



Utilisation et rôles des exemples lors d'enseignements universitaires de chimie

Isabelle Kermen

► To cite this version:

Isabelle Kermen. Utilisation et rôles des exemples lors d'enseignements universitaires de chimie. Recherches en éducation, 2016, 27, pp.35-51. hal-01742675

HAL Id: hal-01742675

<https://hal.science/hal-01742675>

Submitted on 24 Aug 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Utilisation et rôles des exemples lors d'enseignements universitaires de chimie

Isabelle Kermen¹

Résumé

Une étude qualitative menée au moyen d'entretiens, auprès de huit enseignants de chimie de deux universités, a déterminé les usages et rôles qu'ils attribuent aux exemples dans leurs enseignements. Un certain consensus se dégage sur la place et les caractéristiques des exemples, sur leurs rôles d'ordre cognitif, pédagogique, motivationnel ou encore médiatif. En revanche, les enseignants interrogés ne s'accordent pas pour désigner ce qui est fait en travaux pratiques, qui sont des exemples par essence pour certains, des situations concrètes pour d'autres. L'analyse des justifications apportées par les enseignants montre que le choix d'utiliser un exemple ou un certain type d'exemple relève d'influences diverses qui conditionnent partiellement les pratiques. Le rôle médiatif vis-à-vis du monde industriel semble accentué en master ou licence professionnelle mais sans que de véritables études de cas intégrant différents types de compétences et connaissances soient répandues.

1. Introduction

Cet article a pour premier objectif de contribuer au thème de ce dossier en examinant l'usage des exemples et des études de cas dans les enseignements de chimie dispensés dans des universités françaises. Les pratiques pédagogiques des enseignants du supérieur commencent à faire l'objet d'études variées (De Ketele, 2010 ; Duguet & Morlaix, 2012), en revanche, les recherches didactiques sur les pratiques d'enseignement d'une discipline donnée (ici la chimie) sont encore rares (Houart et al., 2010). Documenter, voire caractériser une partie des pratiques des enseignants de chimie à l'université constitue le deuxième objectif de l'étude rapportée dans cet article. La façon dont les enseignants de chimie utilisent des exemples dans leurs enseignements à l'université n'a pas donné lieu à publication jusqu'ici.

■ De l'utilisation des exemples dans l'enseignement

• Qu'est-ce qu'un exemple ?

Isabelle Delcambre (1997) relève trois définitions du mot exemple à partir du dictionnaire *Le Robert* : modèle, cas ou spécimen. L'exemple est : 1) quelque chose qui est donné pour être imité ; 2) quelque chose de semblable ou comparable à ce dont il est question ; 3) un échantillon, un spécimen ou un élément dans une série. Elle s'appuie sur l'étymologie latine pour préciser que cas correspond à ce qui est montré, spécimen à ce qui est extrait et modèle au sens moral du latin exemplum. Elle indique que lorsque le mot exemple est employé avec la signification de cas, cela correspond à une relation d'un fait à un autre fait, alors que le sens de spécimen correspond à une relation plutôt inclusive, d'une partie dans un tout, notamment d'un individu à une classe, d'un spécifique à un générique ou d'un particulier à un général.

¹ Maître de conférences, Laboratoire de didactique André Revuz (LDAR), Universités d'Artois, Cergy-Pontoise, Paris Diderot, Paris Est Créteil, Rouen Normandie.

- *Caractéristiques d'un exemple*

L'utilisation d'exemples dans l'enseignement de la chimie a été abordée dans le cadre de l'analyse de concept (Herron et al., 1977), préalable à des recherches sur l'apprentissage des concepts scientifiques. Cette méthode issue de travaux de psychologues préconise de constituer des listes d'exemples et de non-exemples pour chaque concept. L'article discute de la difficulté de choix des exemples et des non-exemples lorsque le concept ne comporte pas d'instanciations perceptibles, ce qui est assez courant en chimie. James Dudley Herron et ses collègues (1977) indiquent qu'un exemple comporte des attributs essentiels (ceux qui correspondent exactement au concept en question) et des attributs variables (qui ne relèvent pas du concept) tandis qu'un non-exemple ne comporte aucun des attributs essentiels du concept. Liliane Vezin (Vezin, 1972 cité par Vezin & Vezin, 1984, p.615) exprime le même point de vue lorsqu'elle écrit « l'exemple contient non seulement les informations contenues dans l'énoncé général mais aussi des caractéristiques non pertinentes par rapport à l'information à transmettre ». Considérant qu'un exemple est un cas particulier d'un énoncé plus général, elle relève quatre structures possibles : une correspondance exacte entre les mots de l'exemple et de l'énoncé, un manque d'éléments spécifiques de l'énoncé général, des attributs en surplus des éléments essentiels par rapport à l'énoncé général et une relation analogique entre l'exemple et l'énoncé (Vezin & Vezin, 1984, p.616). Ces caractéristiques des exemples concernent la troisième définition rapportée par Delcambre (1997).

