une version simplifiée du modèle décrit dans le chapitre 4 (*cf.* figure 4.1 et 17.1) ;
- décrire le logo d'identification des niveaux (*cf.* figure 17.2) et l'intégrer dans les supports écrits (*cf.* figure 17.3) ;

- mettre en place des moments de « métasymbolisation » pour préciser la traduction de l'écriture symbolique utilisée et les pièges qui y sont associés, notamment pour les grandeurs et les unités nouvellement introduites dans le cours magistral ;
- établir des liens entre les différents niveaux sur les supports écrits (*cf.* figure 17.4) et oralement ;
- organiser des moments de « métamodélisation » pour mettre en évidence les limites des modèles exploités et les rapports dialectiques entre ces modèles et la notion correspondante présentée dans d'autres niveaux de savoir (phénoménologique ou symbolique).

Des activités à mettre en œuvre auprès des étudiants par les accompagnateurs méthodologiques afin de développer la compétence PDN lors d'un cours magistral ont également été décrites (*cf.* point 11.2 et chapitre 23).

Compte tenu de l'absence de relation évidente entre la qualité des notes des étudiants et la réussite à l'examen de juin (*cf.* partie III), il s'agit avant tout de relativiser l'importance de la maîtrise de cette compétence auprès des étudiants. Quoi qu'il en soit, ce discours peut être nuancé en précisant l'apport positif des notes qui contiennent de nombreuses explications orales du professeur en termes de gain de temps et d'énergie ainsi que le lien avec la réussite. À partir de cette introduction, le développement de la compétence peut faire l'objet de nombreuses activités.

Afin de contextualiser le développement de cette compétence, l'exercice de PDN se déroule soit lors d'un cours magistral réel, soit sur la base d'extraits filmés d'un cours magistral faisant partie du cursus des étudiants.

Ensuite, les étudiants sont invités à répondre à des questions basées sur ce que le professeur a expliqué oralement. Ainsi une prise de conscience de la nécessité de noter ces explications peut être suscitée, en particulier, celles qui concernent les divers modes de représentations (graphiques, schémas, tableaux, modèles moléculaires et écriture symbolique).

Lors d'une autre activité, visant l'autoévaluation du caractère complet des notes, les notes de l'accompagnateur méthodologique à propos du cours magistral sont fournies aux étudiants pour qu'ils puissent les confronter aux leurs.

Ensuite, sur la base d'un autre exercice, les stratégies de PDN de chaque étudiant sont répertoriées et discutées. De cette manière, la métacognition qui constitue une facette favorable à l'apprentissage de méthodes est entraînée.

Enfin, à l'occasion du visionnement des extraits filmés du cours magistral, la structure et les caractéristiques d'un cours magistral sont mises en évidence avec les étudiants.

Par ailleurs, d'autres retombées de ce travail doctoral peuvent être mentionnées. Premièrement, une méthodologie pour analyser la communication pédagogique lors d'un cours magistral constitue un produit de cette étude (*cf.* chapitre 7). Elle a abouti à la conception de grilles d'observation des notes (*cf.* tableau 7.5) ainsi que de tableaux d'analyse (*cf.* tableau 7.6). Ces tableaux conçus dans Excel comprennent trois parties. La première décrit les caractéristiques de la communication, la deuxième comprend les différents messages sources mis en parallèle et la troisième correspond aux quatre descripteurs des notes des étudiants (l'ampleur, la fidélité sémantique, la pertinence et le choix du canal). Ces tableaux permettent ensuite divers traitements pour répondre aux questions des liens entre les caractéristiques de la communication et la qualité des notes des étudiants.

Deuxièmement, l'analyse minutieuse des cours magistraux de chimie analysés a permis de dresser une description des principales caractéristiques de ceux-ci (*cf.* chapitres 4 et 6). Il s'agit évidemment de résultats contextualisés qu'il conviendrait d'étendre mais qui constituent cependant une description de quelques cours magistraux en sciences. Cette description comprend différentes facettes qui constituent autant de repères pour analyser un cours magistral.

Les enseignants exploitent un ou deux supports écrits et fournissent en parallèle de nombreuses explications orales à propos de la matière et des messages transmis *via* ces supports écrits. Le symbolisme, notamment, est traduit oralement, les modèles moléculaires et les différents modes de représentation (graphiques, tableaux, schémas...) sont expliqués simultanément à leur (re)présentation au tableau ou sur diapositive de type PowerPoint.

Le rythme de l'énoncé oral (1,2 à 2 mots par seconde) est inférieur à celui d'un conférencier, probablement en raison de la visée pédagogique et de l'écriture simultanée et soutenue sur un support écrit (*cf.* point 6.1.2.1).

L'énoncé oral est organisé en deux niveaux. Les données notionnelles qui correspondent à la matière enseignée et les commentaires phatiques et métalinguistiques. Dans le cadre d'une communication asymétrique, puisque le professeur est quasi le seul à parler, les

commentaires phatiques permettent au professeur d'entretenir un contact avec les étudiants. Les commentaires métalinguistiques, quant à eux, fournissent des informations sur le statut des données notionnelles ou plus généralement sur ce qui est dit. Ces commentaires phatiques et métalinguistiques correspondent à un quart ou un tiers du message oral selon les contextes. Ils allègent donc le cours magistral, constituent des pauses entre les données notionnelles à noter que les étudiants peuvent exploiter pour améliorer leur PDN (*cf.* point 6.1.1).

Comme nous l'avons déjà mentionné ci-dessus, les professeurs effectuent de très nombreux passages entre les trois niveaux de savoir en chimie (en moyenne de 1 à 2,6 changements de niveau par minute). Cependant, l'identification et l'explicitation des niveaux de savoir, l'établissement et l'explicitation des liens entre les niveaux sont quasi absents des interventions pédagogiques des enseignants (en moyenne, 0,005 par minute) (*cf.* points 14.1 et 14.2).

Troisièmement, un modèle des trois niveaux de savoir en chimie et leurs modes de représentation (*cf.* chapitre 4) a été minutieusement décrit et abondamment illustré. Des enjeux didactiques liés à son exploitation en classe ont été présentés. L'ensemble du chapitre 4 pourrait donc être exploité dans les cours de chimie de l'enseignement secondaire, dans les Départements pédagogiques des Hautes Écoles et dans les cours d'agrégation à l'université.

Enfin, une approche très modeste (basée sur une interview) a été effectuée pour esquisser la mise en évidence de l'apport de la participation des professeurs à des recherches à caractère pédagogique pour leur développement professionnel (*cf.* postface).

25 Analyse critique de la méthodologie

La recherche que nous avons menée est évidemment de nature exploratoire. Elle est circonscrite à une analyse qualitative, mais quantifiée, de quelques cas, situés dans des cours magistraux de chimie générale, dans deux universités. Les résultats doivent donc être envisagés avec prudence. Il ne s'agit dès lors pas de prescrire de manière générale les actions pédagogiques telles que celles suggérées dans ce travail. Cependant des pistes pédagogiques ont été développées et les différentes étapes méthodologiques élaborées dans le cadre de notre thèse sont disponibles pour répondre aux questions que les enseignants se poseraient sur la

communication pédagogique au sein de leurs propres cours magistraux, sur les caractéristiques de leur message et sur la qualité des notes de leurs étudiants.

Vu le caractère innovant et exploratoire de notre thèse, nous portons un regard critique sur les différentes méthodologies mises au point. Plusieurs aspects ont été considérés.

Dans la première partie, les caractéristiques retenues pour décrire le message transmis par l'enseignant ont été celles décrites dans les études menées à propos des cours magistraux et de la PDN. Ces caractéristiques, au nombre de sept, nous paraissent *a posteriori* trop nombreuses en regard du volume du message analysé. En effet, certaines caractéristiques étaient trop peu représentées dans les extraits sélectionnés ou dans l'ensemble des cours magistraux analysés. C'est le cas, par exemple, pour les reprises (répétition et reformulation) dans nos deux recueils de données et pour les indices déclencheurs et inhibiteurs de la PDN.

Par ailleurs, la subdivision que nous avons réalisée pour le niveau hiérarchique s'est avérée trop fine. Nous avons créé cinq niveaux (titre, unité majeure, unité conceptuelle, unité de base et sous-unité de base) dont certains comprenaient trop peu d'unités sémantiques dans les extraits sélectionnés pour permettre une analyse fiable, c'est-à-dire une comparaison avec un nombre suffisant d'unités de sens ayant les mêmes autres caractéristiques.

Ces choix initiaux ont cependant permis de mettre au point une méthodologie qui pourrait être exploitée dans d'autres contextes en évitant ainsi les limites imposées par le nôtre. À ce titre, comme nous l'avons déjà mentionné, nous avons délibérément décidé de conserver les sept caractéristiques et les cinq niveaux hiérarchiques.

Dans un autre registre, à mi-parcours, nous avons regretté d'avoir codé l'ampleur des notes des étudiants en trois catégories seulement. Nous pensions que nous aurions dû distinguer les unités de sens notées de manière adaptée et celles notées de manière partielle. En conséquence, lors de l'encodage des 18 grilles d'observation de notre second recueil de données, nous avons tenté d'affiner ce codage. Mais nous nous sommes vite rendu compte que, dès qu'une distinction est envisagée entre des notes partielles et adaptées, de très nombreuses catégories sont à prendre en compte : les notes de l'étudiant peuvent être adaptées, retraitées, abrégées ; elles peuvent être à la fois adaptées et retraitées... Bref, nous avons choisi de poursuivre le codage initial en pensant que dans le cadre d'une autre recherche à propos des cours magistraux de chimie générale, il serait utile de s'intéresser à la manière dont les étudiants traitent l'information avant de la noter, même si cela concerne peu d'éléments du message et très peu d'étudiants.

En cours de travail, nous nous sommes souvent interrogée sur l'incidence du découpage du message en unités de sens plus ou moins longues sur les résultats. Il ressort que le fait de baser les résultats sur des proportions et non des nombres absolus inhibe l'influence du nombre d'unités sémantiques créés lors du découpage pour l'ampleur, la fidélité, la pertinence et le canal choisi pour noter. En revanche, comme cela a été mentionné (*cf.* point 8.2.3), un découpage en plus petites unités pour les unités de sens volumineuses de l'énoncé oral aurait probablement augmenté l'ampleur maximale. Toutefois peu d'unités de sens étaient concernées (5%) et les résultats globaux qui ont été présentés à propos de l'ampleur maximale restent donc parfaitement valables.

Malgré ces critiques, les différentes étapes méthodologiques que nous avons créées de toutes pièces présentent de nombreux avantages. La facette du recueil de données qui implique la participation du professeur et des étudiants est relativement rapide (la conception du questionnaire avec l'enseignant pendant environ trois heures, une ou deux séances de cours filmées, une leçon consacrée au questionnaire, un entretien avec l'enseignant d'environ une heure, le prêt des notes de cours pendant deux heures). Ces considérations organisationnelles devraient faciliter l'adhésion des professeurs à de telles recherches pédagogiques, à condition bien sûr de mettre en évidence les bénéfices qui pourraient en résulter. Si l'encodage du message et des notes constitue la plus longue et ardue des opérations, les grilles d'observation et les tableaux d'analyse qu'elles engendrent offrent l'énorme avantage de recenser l'ensemble des informations nécessaires aux traitements ultérieurs. En outre, le logiciel Excel utilisé pour concevoir ces grilles et tableaux permet de nombreux traitements aisés : tri, suppression ou modification de données en cascade ; calcul de moyenne, d'écart-type, de proportion ; corrélation linéaire...

Enfin, les résultats de la recherche débouchent sur des actions concrètes tant dans le chef des professeurs que dans celui des accompagnateurs pédagogiques. *In fine*, les étudiants en sont doublement bénéficiaires. De plus, nous avons maintes fois remarqué que des stratégies d'apprentissage discutées avec les étudiants et basées sur des recherches auxquelles leurs propres enseignants et leur accompagnateur méthodologique ont participé sont nettement plus crédibles à leurs yeux que des conseils non fondés sur de telles recherches.

Dans la deuxième partie de notre thèse, nous avons méticuleusement analysé les caractéristiques du message oral transmis par l'enseignant en fonction de nos questions de recherche. Sur la base du message oral, nous avons comptabilisé les changements de niveau de savoir, l'identification et l'explicitation d'un niveau, l'établissement de liens entre les

niveaux... Par la suite, nous avons constaté qu'il arrive que le professeur parle en se situant à un niveau de savoir, alors qu'en parallèle le support écrit traite un autre niveau de savoir. Nous avons ensuite comptabilisé les mêmes « actions » pédagogiques à partir des supports écrits, mais lors de la première année du projet FNRS, elles étaient quasi inexistantes. Pour la seconde année de notre projet, nous pensons qu'une nouvelle méthodologie devrait être inventée pour combiner l'ensemble du message. Cela permettrait de faire apparaître toute la complexité de l'enchevêtrement des niveaux de savoir et des passages de l'un à l'autre, que nous n'avions pas soupçonnée au départ.

La conception des questionnaires n'a pas été une étape facile à réaliser. Nous devions, sans avoir suivi les cours magistraux, y intégrer des questions que les professeurs considéraient comme essentielles et des questions en lien avec les niveaux de savoir de la chimie. *A posteriori*, nous aurions souhaité poser davantage de questions sur les niveaux de savoir et l'établissement des liens entre eux. Cette étape sera très largement facilitée pour le second projet FNRS qui dérive de notre thèse. En effet, pour deux des trois questionnaires à concevoir, la matière sera celle traitée dans le projet FNRS sur les niveaux de savoir en chimie. Nous avons dès lors déjà suivi les cours magistraux à deux reprises. Il s'agit là d'un réel bénéfice lié à la continuité de deux recherches dans le même domaine.

Enfin, dans la troisième partie, nous avons déjà évoqué (*cf.* chapitre 22) les limites du choix de nos descripteurs pour répondre de manière tranchée et détaillée à la question du lien entre les notes des étudiants et leur performance à l'examen de chimie.

26 Perspectives en termes de recherche

Les perspectives en termes de recherche sont multiples. De nombreux axes peuvent être explorés tant en didactique de la chimie, en pédagogie universitaire que dans le domaine de la formation continuée.

En didactique de la chimie, des recherches ultérieures pourraient s'intéresser au langage naturel et plus particulièrement aux nombreux implicites présents dans les exposés de chimie

à l'université. En effet certains implicites sont source de difficulté en chimie pour de nombreux étudiants (*cf.* point 4.7). Quels sont les implicites qui constituent des obstacles à l'apprentissage et à la compréhension des étudiants ? Quelle est leur nature (s'agit-il d'une omission d'un ou plusieurs mots, d'un lien entre deux niveaux de savoir non établi, d'une attribution de sens à une écriture conventionnelle non réalisée...) ? Quelle est leur origine (implicites liés à l'utilisation d'un langage spécifique à la chimie, implicites faisant référence à des notions considérées comme prérequis, implicites liés à l'utilisation de conventions...) ? Quelle est leur incidence sur l'apprentissage (facilitent-ils ou entravent-ils la compréhension en chimie) ?

Dans l'optique de l'étude du langage naturel, mais centré sur les étudiants, de futures recherches pourraient explorer les difficultés qu'éprouvent les étudiants entrants à l'université à manipuler les mots spécifiques et les éléments du code propre à la chimie. Quelles sont les difficultés récurrentes ? Sont-elles d'ordre purement linguistique ou tributaires de la compréhension des concepts ? Comment gérer ces difficultés en tant qu'enseignant ?