- *Places et rôles d'un exemple*

Selon Delcambre (1997) l'ordre de présentation d'un exemple, avant ou après une règle générale, correspond à deux rôles fondamentaux des exemples dans le discours. Présenter plusieurs exemples permet d'induire une règle tandis qu'un exemple unique fourni après la règle joue un rôle d'illustration. « L'exemple est source de généralisation alors que l'illustration ne fait qu'étayer une règle déjà établie » (Delcambre, 1997, p. 62). L'illustration par l'exemple consiste à montrer que la règle générale fonctionne effectivement. Le terme illustration est employé différemment par Clouse (2010 cité par Oliveira & Brown, 2016, p.740) pour qui la fonction d'illustration d'un exemple sert à clarifier un point, ce qui peut évoquer la simplicité de l'exemple par rapport à l'énoncé général et viser la compréhension conceptuelle. Selon ce même auteur, un exemple peut avoir une fonction d'argumentation pour persuader. À ces rôles de nature cognitive, il ajoute une fonction d'enrôlement visant à susciter l'intérêt. Pour Clouse (2010 cité par Oliveira & Brown, 2016, p.740) ces trois fonctions ne semblent pas spécifiques de la place attribuée à l'exemple par rapport à la généralité.

Oliveira et Brown (2016) ont étudié, à l'université, un cours sur le comportement animal dispensé en troisième année d'étude de biologie où le professeur enseigne exclusivement à partir d'exemples, constitués de photos du livre de référence projetées durant les séances. Tout au long d'un semestre, ils ont observé les séances lors desquelles les étudiants dialoguent avec le professeur et discutent longuement des exemples proposés. L'étude effectuée met en lumière trois types d'exemples utilisés par le professeur : un exemple « procédural » dont le rôle est d'introduire aux méthodes du champ et de générer une compréhension méthodologique ; un exemple « conceptuel » qui vise à expliquer les observations, envisager des hypothèses et générer une compréhension conceptuelle ; et un exemple « analytique » pour argumenter, s'appuyer sur des preuves afin de générer une compréhension analytique (Oliveira & Brown, 2016). Outre le rôle inductif de la production des principes et théories du comportement animal, les exemples selon leur type permettent différentes compréhensions où l'on retrouve les aspects illustratif et argumentatif auxquels s'ajoute un aspect méthodologique.

Vezin et Vezin (1984, p.617) considèrent que le rôle des exemples « peut s'expliquer par le besoin d'articuler le nouveau au connu ».

■ **Les spécificités épistémologiques et didactiques de la chimie**

La chimie est considérée comme la science des transformations de la matière, une science expérimentale et est aussi une industrie dans la société (Barlet, 1999 ; Bensaude-Vincent, 2004), ce qui constitue une spécificité par rapport à la physique ou à la biologie par exemple. Selon Barlet (1999), la chimie possède une culture spécifique marquée notamment par la création incessante de nouvelles espèces et matériaux, par une référence constante au macroscopique et au microscopique, à la modélisation des structures et des phénomènes. Le rapport à l'expérimental est fort et complexe, et se caractérise par un va-et-vient entre modélisation et expérimentation (Barlet, 1999). Johnstone (1993) est l'un des premiers à avoir signalé que les difficultés cognitives des étudiants et élèves sont attribuables à l'incessant mouvement (non signalé) de l'enseignant de chimie entre trois pôles du savoir : un pôle macroscopique, un pôle microscopique et un pôle symbolique. Le langage des chimistes est spécifique (Jacob, 2001) et à ce titre fait l'objet de recherches didactiques, un numéro spécial de la revue de recherche en didactique de la chimie CERP² lui est consacré (Taber, 2015). Il joue plusieurs rôles : vecteur de communication, outil de désignation (nomenclature), représentation symbolique de concepts macroscopique et microscopique.

■ **Que sait-on des pratiques enseignantes en chimie à l'université ?**

Les spécificités de la chimie se manifestent à des degrés divers dans son enseignement, qui, à l'université, est dispensé sous forme de cours magistraux regroupant parfois deux à trois cents étudiants, de séances de travaux dirigés (TD) avec un effectif de l'ordre de quarante étudiants et de travaux pratiques (TP) qui ont lieu dans des laboratoires de chimie où l'effectif est en général moitié moindre qu'en TD.

• **Faire évoluer les cours magistraux**

En Belgique, dans des cours magistraux de chimie de première année d'université, Houart et al. (2010) a montré que, l'introduction de modèles moléculaires fixes ou animés d'une part, et l'explicitation systématique des liens entre les niveaux de savoirs macroscopiques, microscopiques et symboliques (Johnstone, 1993) d'autre part, augmentaient la réussite des étudiants aux évaluations finales. Arguant du fait que les pédagogies actives restent peu répandues, les auteurs souhaitaient améliorer la nature du message délivré en cours magistral, modalité pédagogique majoritaire et incontournable, et dont la qualité est un facteur de réussite des étudiants (Houart et al., 2010).