De nouvelles recherches pourraient également s'intéresser à la maîtrise par les étudiants *primo* inscrits des divers modes de représentation exploités dans les cours magistraux de première année en chimie. Quels sont les modes de représentation maîtrisés ? Lesquels ne le sont pas ? À partir de quel niveau de difficulté les étudiants ne sont-ils plus aptes à lire un graphique, un tableau, un modèle moléculaire ?

Ensuite, afin de dépasser les limites imposées par notre étude, les caractéristiques telles que les reprises, les déclencheurs et les inhibiteurs explicites et implicites de la PDN pourraient être étudiées. Leur lien avec les descripteurs des notes des étudiants pourrait être décrit en se basant sur des extraits de cours magistraux qui recensent suffisamment d'unités de sens ayant ces caractéristiques.

Par ailleurs, l'ensemble des étapes méthodologiques mises au point dans la première partie de ce travail pourrait être exploité pour répondre à des questions précises à propos de la communication pédagogique dans le cadre de cours magistraux, dans d'autres contextes que ceux analysés dans notre thèse. En particulier, tous les cours dans lesquels différents niveaux de savoir coexistent et divers modes de représentation sont exploités comme la biologie, la physique, les mathématiques mais également les sciences économiques...

En pédagogie universitaire, de nouvelles recherches pourraient également étudier la manière dont les étudiants traitent l'information avant de la noter. Quelles sont les stratégies

déployées ? La maîtrise de quelles compétences linguistiques ces stratégies imposent-elles ? Dans quelles conditions les étudiants sont-ils capables de retraiter l'information pendant le cours magistral, lors de la PDN ? Comment le professeur pourrait-il les y aider ? Quel serait l'impact sur leur performance à court terme ?

Enfin, à partir du point de vue de l'enseignant présenté dans la postface, nous avons montré que cette thèse a aussi été l'occasion d'accompagner des enseignants dans leur développement professionnel. Des recherches pourraient également être menées dans un tout autre axe, celui de la formation continuée. Le contexte singulier de combiner recherche, accompagnement des étudiants et soutien des enseignements mériterait d'être exploré. Quelles sont les actions, les attitudes et les postures de l'accompagnateur qui favorisent le développement professionnel ? Quelles sont celles qui l'entravent ? Quelles sont les synergies développées grâce à ce type d'articulation ? À quel(s) modèle(s) ce type d'accompagnement s'apparente-t-il ? Quels sont les obstacles et les difficultés majeures ? De nombreux modèles, notamment ceux présentés par Poumay (2006) et Frenay (2007), lors du séminaire BSQF⁶² sur le métier d'accompagnement des professeurs d'université, en mai 2008, permettraient déjà de débroussailler le terrain.

En conclusion, cette thèse a posé des jalons méthodologiques et a permis d'établir des constats qui pourraient servir de base pour construire et alimenter des recherches-actions futures.

⁶² Belgique, Suisse, Québec et France

Postface

D'une recherche en didactique de la chimie au développement professionnel des enseignants

Introduction

Une brève synthèse du point de vue de l'enseignant le plus impliqué dans cette recherche doctorale⁶³ et présentée ci-dessous vise à compléter l'information et à ouvrir d'éventuelles pistes vers de nouvelles recherches.

Comment l'enseignant qui a participé au premier recueil de données de notre thèse ainsi qu'aux deux projets FNRS perçoit-il ces recherches pédagogiques ? Quelles relations ce professeur établit-il entre ces recherches et son développement professionnel ?

Afin d'esquisser quelques réponses à ces questions, nous avons interviewé le professeur pendant environ une heure. Ensuite, l'interview enregistrée 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

D'entrée de jeu, le professeur rappelle le contexte particulier de sa participation aux différentes recherches en pédagogie. Le début de sa carrière de professeur d'université et son implication dans les expériences pédagogiques liées à notre thèse ont coïncidé. Il reconnaît que ce contexte était particulièrement favorable parce qu'il était réceptif aux conseils et qu'il n'était encore installé dans aucune routine.

Il précise qu'il est difficile d'envisager ce qu'aurait été son développement professionnel sans cette participation. 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

⁶³ Il s'agit du professeur qui a accepté de participer au recueil de données dans le cadre de notre thèse et qui, en sus, est le promoteur des deux recherches pédagogiques financées par le FNRS.

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

1. Apports pédagogiques

Le professeur explique que les apports dont il a pu bénéficier grâce aux recherches pédagogiques concernent uniquement le contexte particulier des cours magistraux, de première année, dans des grands groupes. Il souligne qu'il n'y a pas lieu d'opérer des transferts dans ses autres contextes d'enseignement, par exemple, dans d'autres années d'étude.

Il 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 et leur difficulté face aux implicites ;
- 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 ;
- une prise de conscience de l'utilité d'expliquer certaines notions jugées à tort comme prérequis.

2. Actions ayant contribué au développement professionnel

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

- lire et commenter les projets de recherche ;
- lire et commenter les rapports de recherche ;
- lire et commenter les chapitres de la thèse ;
- lire et commenter les articles liés aux recherches pédagogiques ;
- échanger avec le professeur partenaire d'une autre université, lors des réunions du projet FNRS ;
- échanger des supports pédagogiques (notamment de courtes vidéos) avec le professeur partenaire d'une autre université ;

- échanger avec les chercheurs ;
- modifier les supports pédagogiques (diapositives) en collaboration avec les chercheurs.

3. Modifications concrètes dans les cours magistraux

Le professeur explique globalement qu'il a modifié la manière dont il aborde l'enseignement. Il exemplifie 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 et prévenir les étudiants lors de passages épineux d'un niveau de savoir à un autre ;
- expliquer des notions jugées comme prérequis alors qu'auparavant il pensait qu'expliquer certaines notions élémentaires lui ferait perdre de la crédibilité auprès des étudiants.

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. »*.

4. Difficultés et limites

Le professeur déplore, mais de manière très nuancée, le vocabulaire spécifique utilisé dans le cadre des recherches en pédagogie auxquelles il a été associé. Ce vocabulaire utilisé dans les écrits et dans les discussions entre « pédagogues » n'est pas toujours compréhensible par des professeurs d'université qui, il le rappelle, n'ont pas nécessairement de formation pédagogique. Ce vocabulaire spécifique ne semble pas le gêner, mais d'après lui ne contribue en tout cas pas à son développement professionnel : *« Le vocabulaire pédagogique utilisé dans les rapports et les articles ou dans les échanges entre le copromoteur « pédagogique » et les chercheurs n'est pas essentiel à ma profession de professeur. C'est un plus mais c'est un registre dans lequel je ne me sens pas toujours très à l'aise. De plus ça ne me permet pas, moi, d'acquérir ce vocabulaire, je n'en ai ni le temps ni l'envie. »*.

Enfin, le professeur déplore que l'enseignement soit la facette de son métier la moins « valorisable ». Il précise également que c'est la moins objectivable et quantifiable. Cela joue en défaveur d'un investissement dans ce domaine puisque les autres facettes sont infiniment monopolisantes : « *On est surchargé, donc il faut mettre l'enseignement en priorité sinon on ne le fait pas.* ».

Références

A

- Adam, J. M. (1990). *Éléments de linguistique textuelle*. Liège : Mardaga.
- Adam, J. M. (1992). *Les textes : types et prototypes. Récit, description, argumentation, explicitation et dialogue*. Paris : Nathan.
- Adam, J. M. (2000). Analyse des discours et interdisciplinarité. In P. Perrig-Chiello & F. Darbellay (Eds) *Interdisciplinarité, enseignement et communication*, Working Report 1, Institut Universitaire Kurt Bösch.
- Arnaud, P. (1988). Forme et fonctions des éléments figuratifs dans la littérature didactique en chimie. *Bulletin de Psychologie*, Tome XLI n° 386.
- Astolfi, J. P. Peterfalvi, B. (1993). Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales. *Aster*, 16, p. 103-141, Paris : INRP.
- Astolfi, J-P., Darot, E., Ginsburger-Vogel, Y., Toussaint, J., (1997). *Mots clés de la didactique des sciences*. Paris-Bruxelles : De Boeck.
- Astolfi, J-P., Darot, E., Ginsburger-Vogel, Y., Toussaint, J. (1997). *Pratiques de formation en didactique des sciences*. Paris-Bruxelles : De Boeck.

B

- Barbier, M. L., Faraco, M., Piolat, A. (2002). A comparison between L1 and L2 note-taking in undergraduate students. In G. Rijlaarsdam (Series Ed.), *Studies in Writing*, & S. Ransdell, & M. L. Barbier (Volume, Eds), *New Directions for Research in L2 Writing*. Dordrecht : Kluwer Academic Publishers.
- Barbier, M. L., Faraco, M., Piolat, A., Roussey, J. Y., Kida, T. (2003). Comparaison de la prise de notes d'étudiants japonais et espagnol dans leur langue native et en français L2. *Arob@se* 7, 1-2, p. 180-203.
- Bardin, L. (1983). *L'analyse de contenu*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Barlet, R. (1993). La dualité microscopique-macroscopique en chimie, difficultés et enjeux didactiques. Actes 1^o ECRIRE, 9^o JIREC, Montpellier 25-28 août 1992. *Bulletin du CIFEC*, p. 63-67.
- Barlet, R. (1999). L'espace épistémologique et didactique de la chimie. *Bulletin de l'union de physiciens*, 817, cahier, 1.
- 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, Enseignants et élèves face aux obstacles, p. 143-174, Paris : INRP.
- Barlet, R., Mastrot, G. (2000). L'algorithmisation-refuge, obstacle à la conceptualisation. L'exemple de la thermochimie en 1^{er} cycle universitaire. *Didaskalia*, 17, p. 123-160.
- Beaufils, D. (1998). Vingt années de thèses en didactique de la physique et de la chimie. *Aster*, 27, p. 23-43, Paris : INRP.

- Ben-Zvi, R., Eylon, B., Silberstein, J. (1987). Students Visualisation of a Chemical Reaction. *Education in Chemistry*, p. 117-120.
- Ben-Zvi, R., Eylon, B., Silberstein, J. (1988). Theories, Principles and Laws. *Education in Chemistry*, p. 89-92.
- Biemar, S., Philippe, M. C., Romainville, M. (2003). L'injonction au projet : paradoxale et infondée ? Approche longitudinale du choix d'études supérieures. *L'orientation scolaire et professionnelle*, 32, issue 1, p. 31-51.
- Boch, F. (1998). Les pratiques de réécriture dans l'enseignement supérieur. *Lidil*, 17, p. 57-64.
- Boch, F. (2000). Prise de notes et écriture conceptuelle à l'université. *Pratiques*, 105-106, p. 137-155.
- Boch, F., Tutin, A., Grossmann, F. (2003). Analyse de textes réécrits à partir de prises de notes. Intérêt de la méthode RST (Rhetorical Structure Theory). *Arob@se*, 7, 1-2, p. 30-46.
- Bouchard, R., Parpette, C., Pochard, J. C. (2003). Le cours magistral et son double, le photocopié : relations et problématique de réception en L2. *Cahiers du Français Contemporain*.
- Bouillaguet, A., Robert, A. D. (2002). *L'analyse de contenu*. 2e édition, Paris : Presses Universitaires de France.
- Branca-Rosoff, S. (2006). Littératie et prise de notes. Le primat de la fonction iconique. *Pratiques*, p. 131-132.
- Branca-Rosoff, S., Doggen, J. (2003). Le rôle des indices déclencheurs et inhibiteurs dans les prises de notes des étudiants. Quelques contrastes entre scripteurs « français » et « étrangers ». *Arob@se* 7, 1-2, p. 152-166.
- Buty, C. (2000). Étude d'un apprentissage dans une séquence d'enseignement en optique géométrique. Thèse de doctorat, Université Lumière Lyon 2.

C

- Canivet, I., Lecocq, P., Ledru, C., Sisaire, P. (1986). La prise de notes. Induction ou traitement ? *Cahiers de psychologie cognitive*, 63, p. 303-318.
- 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.
- Cobut, B., Coupremagne, M., Delhaxhe, M., Dubois, P., Goemaere, S., Noël, B., Houart, M., Pollet, M. C., Salmon, D., Slosse, P. (2006). L'accompagnement pédagogique des étudiants dans l'enseignement supérieur : conditions, actions et questions sur les critères de qualité. Comment développer des actions d'accompagnement pédagogique ? Texte du 23^e colloque de l'AIPU. Monastir.
- Coirier, P., Gaonach, D., Passerault, J. M. (1996). *Psycholinguistique textuelle*. Paris : Armand Colin.

D

- Dacheux, E. (2000). *Vaincre l'indifférence : l'émergence d'un espace public européen*. Paris : CNRS Éditions.
- Davous, D., Feore, M. C., Fort, L., Lévêque, T., Mauhourat, M. B., Perchard, J. P., Jullien, L. (1999). Le nouveau programme de la classe de seconde. Transformation chimique d'un système. Le modèle de la réaction chimique. Bulletin de l'union de physiciens, 817, cahier, 1.
- de Gaulmyn, M. M. (1999). Les techniques syntaxiques de reformulation : du plan écrit au cours magistral. BIDUL n°2 Bulletin Informatique de Didactique de l'Université Lumière : De l'oral à l'écrit, présentation orale d'un plan de cours – analyses et applications, Université Lyon 2.
- Dejean, K., Magoga, E., Donnay, J., Legros, G., Monballin, M., Romainville, M. (1999). Maîtrise langagière et échec en première candidature : document complémentaire au rapport intermédiaire : inventaire et analyse des difficultés langagières des étudiants.
- Doggen, J. (2005). Les reformulations dans les prises de notes des étudiants 'français' et 'étrangers'. Communication affichée lors du Colloque RRR Répétitions, Reprises et Reformulations tenu à l'Université Descartes, Paris V, les 1^{er} et 2 avril 2005.
- Doggen, J. (2007). Reformulations didactiques : effets sur la prise de notes d'étudiants francophones. Université de Paris III.
- Donnay, J., Charlier, E. (2008). *Apprendre par l'analyse de pratiques. Initiation au compagnonnage réflexif*, 2^e édition revue et augmentée. Namur : Presses universitaires de Namur.
- Droesbeke, J. J., Hecquet, I., Wattelar, C. (2001). *La population étudiante : description, évolution, perspectives*. Université de Bruxelles et Ellipses.
- Dubois, J. (1979). *Larousse de la langue française*. Paris : Lexis.
- Dumon, A., Laugier, A. (2005). Mise en place de situations problèmes pour l'apprentissage de la stoechiométrie en classe de seconde : compte rendu d'innovation. Didaskalia, 25, p. 117-142.
- Duval, R. (1995). *Sémiosis et pensée humaine*. Berne : Peter Lang.

E

- Eastes, R. E. (2006) La chimie : du solfège à la mélomanie. L'influence de l'enseignement de la chimie sur son image publique. L'actualité chimique, 297, p. 38-43.

F

- Faraco, M. (2002). Répétitions, acquisition et gestion de l'interaction sociale en classe de L2. Acquisition et Interaction en langue étrangère, Aile, 16.
- Faraco, M., Barbier, M. L., Piolat, A. (2002). A comparison between L1 and L2 note-taking in undergraduate students. In G. Rijlaarsdam (Series Ed.), Studies in Writing, & S. Ransdell, M. L. Barbier (Volume, Eds), New Directions for Research in L2 Writing p. 145-167, Dordrecht : Kluwer Academic Publishers.