• **Une approche fondée sur le contexte**

Certains proposent d'autres modifications mettant en jeu le contexte de présentation des concepts. Overton et Bradley (2010) considèrent que les étudiants de première année n'ont pas tous atteint un niveau de développement cognitif correspondant à une pensée formelle, ce que Herron signalait déjà en 1975 (Herron, 1975). Ils préconisent d'adopter le « *context-based learning* » (CBL) qui dans son sens le plus large désigne l'apprentissage au sein de l'environnement social et culturel dans lequel étudiants, enseignants et institutions opèrent (Overton & Bradley, 2010). En sciences cela signifie que les étudiants peuvent tester des théories avec des *exemples du monde réel*, ce qui peut aider ceux qui sont encore au stade des opérations concrètes du développement cognitif (*ibid.*). Selon Overton et Bradley (2010), dans l'approche traditionnelle la présentation des éléments théoriques précède celle des exemples de la vie réelle au contraire de l'approche contextuelle (CBL). Ils précisent que lorsque cette approche est utilisée, la motivation des étudiants augmente ainsi que leurs performances.

Ce type d'approche a fait l'objet d'études en Allemagne, aux Pays-Bas et en Angleterre (Bennett & Holman, 2002 ; Parchmann et al., 2006 ; Bulte et al., 2006), pays dans lesquels des programmes « *context-based chemistry* » ont été mis en œuvre dans l'enseignement secondaire.

² Chemistry education research and practice.

Ces programmes proposent des situations concrètes issues de la vie quotidienne ou de l'industrie permettant d'introduire les concepts de chimie fondamentaux nécessaires à la compréhension des situations. Le programme *Chimie in Kontext* s'appuie sur trois principes (Eilks et al., 2013) qui orientent la conception des unités de programme : une culture scientifique pour tous, la prise en compte des théories sur la motivation et celle de l'apprentissage de la cognition située tout en insistant sur des modalités d'apprentissage privilégiant la coopération et l'autoréflexion. La confrontation à différents contextes doit permettre de décontextualiser et recontextualiser les concepts fondamentaux puis de les réorganiser en un réseau conceptuel cohérent (*ibid.*).

Il existe un certain parallèle avec l'approche rapportée par Oliveira et Bown (2016), l'inférence inductive de concepts à partir de plusieurs exemples, quoique les contextes proposés soient plus vastes qu'une simple photo d'animal dans son territoire et que l'intérêt des élèves soit une caractéristique première de choix alors que cela n'est pas évoqué pour les étudiants.

- *L'approche par étude de cas*

L'usage d'un contexte sociétal ou industriel concerne aussi l'enseignement de la chimie par étude de cas à l'université hors de France (Belt et al., 2005 ; Belt & Overton, 2007; Cheng, 1995 ; Heaton et al., 2006 ; Overton & Bradley, 2010 ; Ozdilek, 2015 ; Pontin et al., 1993). L'étude de cas est définie comme devant inclure l'application (plus rarement l'apprentissage) de concepts de chimie à une situation issue du monde réel, correspondre à une pédagogie interactive et développer les compétences des étudiants (Heaton et al., 2006) telles que réfléchir de façon critique et analytique, interpréter des informations et des données expérimentales, communiquer, travailler en groupe. Ces études de cas visent à faire évoluer les compétences transversales des étudiants (Belt et al., 2005 ; Heaton et al., 2006 ; Overton & Bradley, 2010), leur prise de conscience vis-à-vis d'un problème environnemental (Belt et al., 2005 ; Cheng, 1995 ; Heaton et al., 2006 ; Pontin et al., 1993) ou leurs connaissances disciplinaires (Ozdilek, 2015) à travers la résolution de problèmes (Belt et al., 2005). Par exemple il peut s'agir de proposer des solutions de remplacement à l'utilisation des CFC (chlorofluorocarbone, gaz vecteur des bombes aérosols) (Heaton et al., 2006) ou d'imaginer différents dispositifs énergétiques pour suppléer aux besoins en énergie d'une ville nouvelle (Belt et al., 2005).