- Faraco, M., Kida, T. (2003). Interaction entre prosodie didactique et prise de notes en L2. *Arob@se* 7, 1-2, p. 180-203.
- Faraco, M., Barbier, M. L., Falaise, A., Branca-Rosoff, S. (2003). Codage et traitement automatique de corpus pour l'étude des prises de notes en français langue première et langue seconde. *Arob@se* 7, 1-2, p. 97-117.
- Fillon, P. (1997). Des élèves dans un labyrinthe d'obstacles. *Aster*, 25, p. 113-141, Paris : INRP.
- Frenay, M., Noël, B., Parmentier, P., Romainville, M. (1998). *L'étudiant-apprenant*. Bruxelles : De Boeck.
- Frenay, M., Bédard, D., Rege Colet, N., Saroyan, A., Clement, M., Kolmos, A., Paul, J. J., Adangnikou, N., Taylor, L. (2007). Le projet FACDEV. Un cadre conceptuel pour comprendre, évaluer et pratiquer l'accompagnement pédagogique. 24^e congrès de l'AIPU. Montréal.

G

- Gabel, D. (1993). Use of the Particle Nature of Matter in Developing Conceptual Understanding. *Journal of Chemical Education*, 70, p. 193-194.
- Gabel, D. (1998). The complexity of chemistry and implications for teaching. In B.J. Fraser & K.G. Tobin (Eds), *International handbook of science education*, p. 233-249, Great Britain : Kluwer Academic Press.
- Galand, B., Neuville, S., Frenay, M. (2005). L'échec à l'université en Communauté française de Belgique. *Les Cahiers de Recherche en Éducation et Formation*, 39.
- Gilbert, J. (1993). *Models & modelling in Science Education*, The Association for Science Education, Hartfield : UK.
- Giordan, A., de Vecchi, G. (1987). *Les origines du savoir : des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques*. Neuchâtel : Delahaux et Niestlé.
- Giordan, A., de Vecchi, G. (1994). *L'enseignement scientifique : Comment faire pour que ça marche ?* Nice : Z' Éditions.
- Guichard, J. (1992). Réactions à propos de la modélisation. In *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*, p. 79-84, Paris : INRP.

H

- Hall, T. E. (1978). *La Dimension Cachée*. (Traduit par A. Petita). Seuil.
- Herron, J. D. (1975). Piaget for Chemists : Explaining what « good » students cannot understand. *Journal of Chemical Education*, 52, p. 146-150.
- Herron, J. D. (1996). *The Chemistry Classroom, Formulas for Successful Teaching*. Washington D.C. : American Chemical Society.
- Henry, S. (2001). Études quantitatives des répétitions marquées du travail de formulation en français oral spontané. D.E.A., Université de Provence : Aix-Marseille 1.
- Houart, M., Reniers, F., Romainville, M., Warzée, N., Wouters, J. (2007). La communication pédagogique dans les exposés de chimie à l'université. Mesure des effets sur l'apprentissage des étudiants. Recherche FNRS. Rapport intermédiaire.

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

Houart, M., Reniers, F., Romainville, M., Warzée, N., Wouters, J. La communication pédagogique dans les exposés de chimie à l'université. L'actualité chimique, soumis en avril 2009.

J

Jakobson, R. (1963). *Essais de linguistique générale*. Tome I : les fondations du langage. Paris : Éditions de minuit.

Johnstone, A. H. (1991). Thinking about Thinking. International Newsletter on Chemical Education, 36, p. 7-11.

K

Kiewra, K. A., Frank, B. M. (1988). Encoding and external storage effects of personal lecture notes, skeletal notes and detailed notes for field-independent and field-dependent learners. Journal of Educational Research, 81, p. 144-148.

Kozma, R., Chin, E., Russel, J., Marx, N. (2000). The roles of representations and tools in the chemistry laboratory and their implications for chemistry learning. The Journal of the Learning Sciences, 2, p. 105-143.

L

Lamazou, M., Bergounhou, C., Brost, M. (1999). Vers une utilisation rationnelle de l'équation chimique. Bulletin de l'Union des Physiciens, 92, p. 1643.

Larcher, C. (1994). Point de vue à propos des équilibres chimiques. Aster, 18, p. 57-62, Paris : INRP.

Larcher, C. (1996). La physique et la chimie, sciences de modèles. Du monde réel aux connaissances scientifiques, en passant par la modélisation. In J. Toussaint (coord). *Didactique appliquée de la physique - chimie. Éléments de formation pour l'enseignement*, p. 160-178, Paris : Nathan Pédagogie.

Laugier, A. (1998). Les obstacles épistémologiques et la représentation de la transformation chimique. Thèse de doctorat en didactique de la chimie. Montpellier.

Le Maréchal, J. F. (1999). Design of Chemistry Labwork Activities Aiming at Teaching Basic Chemical Concepts. In Méheut M. and Rebmann G. (Eds), Theory, Methodology and Results of Research in Science Education. 4th ESERA Summer School, p. 68-81.

Le Maréchal, J. F., Bécu-Robinault, K. (2006). La simulation en chimie au sein du projet Microméga. Aster, 43, p. 81-108, Paris : INRP.

Lieury, A. (2005). *Psychologie de la mémoire: histoire, théories, expériences*. Paris : Dunod.

Lijnse, P.L., Licht, P., Waarlo, A. J., de Vos, W. (1990). Relating Macroscopic Phenomena to Microscopic Particles. Proceedings of Conference at Utrecht Centre for Science and Mathematics Education, University of Utrecht.

Lindberg-Risch, N., Kiewra, K. A. (1990). Content and form variations in note taking : Effects among junior high students. *Journal of Educational Psychology*, 83, p. 355-357.

M

Mahaffy, P. (2004). The Future Shape of Chemistry Education. *Chemistry Education : Research and Practice*, 5, p. 229-245.

Martinand, J. L. (1992). *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris : INRP.

Martinand, J. L. (1996). Introduction à la modélisation. Actes du séminaire des didactiques des disciplines technologiques. Cachan 1994-95, p. 126-138.

Meheut, M. (1982). Combustion et réaction chimique dans un enseignement destiné à des élèves de 6^e ; analyse d'une expérience d'enseignement comportant la présentation d'un modèle particulière. Étude des conceptions des élèves. Thèse de doctorat en didactique de la chimie. Paris VII.

Mills, I. M. (1993). *Quantities, units and symbols in physical chemistry*. Oxford : Blackwell.

Moles, A. (1981). *L'image communicationnelle et fonctionnelle*. Tournai : Casterman.

Montagné, M. (1992). Maîtrise de la pensée formelle par les étudiants de première année à l'université. Conséquences didactiques. Actes des séminaires du Laboratoire de Pédagogie Universitaire et de Didactique de la Chimie, 1990-1991, p. 61-74.

N

Neuville, S., Bourgeois, E., Frenay, M. (sous presse). *Task value, self-efficacy and goal orientations : impact on self-regulated learning, choice and performance among university students*. Special Issue 'Achievement motivation and scholastic performance'. *Psychologica Belgica*.

P

Parpette, C. (2002). Le cours magistral, un discours oralographique : effet de la prise de notes des étudiants sur la construction du discours de l'enseignant. In Gauthier, R. & Meggori, A. (Eds), Actes du Colloque Langages et significations : L'oralité dans l'écrit et réciproquement p. 261-266. Albi – juillet 2002.

Parpette, C., Bouchard, R. (2003). Gestion lexicale et prise de notes dans les cours magistraux. *Arob@se* 7, 1-2, p. 69-78.

Parpette, C., Royis, P. (2000). Le discours pédagogique : caractéristiques discursives et stratégies d'enseignement, *Les Mélanges du Centre de Recherche et d'Applications Pédagogiques en Langues*, 24, Université Nancy 2.

Pekdag, B., Le Maréchal, J. F. (2003a). Changement conceptuel et hyperfilm : cas de l'apprentissage des acides et des bases en classe de Première S. Journées de l'Ardist. Toulouse, octobre 2003.

- Pekdag, B., Le Maréchal, J. F. (2003b). Influence of the relations between picture and text of chemical education film on conceptual change. In Dusan Krnel (ed.), Proceedings of the Sixth Esera Summerschool (Radovljica, Slovenia, 25 -31 août 2002), Ljubljana, Universty of Ljublijana, Faculty of Education, p. 138-139.
- Pekdag, B., Le Maréchal, J. F. (2006). Influence de la nature du texte d'un film de chimie sur son utilisation par un apprenant. *Didaskalia*, 28, p. 55-84. Paris : INRP.
- Peraya, D. (1995). Vers une théorie des paratextes : images mentales et images matérielles. *Recherches en communication*, 4.
- Peraya, D., Nyssen, M. C. (1995). Les paratextes dans les manuels scolaires de biologie et d'économie, une étude comparative. *Cahiers de la Section des Sciences de l'Éducation, pratiques et théorie* 78.
- Piacenza, B., Roletta, E. (1994). Faut-il construire le concept de substance ? *Aster*, 18 p. 63-95, Paris : INRP.
- Piolat, A. (2001). *La prise de notes*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Piolat, A. (2003). La prise de notes : écriture de l'urgence. L'écriture dans tous ses états. Approche en sciences cognitives. Colloque 20 et 21 mai 2003. Université de Provence. Aix en Provence, France.
- Piolat, A., Péliissier, A. (1998). *La rédaction de textes. Approche cognitive*. Lausanne : Delachaux et Niestlé.
- Pirot, L., De Ketele, J. M. (2000). L'engagement académique de l'étudiant comme facteur de réussite à l'université Étude exploratoire menée dans deux facultés contrastées. *Revue des sciences de l'éducation*, 26, 2.
- Pochard, J. C. (1999). Métamorphoses discursives : du devoir dire au dire. *BIDUL n°2 Bulletin Informatique de Didactique de l'Université Lumière : De l'oral à l'écrit, présentation orale d'un plan de cours – analyses et applications*, Université Lumière Lyon 2.
- Pollet, M. C. (2001). *Pour une didactique des discours universitaires Étudiants et système de communication à l'université*. Bruxelles : De Boeck.
- Poumay M. (2006). L'accompagnement : une fonction multiforme, un contrat clair à établir d'emblée. Publication interne du LabSET (ULg).

Q

- Quivy, R., Van Campenhoudt, L. (1988). *Manuel de recherche en sciences sociales*. Paris : Bordas.

R

- Raynal, F., Rieunier, A. (1998). *Pédagogie : dictionnaire des concepts clés*. Collection Pédagogie/outils, Paris : ESF.
- Rey, B., Caffieaux, C., Compère, D., Lammé, A., Persenaire, E., Philippe, J., Wallenborn, G. (2004). Les caractéristiques des savoirs enseignés dans les universités et les hautes écoles. *Le Point sur la Recherche en Éducation*, 29, p. 21-48.

- Rickards, J. P., Fajen, B. R., Sullivan, Gillespie, J. F. (1997). Signaling, note-taking, and field independence-dependence in text comprehension and recall. *Journal of Educational Psychology*, 89, p. 508-517.
- Romainville, M. (2000a). *L'échec dans l'université de masse*. Paris : L'Harmattan.
- Romainville, M. (2000b). Savoir comment apprendre suffit-il à mieux apprendre ? In R. Pallascio, L. Lafortune (Eds), *Pour une pensée réflexive en éducation*, p. 71-86. Québec : Presses de l'Université du Québec.
- Romainville, M. (2001). La promotion de la réussite. Réseau 51. Revue interne des Facultés universitaires de Namur.
- Romainville, M., Noël, B. (1998). Les dispositifs d'accompagnement pédagogique au premier cycle. *Gestion de l'enseignement supérieur*, 10, p. 63-80.
- Romainville, M., Noël, B. (2003). Métacognition et apprentissage de la prise de notes à l'université. *Arob@se* 7, 1-2, p. 87-96.
- Romainville, M., Houart, M., Schmetz, R. (2006). Rapport final de la recherche « Explicitation des prérequis et mesure de leur maîtrise ». Publication interne Facultés universitaires de Namur. [<http://www.det.fundp.ac.be/spu/recherches/prerequis.pdf>].
- Roussey, J. Y., Piolat, A. (2003). Prendre des notes et apprendre. Effet du mode d'accès à l'information et de la méthode de prise de notes. *Arob@se* 7, 1-2, p. 47-68.
- Roux, M., Le Maréchal, J. F. (2003). Introducing dynamic equilibrium before static equilibrium by means of computer modelling. ESERA. Noordvijkerout (Hollande) August 2003.
- Royis, P., Parpette, C. (2000). Le dédoublement discursif dans le discours pédagogique, Changing landscapes in language and language pedagogy : text, orality and voice, CILT-AFLS.

S

- 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.
- Séjourné, A. (2001). 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.
- Sensevy, G., Santini, J. (2006). Modélisation : une approche épistémologique. *Aster*, 43, p. 163-188, Paris : INRP.
- Simon, D. (1998). Enseignement des modèles de la liaison chimique. *Didaskalia*, 12, p. 115-132.

T

- Tardif, J. (1992). *Pour un enseignement stratégique*. Montréal : Les éditions logiques.
- Tasker, R. (1998). The VisChem Project : Molecular Level Animations in Chemistry - Potential and Caution University of Western Sydney Nepean. [<http://science.uniserve.edu.au/newsletter/vol9/tasker.html>].

- Tiberghien, A. (1994). Modeling as a basis for analyzing teaching-learning situations. *Learning and Instruction*, 4, p. 71-87.
- Tiberghien, A., Buty, C., Le Maréchal, J. F. (2003). La modélisation, axe prioritaire d'une approche théorique sur les relations entre apprentissage et enseignement. Journées de l'Ardist. Toulouse, octobre 2003.
- Titsworth, B. S. (2001). The effects of teacher immediacy, use of organizational lecture cues, and students' note-taking on cognitive learning. *Communication Education*, 50, p. 283-297.
- Thinès, G., Lempereur, A. (1984). *Dictionnaire général des sciences humaines*. Louvain-La-Neuve : Ciaco éditeur.

V

- Vermaat, H., Kramers-Pals, H., Schank, P. (2003). The Use of Animations in Chemical Education. International Convention of the Association for Educational Communications and Technology; Anaheim, California, USA, October 22-26.
- Viau, R. (1994). *La motivation en contexte scolaire*. Saint-Laurent : De Boeck Université.
- Vince, J. (2000). Approches phénoménologiques et linguistiques des connaissances des élèves de 2^e 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.

W

- Wilmet, B., Dalcq, A. E., Englebert A., Uyttebrouck, E., van Raemdonck D. (1999) *Lire, comprendre, écrire le français scientifique*. Bruxelles : Édition De Boeck Université.
- Winkin, Y. (sous la direction de) (1981). *La nouvelle communication*. Paris : Éditions du Seuil.
- Wolton, D. (1997). *Penser la communication*. Paris : Flammarion.

Annexes⁶⁴

PARTIE I

Premier recueil

Transcription des messages sources

- Énoncé oral
- Diapositives
- Tableau

Activité d'évaluation de la PDN

- Questionnaire adressé aux étudiants
- Questionnaire corrigé fourni aux étudiants
- Document de synthèse des réponses des étudiants adressé à l'enseignant

Canevas d'entretien

Grilles d'observation et tableaux d'analyse

Tableau 8.1'

Tableau 8.1''

Tableau 8.2'

Second recueil

Transcription des messages sources

- Énoncé oral
- Tableau

Activité d'évaluation de la PDN

- Questionnaire adressé aux étudiants
- Questionnaire corrigé fourni aux étudiants
- Document de synthèse des réponses des étudiants adressé à l'enseignant

Grilles d'observation et tableaux d'analyse

PARTIE II

Les solutions

- Questionnaire corrigé
- Synthèse des réponses fournies par les étudiants

La thermodynamique

- Questionnaire corrigé
- Synthèse des réponses fournies par les étudiants

La cinétique

- Questionnaire corrigé
- Synthèse des réponses fournies par les étudiants

⁶⁴ Les annexes étant particulièrement volumineuses, nous les présentons sur un CD, joint à la thèse. Ainsi, le canevas des grilles d'observation et d'analyse est mis à disposition pour de nouvelles recherches.