■ *Un cadre pour étudier les pratiques enseignantes*

La double approche didactique et ergonomique (Robert & Rogalski, 2002) a d'abord été utilisée pour analyser les pratiques en mathématiques d'enseignants du second degré (Vandebrouck, 2008) ou du premier degré (Butlen, Peltier-Barbier & Pézard, 2002), puis légèrement adaptée pour étudier l'activité d'enseignants de physique-chimie au lycée (Kermen & Barroso, 2013 ; Kermen & Colin, 2014). Ce cadre théorique et méthodologique vise à rendre compte de la complexité et de la cohérence des pratiques d'enseignants, considérés comme des professionnels exerçant un métier qui comporte des contraintes et des ressources (Robert & Rogalski, 2002). Pour concevoir une séance, l'enseignant choisit des tâches (type, ordre) pour les élèves qu'il accompagne en général lors de la mise en œuvre d'aides, d'indications ou de modifications destinées à maintenir une ambiance de travail, faciliter l'accomplissement de la tâche et provoquer la conceptualisation. Ces aspects correspondent aux composantes cognitive et médiative des pratiques. Les choix de tâches et d'accompagnement sont influencés diversement par les programmes, les types d'élèves, les conditions de travail matérielles dans l'établissement, les habitudes professionnelles des enseignants de la discipline, les croyances et conceptions de l'enseignant. Ces déterminants des pratiques sont rassemblés dans les composantes institutionnelle, sociale et personnelle des pratiques. Les cinq composantes des pratiques et différents niveaux d'organisation de l'activité (microscopique, local ou global selon le type d'étude) sont combinés pour reconstituer les logiques d'action des enseignants et révéler la cohérence des pratiques. Dans cette étude ce cadre est utilisé pour caractériser des pratiques déclarées et organiser l'analyse des déclarations.

2. Objectifs et conduite de la recherche

Comme annoncé dans l'introduction, cet article vise à décrire l'usage des exemples et des études de cas dans quelques enseignements de chimie à l'université pour envisager ultérieurement une comparaison entre disciplines. L'utilisation d'exemples est chose courante même si cela n'a pas nécessairement fait l'objet d'étude spécifique, par conséquent interroger des enseignants (volontaires) sur cette modalité peut aussi permettre de caractériser partiellement leurs pratiques à partir d'une entrée spécifique et *a priori* partagée par tous. Prenant appui sur la revue de littérature, l'hypothèse a été faite que les exemples sont plus couramment utilisés que les études de cas sans nécessairement correspondre à une pratique exclusive comme dans l'étude développée par Oliveira et Brown (2016). Compte tenu de la structure de l'enseignement supérieur français, il est possible que l'utilisation d'études de cas fasse plutôt partie des enseignements dits professionnels ce qui a motivé le choix d'inclure des enseignants exerçant en IUT (institut universitaire de technologie) ou en licence professionnelle dans l'échantillon des personnes interrogées.

■ Questions de recherche

Il s'agit en premier lieu de dresser un panorama de l'usage des exemples pour le panel interrogé : où se situent les exemples dans les enseignements ? Quelles caractéristiques et quels rôles les enseignants attribuent-ils aux exemples ? Quel usage des études de cas les enseignants interrogés ont-ils ? L'analyse des justifications que les enseignants fournissent à l'usage des exemples en termes de composantes des pratiques devrait permettre de mieux cerner la nature de leurs choix.

■ Guide d'entretien

Le protocole d'entretien s'organise autour de cinq questions : comment les exemples s'intègrent-ils dans vos enseignements ? Pourquoi utilisez-vous des exemples ? Pourriez-vous faire un enseignement sans exemple ? Quand utilisez-vous des exemples, à différents niveaux d'enseignement (licence, master) et dans quel type d'enseignement, en cours, TD, TP ? Enfin, utilisez-vous ou faites-vous des études de cas ?

La première question vise à déterminer les modes d'utilisation des exemples et leur place dans les types ou niveaux d'enseignement ainsi que certaines caractéristiques attribuées aux exemples. La question « pourquoi » s'attache à caractériser les rôles remplis par les exemples et les justifications fournies par les enseignants. Répondre à une éventuelle absence d'usage des exemples permet de compléter les caractéristiques et les justifications. La quatrième question cherche à déterminer si le type des enseignements (CM, TD, TP) et le niveau d'enseignement (licence, master, licence professionnelle) influent sur l'utilisation des exemples. Demander aux enseignants s'ils utilisent des études de cas vise à savoir si ce terme *a priori* peu fréquent dans l'enseignement de la chimie recouvre une modalité pédagogique dont il convient alors de préciser la nature.

■ Recueil des données

Huit enseignants de chimie, d'ancienneté variable, appartenant à deux universités, ont été interrogés ; les entretiens ont duré entre 25 et 60 minutes. Quelques caractéristiques des enseignants interrogés figurent dans le tableau 1. Six enseignants appartiennent à une première université, E3 et E4 à la deuxième.

Dans ce tableau, la matière désigne les parties habituelles de l'enseignement de la chimie telles que les enseignants les ont dénommées : orga pour chimie organique, géné pour chimie générale et pro pour enseignement professionnel. La chimie enseignée à l'université est constituée de sous-matières qui relèvent soit de la chimie générale, soit de la chimie organique.

Un enseignant de chimie organique enseigne rarement la chimie générale et inversement³. Le public indique le niveau d'enseignement mentionné par l'enseignant, L pour licence, M pour master, IUT pour les deux années en institut universitaire de technologie et Lpro pour licence professionnelle dans le cadre d'une UFR (unité de formation et de recherche) ou d'un IUT.

L'échantillon ainsi constitué ne prétend pas être représentatif de la population universitaire enseignante en France, mais il reflète une certaine diversité ce qui est susceptible de fournir différentes tendances.

Tableau 1 - Caractéristiques des enseignants interrogés

Enseignant	Grade ⁴	Ancienneté	Sexe	Matière enseignée	Public	Type d'enseignement
E1	MCF	20 ans	H	Orga	L	CM, TD et TP
E2	PRAG	20 ans	F	Orga et géné	L	CM, TD et TP
E3	PU	15 ans	H	Géné	L, M	CM, TD
E4	PRAG	2 ans	F	Géné	L, M, IUT	CM, TD et TP
E5	PU	14 ans	F	Géné	L, M, IUT	CM, TD et TP
E6	PU	18 ans	H	Orga	L, M, IUT	CM, TD
E7	MCF	13 ans	H	Géné	L, M, Lpro (IUT)	CM, TD et TP
E8	PU	22 ans	H	Géné et pro	L, M, LPro	CM, TD et TP

■ Méthode d'analyse

Les transcriptions des entretiens ont été lues de façon détaillée afin de répertorier les idées correspondant aux questions principales du guide d'entretien. Ces idées sous forme de phrases ou d'extraits de phrases sont les unités de signification (Bardin, 1993) qui ont été ensuite légèrement reformulées, sans les interpréter ou les conceptualiser (Méliani, 2013). De fréquents allers et retours entre les transcriptions ont été effectués afin de proposer les reformulations les plus justes pour des unités de signification similaires. Selon la question de recherche à laquelle elles répondaient, les idées principales ont ensuite été catégorisées.

Pour déterminer la place des exemples, les réponses ont été réparties selon trois approches, avant ou après un énoncé général, selon le type d'enseignement et selon le niveau d'enseignement.

La détermination des caractéristiques attribuées aux exemples s'effectue en recherchant les qualificatifs que les enseignants accolent au mot exemple (concret, simple, de la vie quotidienne...). Une première sélection a été faite à partir d'une lecture de plusieurs entretiens, puis une recherche systématique (au moyen du logiciel de traitement de texte) a été conduite pour les différents termes repérés et leurs synonymes.

Les idées principales correspondant aux rôles joués par les exemples, ont été comparées puis regroupées en quatre catégories : rôle cognitif, pédagogique, médiatif et motivationnel après avoir défini les critères de ces catégories. Ces types de rôles résultent d'une combinaison de diverses sources : les aspects cognitifs et motivationnels s'inspirent de la revue de littérature

³ Les PRAG (professeurs agrégés, sans obligation statutaire de faire de la recherche) enseignent souvent chimie générale et chimie organique, les enseignants-chercheurs plus rarement.

⁴ PU désigne un professeur d'université, MCF un maître de conférences, les deux types d'enseignant-chercheur dans les universités françaises.

effectuée ; l'aspect médiatif (relation avec l'extérieur) provient du double aspect de la chimie (science et industrie) ; quant à l'aspect pédagogique, il émerge des données lues dans une perspective visant à faire ressortir l'exercice du métier d'enseignant où la relation pédagogique est un aspect primordial.

Enfin les justifications parfois apportées par les enseignants à certains de leurs choix ont été analysées en termes de composantes des pratiques enseignantes.

3. Résultats

Les places, les caractéristiques puis les rôles attribués aux exemples par les enseignants interrogés sont présentés avant aborder les justifications fournies puis les études de cas.

■ *Comment se situent les exemples dans les enseignements ?*

Les enseignants interrogés utilisent les exemples essentiellement de deux manières après un énoncé général ou bien pour introduire un thème.

• *Place des exemples par rapport à un énoncé général*

Les huit enseignants interrogés utilisent des exemples après un énoncé général, certains plus que d'autres, tout du moins le disent-ils plus fréquemment. Neuf termes différents ont été relevés qui désignent ce à quoi l'exemple réfère : notion, définition, règle, loi, cas général, cas de figure théorique, modèle, cas type, scénario. Cette grande variété des termes utilisés montre la diversité des constructions théoriques dans lesquelles l'exemple s'applique. En effet cela concerne toujours une construction théorique ayant un caractère général, qu'il s'agit à travers l'exemple de préciser. Plusieurs enseignants ont objectivement cité des exemples correspondant au fonctionnement d'un modèle ou d'un élément de modèle dans une situation particulière, c'est-à-dire où les paramètres du modèle sont fixés dans la situation considérée, bien que seuls deux d'entre eux aient utilisé le terme de modèle.