Liste des illustrations

Figures

Figure 2.1 : Éléments de la définition et principales composantes de la communication.....	11
Figure 4.1 : Modèle des trois niveaux de savoir de la chimie, de leurs modes de représentation et de leurs connexions	22
Figure 5.1 : Constitution du premier échantillon d'étudiants (premier recueil de données)....	64
Figure 5.2 : Constitution de l'échantillon d'étudiants (second recueil de données)	67
Figure 8.1 : Évolution de l'ampleur des notes en fonction des deux niveaux de l'énoncé oral : les données notionnelles et les commentaires phatiques et métalinguistiques.....	111
Figure 8.2 : Évolution de l'ampleur en fonction du nombre de canaux.....	115
Figure 8.3 : Évolution de l'ampleur des notes des étudiants en fonction de la nature du.....	116
canal lorsque le message est échangé à travers un seul canal	116
Figure 8.4 : Évolution de l'ampleur des notes des étudiants en fonction de la nature	117
du canal lorsque le message est échangé à travers deux canaux.....	117
Figure 8.5 : Évolution de l'ampleur des notes en fonction du niveau hiérarchique de l'information.....	118
Figure 8.6 : Évolution de l'ampleur des notes en fonction de la reprise de l'information.....	120
Figure 17.1 : Description des trois niveaux de savoir et de leurs modes de représentation... ..	190
Figure 17.2 : Logos d'identification des niveaux de savoir	190
Figure 17.3 : Logos d'identification des niveaux de savoir intégrés dans deux diapositives	190
Figure 17.4 : Établissement des liens entre les niveaux de savoir grâce aux logos intégrés dans deux diapositives	191
Figure 20.1 : Régression linéaire entre le nombre d'unité de sens notées à partir de l'énoncé oral et les notes des étudiants à l'examen de chimie en juin (second recueil de données)	200

Tableaux

Tableau 4.1 : Caractéristiques des cours magistraux de chimie générale analysés.....	20
Tableau 4.2 : Exemples de présentation de phénomènes macroscopiques	27
Tableau 4.3 : Exemples de phénomènes non visibles à l'œil nu.....	28
Tableau 4.4 : Exemple de phénomène non appréhendable par les organes des sens	28
Tableau 4.5 : Exemple de phénomène non appréhendable par les organes des sens	29
Tableau 4.6 : Divers modes de représentation des phénomènes dans les cours magistraux de chimie	32
Tableau 4.7 : Exemple de modèle moléculaire issu des cours magistraux analysés.....	39
Tableau 4.8 : Exemple de modèle moléculaire issu des cours magistraux analysés.....	39
Tableau 4.9 : Exemple de modèles moléculaires issus des cours magistraux analysés	40
Tableau 4.10 : Exemple des modèles moléculaires issus des cours magistraux analysés	41
Tableau 4.11 : Exemple de modèles moléculaires issus des cours magistraux analysés	42
Tableau 4.12 : Exemple de modèles moléculaires issus des cours magistraux analysés	42
Tableau 4.13 : Exemple de modèles moléculaires issus des cours magistraux analysés	43
Tableau 4.14 : Exemple d'écriture symbolique issue des cours magistraux analysés	48
Tableau 4.15 : Exemple d'écriture symbolique issue des cours magistraux analysés	49
Tableau 4.16 : Exemple d'écriture symbolique issue des cours magistraux analysés	50
Tableau 4.17 : Exemple d'écriture symbolique utilisée dans les cours magistraux analysés ..	51
Tableau 4.18 : Exemple d'écriture symbolique utilisée dans les cours magistraux analysés ..	51
Tableau 4.19 : Exemple d'écriture symbolique utilisée dans les cours magistraux analysés ..	52

Tableau 4.20 : Exemple d'écriture symbolique utilisée dans les cours magistraux analysés ..	53
Tableau 5.1 : Tableau récapitulatif des caractéristiques et des performances des différents groupes d'étudiants lors de la constitution des échantillons du premier recueil.....	66
Tableau 6.1 : Proportions des données notionnelles et des commentaires phatiques et métalinguistiques dans les cours magistraux analysés.....	72
Tableau 6.2 : Proportions des commentaires phatiques et métalinguistiques dans les trois extraits cours analysés du cours magistral	72
Tableau 6.3 : Débit verbal pour les cours magistraux analysés	74
Tableau 6.4 : Débit verbal pour les trois extraits du cours magistral analysé.....	74
Tableau 7.1 : Portion de la première grille d'observation.....	86
Tableau 7.2 : Règles de découpage en unités sémantiques (US), adapté d'après Barbier <i>et al.</i> (2002).....	88
Tableau 7.3 : Hiérarchisation des unités de sens.....	89
Tableau 7.4 : Exemples de codage des notes des étudiants	91
Tableau 7.5 : Portion de la première grille d'observation pour l'étudiant 17	95
Tableau 7.6 : Portion du tableau d'analyse par unité de sens	99
Tableau 7.7 : Portion de la première partie du tableau d'analyse : résultats obtenus par les étudiants	100
Tableau 7.8 : Portion du tableau d'analyse: canal choisi par les étudiants	102
Tableau 7.9 : Portion de la troisième partie du tableau d'analyse des résultats : ampleur notée par les étudiants.....	102
Tableau 7.10 : Portion de la cinquième partie du tableau d'analyse : pertinence.....	103
des notes des étudiants	103
Tableau 7.11 : Portion d'un tableau d'analyse par étudiant.....	103
Tableau 8.1 : Évolution de l'ampleur en fonction des caractéristiques du message exprimé en nombre d'unités de sens notées.....	109
Tableau 8.2 : Unités de sens déclencheurs, inhibiteurs de la PDN et des unités de sens potentiellement influencées par eux (extrait du tableau 8.2' – en annexe).....	122
Tableau 8.3 : Ampleur moyenne des unités de sens en fonction des différentes caractéristiques et en fonction des indices déclencheurs et inhibiteurs de la PDN.....	123
Tableau 8.4 : Proportions d'unités de sens notées avec une ampleur maximale et partielle en fonction des canaux.....	128
Tableau 8.5 : Proportion d'unités de sens notées avec une fidélité de sens non respectée en fonction de la nature du canal	131
Tableau 8.6 : Proportion d'unités de sens notées avec une fidélité de sens non respectée en fonction du nombre de canaux	132
Tableau 8.7 : Proportion d'unités de sens notées avec une fidélité de sens non respectée en fonction du niveau de savoir	132
Tableau 8.8 : Proportion d'unités de sens notées avec une fidélité de sens non respectée en fonction du niveau hiérarchique.....	133
Tableau 8.9 : Proportion d'unités de sens notées en fonction du niveau hiérarchique	138
Tableau 8.10 : Proportion d'unités de sens notées en fonction du niveau hiérarchique et du nombre de canaux.....	139
Tableau 8.11 : Proportion d'unités de sens notées en fonction du niveau hiérarchique et de la nature des canaux.	139
Tableau 8.12 : Unité de sens transmises en parallèle <i>via</i> les trois canaux	146
Tableau 8.13 : Unités de sens transmise en parallèle <i>via</i> l'énoncé oral et les diapositives....	149
Tableau 8.14 : Unités de sens transmises en parallèle <i>via</i> l'énoncé et le tableau	150
Tableau 8.15 : Proportions d'unités de sens notées en fonction du nombre et de la nature des canaux.....	152