Six enseignants sur les huit interrogés déclarent utiliser un exemple en introduction d'un chapitre de cours. Quatre d'entre eux indiquent qu'ils travaillent de cette façon à l'occasion d'un thème difficile ou l'ont sous-entendu. Mais cet usage est moins répandu que l'autre, sauf pour E8 en licence professionnelle où le recours à des situations vécues (qu'il considère comme des exemples) avant théorisation est prépondérant.

• *Place des exemples dans les types d'enseignement*

Tous les enseignants interrogés ont dit utiliser des exemples dans le cadre du cours. Le seul type de cours qui n'en nécessite pas selon E1 porte sur le principe de fonctionnement d'un spectrophotomètre infra-rouge, qui est « *purement technique* ».

Peut-on parler d'exemples pour ce qui est fait en TD et en TP ? Les avis sont partagés. Quand ils évoquent ce qui est fait en TD ou en TP, certains enseignants parlent d'exercice ou d'application sans citer le terme exemple, voire le récusent comme E4 : « *un exemple c'est quelque chose que tu donnes comme ça, alors que quand tu es en TP tu ne le prends plus sous forme d'exemple mais d'application* » ou E1 qui réserve le terme exemple à l'usage de ce qui se fait en cours. Un TP n'est pas un exemple, c'est une manipulation concrète, il ajoute par ailleurs : « *en TD non, on traite l'exercice, on est moins dans l'explication* », « *on les soumet à des cas concrets de réaction qu'ils doivent retrouver dans le cours donc y en a forcément moins [d'exemple] sauf problème, problème évident de quelque chose qui n'est pas passé en cours et sur lequel il faut revenir* » en redonnant un exemple du cours. Au contraire dit E8 « *pour moi le TD c'est l'illustration du cours donc c'est l'exemple par essence* ». De même déclare E5 « *en TP c'est forcément un exemple car ils sont face à une situation* » ce que confirme E7 qui ajoute que ces situations ne sont pas

aussi complexes que celles qu'ils peuvent rencontrer en stage. Dans une situation, les paramètres sont fixés (température, pression, espèces chimiques, matériel, technique à utiliser), il n'y a plus de caractère général, il s'agit d'un exemple.

- *Place des exemples dans les niveaux d'enseignement*

Les exemples semblent incontournables en licence et en licence professionnelle où ils sont très présents. En master, « *les exercices illustrent le cours* » dit E3, il n'est plus nécessaire d'introduire des exemples spécifiquement dans le cours, les étudiants ayant pris l'habitude d'exposés et de concepts très formels, d'autant plus qu'à ce niveau le même enseignant fait cours et TD imbriqués. Cependant E3 admet qu'un chapitre finit aussi par un exemple « *parce qu'il faut pas oublier que c'est une science expérimentale qu'on fait* ».

La nature des exemples peut changer en master où E6 donne davantage d'exemples de chimie industrielle car « *ils ne sont plus bloqués par les mécanismes* ». Les mécanismes réactionnels caractéristiques de la matière chimie organique, abordés dès la deuxième année de licence sont reconnus comme difficiles à comprendre, du fait de la structuration de l'enseignement de la chimie organique par fonction et vraisemblablement par manque d'outils pour les aborder (Lafarge, Morge & Méheut, 2014).

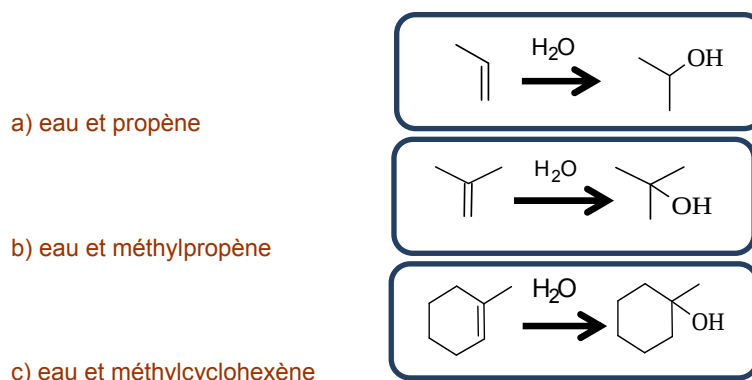
E3 et E5 précisent qu'un enseignement constitué uniquement d'exemples ne suffit pas, il est nécessaire de proposer un cadre structurant, un cours. E8 a éprouvé la même nécessité lors d'enseignement par projet en école d'ingénieurs où les exercices étaient résolus en ateliers sans qu'un cours ait été fait, les élèves ingénieurs eux-mêmes ont demandé un « point de cours » avant l'atelier de résolution d'exercices qui visait à les préparer à résoudre le problème posé.

■ *Les caractéristiques des exemples*

Le qualificatif accolé au mot exemple et cité par le plus grand nombre d'enseignants (7) est concret. Par exemple E5 dit que dès que des valeurs numériques sont introduites dans le cours de thermodynamique, il s'agit d'exemples concrets ; d'autres indiquent préciser une réaction en chimie organique par un exemple qui emploie des formules chimiques précises. À ce propos E1 déclare : « *c'est plus facile de retenir un cas concret, je sais pas, propène en milieu acide en présence d'eau donne isopropanol (...) une fois qu'on a fait propène, qu'on fasse 2-méthylpropène ou qu'on fasse méthylcyclohexène, pour moi y a aucune différence, et je leur dis tout le temps, la chimie organique c'est de la décoration, si vous connaissez les cas types (...) quand vous aurez compris que c'est juste ça, ça va vous paraître hyper simple* »

Pour E1 un cas concret consiste à préciser les espèces participant à la réaction étudiée, en clair à expliciter la chaîne carbonée des molécules. Les formules topologiques ci-dessous (figure 1) font apparaître visuellement les caractères communs aux différents exemples qu'il cite, qui sont justement ce qu'il faut retenir, les attributs essentiels des exemples, pour un étudiant averti. Pour E1 dire « *aucune différence* » indique que les caractéristiques variables de chaque exemple ne doivent pas entraver la compréhension. Cette explicitation fait appel en majeure partie à des éléments symboliques, formule de molécule, équation de réaction et constitue une nouvelle déclinaison du schéma général, qui est un élément de modèle, sans qu'il soit fait mention des conditions opératoires précises : température, verrerie, quantités, états physiques, etc. qui habituellement correspondent à ce qui est concret, et qui vraisemblablement pour E1 relèvent du domaine expérimental. Cependant auparavant pour aborder ce qui est fait en TP il a parlé de manipulation concrète, ce qui montre que le vocabulaire qu'il utilise n'est pas tout à fait stabilisé.

Figure 1 - Schéma de réaction d'addition de l'eau avec
a) le propène, b) le 2-méthylpropène, c) le méthylcyclohexène



Le caractère concret peut aussi désigner des molécules réelles ou des réactions réelles (E2 en cinétique ne souhaite pas travailler avec des équations littérales comme $A+B \rightarrow C$), ce qui sous-entend qu'elles n'ont pas été inventées pour les besoins d'enseignement.

Un exemple doit être simple (six enseignants) ce qui le rend bon dit E1. La simplicité vise à ne pas disperser l'attention des étudiants sur des attributs non pertinents, l'exemple est épuré et peut être complexifié ensuite (voir figure 1). E4 précise « *un exemple simple qui a pour fonction première de juste permettre d'appliquer ce qu'on a vu, voilà, où il n'y a aucune difficulté calculatoire, aucune exception possible, c'est juste une application directe dans un cas de figure le plus simple, voilà, on minimise les paramètres, et puis après quelque chose d'un petit peu plus compliqué* ». Cela correspond à une structure où tous les attributs essentiels de l'énoncé général sont présents dans l'exemple sans attributs superflus (Vezin & Vezin, 1984). De ces exemples E6 dit qu'ils sont classiques. Le classicisme d'un exemple renvoie aux exemples qu'il faut connaître, ceux auxquels l'enseignant se réfère pour rappeler une définition lorsqu'un étudiant a oublié.

À côté de ces qualificatifs qui ont plutôt trait à la structure des exemples, les enseignants accolent aux exemples des qualificatifs indiquant leur provenance. Six enseignants parlent d'exemples du monde du travail (industrie ou entreprise sont les termes cités), cinq enseignants encore utilisent des « *exemples de la vie de tous les jours* » (vie quotidienne ou courante ou réelle). E7 précise « *nous ici on a des solutions qui sont bien calibrées où il y a qu'un seul ion, quand on va dans le domaine de l'industrie il y a un peu de tout quoi* » ce qui signifie que les exemples issus du domaine de l'industrie ne sont pas simples et peuvent être utilisés pour montrer la complexité de situations réelles. D'autres exemples ne possèdent pas ces caractéristiques et proviennent simplement d'habitudes d'enseignement, on peut les trouver dans des manuels universitaires.

■ Rôles des exemples

Le rôle des exemples est évoqué par les enseignants qui disent à quoi les exemples servent, quels sont leurs effets attendus ou supposés. Les différents rôles attribués aux exemples par les enseignants sont répartis en quatre catégories : rôle d'ordre cognitif, motivationnel, médiatif et pédagogique.

• Rôle cognitif

Le rôle de l'exemple est d'ordre cognitif quand il est question de la compréhension des étudiants, explicitement ou non, des difficultés qu'ils peuvent éprouver, de l'appropriation que ceux-ci peuvent retirer de l'utilisation d'un exemple. E3 use d'une formule pour souligner le rôle cognitif des exemples : « *les exemples ne servent pas seulement à décorer* ».