Tableau 8.16 : Proportion d'unités de sens notées en fonction du mode de représentation...	154
Tableau 8.17 : Proportion d'unités de sens notées à partir de l'énoncé oral notionnel et à partir du tableau pour 4 extraits du second recueil de données	157
Tableau 8.18 : Proportion d'unités de sens notionnelles notées à partir de l'énoncé oral dans chaque catégorie	159
Tableau 13.1 : Extrait d'un tableau d'analyse du message de l'enseignant du point de vue des trois niveaux de savoir.....	177
Tableau 13.2 : Répartition des étudiants dans les différentes catégories pour les trois questionnaires et pour les deux universités confondues.....	180
Tableau 14.1 : Caractéristiques du message pour les six cours magistraux analysés	182
Tableau 14.2 : Proportion de chacun des trois niveaux de savoir dans l'énoncé oral du professeur pour les six cours magistraux analysés	183
Tableau 14.3 : Proportion des étudiants ayant respecté le niveau de savoir demandé dans leurs réponses aux questionnaires	184
Tableau 14.4 : Proportion des étudiants ayant établi des liens entre deux niveaux de savoir au sein de leurs réponses aux questionnaires	184
Tableau 16.1 : Récapitulatif de la méthodologie sur les deux années du projet de recherche FNRS	189
Tableau 20.1 : Ampleur des notes des étudiants qui réussissent et de ceux qui échouent à l'examen de chimie générale (premier recueil de données)	197
Tableau 20.2 : Ampleur maximale des notes des étudiants qui réussissent et de ceux qui échouent à l'examen de chimie générale (premier recueil de données).....	197
Tableau 20.3 : Fidélité des notes des étudiants qui réussissent et de ceux qui échouent à l'examen de chimie générale (premier recueil de données)	198
Tableau 20.4 : Pertinence des notes des étudiants qui réussissent et de ceux qui échouent à l'examen de chimie générale (premier recueil de données)	198
Tableau 20.5 : Ampleur des notes des étudiants qui réussissent et de ceux qui échouent à l'examen de chimie générale (second recueil de données)	199
Tableau 20.6 : L'ampleur maximale des notes des étudiants qui réussissent et de ceux qui échouent à l'examen de chimie générale (second recueil de données)	200
Tableau 20.7 : Fidélité des notes des étudiants qui réussissent et de ceux qui échouent à l'examen de chimie générale (second recueil de données)	201

Table des matières

Sommaire	i
Préface	iii
Remerciements	v
Résumé	ix

INTRODUCTION ET CADRES CONCEPTUELS

1	Contexte et problématique	3
2	Définition et caractéristiques de la communication	6
3	Objectifs et questions de recherche	14
4	Modèle des trois niveaux de savoir en chimie	19
4.1	Introduction	19
4.2	Méthodologie	19
4.3	Trois niveaux de savoir	21
4.3.1	Description	21
4.3.2	Questions et enjeux pour la didactique	24
4.4	Niveau phénoménologique	25
4.4.1	Description	25
4.4.2	Mode de représentation	30
4.4.3	Questions et enjeux pour la didactique	34
4.5	Niveau moléculaire	35
4.5.1	Description	35
4.5.2	Mode de représentation	37
4.5.3	Questions et enjeux pour la didactique	43
4.6	Niveau de l'écriture symbolique	46
4.6.1	Description	46
4.6.2	Mode de représentation	53
4.6.3	Questions et enjeux pour la didactique	53
4.7	Langage naturel	54

PARTIE I : CONFRONTATION ENTRE LE MESSAGE ET LES NOTES

5	Méthodologie	59
5.1	Recueils de données	59
5.1.1	Premier recueil de données	59
5.1.2	Second recueil de données	62
5.1.3	Action formative	63
5.2	Constitution des échantillons	63
5.2.1	Échantillon du premier recueil	63
5.2.2	Échantillon du second recueil	67
5.3	Traitement des données brutes du premier recueil de données	68
5.4	Analyse des données traitées	68

6	Description des messages sources du cours magistral	68
6.1	Message verbal : l'énoncé oral	69
6.1.1	Trame à deux niveaux	69
6.1.2	Cours magistral et prise de notes.....	73
6.1.3	Spécificités d'un discours en chimie	78
6.1.4	Extraits des messages sources	82
6.2	Message écrit : les diapositives de type PowerPoint.....	82
6.3	Message écrit : le tableau	83
7	Procédure d'analyse des notes des étudiants	84
7.1	Étapes de la conception des grilles d'observation et des tableaux d'analyse.....	84
7.2	Immersion totale	85
7.3	Élaboration d'une première grille d'observation	85
7.3.1	Découpage de l'énoncé oral	86
7.3.2	Caractéristiques de la communication pédagogique	87
7.3.3	Analyse des notes	89
7.3.4	Cadrage de l'analyse des notes.....	93
7.3.5	Règles d'encodage	93
7.4	Conception d'une grille d'observation définitive	93
7.5	Conception des tableaux d'analyse	96
7.5.1	Tableau d'analyse par unité de sens	96
7.5.2	Tableaux d'analyse par étudiant.....	100
8	Résultats et leur interprétation.....	104
8.1	Question 1 : l'ampleur des notes.....	104
8.1.1	Première approche.....	105
8.1.2	Précision des questions et adaptation de la méthodologie.....	106
8.1.3	Analyse des résultats	110
8.1.4	Discussion	126
8.1.5	En résumé.....	127
8.2	Question 2 : l'ampleur maximale et partielle des notes	127
8.2.1	Rappel de la question	127
8.2.2	Méthodologie et résultats	128
8.2.3	En résumé.....	130
8.2.4	Discussion	130
8.3	Question 3 : la fidélité.....	130
8.3.1	Rappel de la question	130
8.3.2	Méthodologie et résultats	131
8.3.3	En résumé.....	137
8.4	Question 4 : la pertinence	138
8.4.1	Rappel de la question	138
8.4.2	Méthodologie	138
8.4.3	Analyse des résultats	140
8.4.4	En résumé.....	141
8.4.5	Discussion	141
8.5	Questions 5a et 5b : le canal privilégié	143
8.5.1	Rappel des questions	143
8.5.2	Méthodologie pour la question 5a	143
8.5.3	Analyse des résultats pour la question 5a.....	145
8.5.4	En résumé pour la question 5a	152
8.5.5	Méthodologie pour la question 5b.....	153
8.5.6	Analyse des résultats pour la question 5b.....	157
8.5.7	En résumé pour la question 5b	160

9	Discussion	160
9.1	Sélection drastique des informations notées à partir de l'énoncé oral	160
9.2	Ampleur maximale des informations notées à partir d'un canal écrit.....	163
10	Conclusion.....	164
11	Suggestions en termes de comportements pédagogiques.....	166
11.1	Du côté du professeur	166
11.2	Du côté de l'accompagnateur méthodologique.....	168

PARTIE II : ACTIONS PÉDAGOGIQUES ET ACQUIS DES ÉTUDIANTS

12	Introduction et rappel des questions.....	173
13	Méthodologie	174
13.1	Recueil des données sur les cours magistraux	174
13.1.1	Sélection des cours magistraux.....	174
13.1.2	Observation des cours magistraux	175
13.2	Analyse du message.....	175
13.3	Mesure des acquis des étudiants	178
13.3.1	Conception des questionnaires	178
13.3.2	Passation des questionnaires.....	179
13.3.3	Correction des questionnaires.....	180
13.3.4	Encodage des questionnaires	180
14	Résultats	181
14.1	Caractéristiques du message des enseignants	182
14.2	Acquis des étudiants	183
15	En résumé.....	187
16	Enjeux pour la didactique de la chimie	187
17	Interventions pédagogiques pour améliorer la communication	189

PARTIE III : LIEN ENTRE LA QUALITÉ DES NOTES ET LA PERFORMANCE À L'EXAMEN DE CHIMIE

18	Introduction et rappel de la question	195
19	Méthodologie	195
20	Résultats	196
21	En résumé.....	202
22	Discussion	202
23	Conséquences pour l'accompagnement méthodologique	205

CONCLUSIONS

24	Principaux résultats et implications pédagogiques.....	211
25	Analyse critique de la méthodologie	218
26	Perspectives en termes de recherche	221

Postface	225
Références	229
Annexes	239
Liste des illustrations.....	241
Table des matières	245