Comme le déclare E7 le premier rôle d'un exemple est de « *faire passer* » des concepts surtout s'ils sont abstraits, donc de faciliter la compréhension des étudiants. E3 ajoute qu'un exemple permet d'éviter de formaliser, d'introduire une notion trop abstraite quand l'exemple remplace une formulation où l'indétermination des grandeurs peut générer des incompréhensions. Un exemple permet également de mettre en lumière les difficultés possibles d'un concept pour ensuite faciliter le travail ultérieur de résolution en TD de licence mais aussi de permettre aux étudiants de faire un lien avec des choses qui existent, « *de comprendre le monde autour de nous* » (E3).

Deux enseignants citent la mécanique quantique en L1 comme thème difficile qu'ils débutent par un exemple. De la même façon E6 déclare que pour certains thèmes de chimie organique, il est plus facile pour les étudiants de commencer par des exemples pour induire la règle (en RMN⁵, règle de couplage des spins qui conduit aux multiplets) plutôt que de partir de la règle et de la décliner sur différents exemples. Les exemples ont un rôle fondateur puisqu'ils permettent d'établir la règle qui est ensuite utilisée et conduit à retrouver pour d'autres molécules étudiées des parties de spectre RMN identiques à celles des exemples fondateurs. E6 précise aussi qu'il a d'abord utilisé cette façon de faire avec des étudiants d'IUT avec qui « *cela passait mieux* » et qu'il a ensuite adopté cet usage avec les étudiants de Licence 2.

L'exemple peut aussi constituer une aide à la mémorisation. Les trois enseignants qui ont fait cette déclaration enseignent la chimie organique et deux d'entre eux ont précisé que l'exemple peut procurer une aide visuelle pour mémoriser. Il n'est pas anodin de remarquer que cela a été évoqué pour la chimie organique pour deux raisons : d'une part, la mémorisation semble un facteur important de l'enseignement-apprentissage de la chimie organique (Lafarge et al., 2014), d'autre part, la matière elle-même s'y prête dans la mesure où les schémas réactionnels à mémoriser font la part belle à l'écriture symbolique, en particulier l'écriture topologique des formules de molécules qui dessine des motifs qu'il faut apprendre à repérer (voir figure 1).

Plusieurs enseignants utilisent l'expression « *ça leur parle* » ou « *c'est plus parlant* » ou déclarent qu'il s'agit de « *raccrocher à du connu* ». Bien que ces termes soient peu explicites, les enseignants évoquent indirectement une certaine proximité des exemples choisis avec le vécu des étudiants, ce qui serait un facteur d'atténuation de la nouveauté et jouerait un rôle cognitif (Vezin & Vezin, 1984). Cela est exprimé assez clairement par E6 : « *quelquefois j'essaye de donner des molécules un peu intéressantes je sais pas par exemple en L3 on parle sur des trucs on fait des exemples sur l'ibuprofène, sur du paracétamol des choses comme ça, au moins on a l'impression qu'ils se disent ah oui j'avais vu ça sur cette molécule-là ça leur parle plus qu'un composé dont ils ne connaissent pas le nom enfin je trouve que ça permet de se raccrocher à quelque chose* ». Au rôle cognitif s'ajoute l'intention d'éveiller l'intérêt.

• *Rôle motivationnel*

L'exemple remplit un rôle d'ordre motivationnel lorsqu'il est question de susciter de l'intérêt chez l'étudiant envers les notions qui sont enseignées, de maintenir l'intérêt pour l'activité en train de se faire, voire de donner envie d'étudier la chimie (Venturini, 2007).

E2 parle des exemples qu'elle donne dans son cours de L1. « *Quelque chose qu'ils ont vu dans le secondaire, j'essaye de faire le lien. Ce que je ferai peut-être moins parce que j'ai l'impression qu'au lieu de les encourager en leur disant qu'ils ont déjà vu ça à un moment donné, ça stresse notamment ceux qui n'ont pas un bac scientifique, qui n'ont pas vu ça. Finalement ils sont gênés, ils se disent ben mince les autres l'ont vu moi je l'ai pas vu, je sais pas. Donc je donnerai moins d'exemples là-dessus, je donnerai plus d'exemples de la vie quotidienne, mais moins d'exemples de choses qu'ils ont vues* ». Certains exemples de concepts déjà abordés sont fournis pour encourager les étudiants, mais du fait de l'hétérogénéité grandissante du public de L1 (augmentation notable d'étudiants ayant un bac ST2S dont le programme n'est pas adapté à la première année de licence de science de la vie) E2 en est réduite à modifier les exemples

⁵ Résonance magnétique nucléaire, méthode d'analyse de routine en chimie organique pour déterminer la structure des molécules.

utilisés pour se tourner exclusivement vers des exemples du quotidien pour intéresser les étudiants, rôle que citent d'autres enseignants à l'occasion de ce type d'exemple. La modification que E2 a apportée à ses exemples relève d'un « *bricolage adaptatif individuel* » (Altet, 2004, p.45).

- *Rôle médiatif*

L'exemple a un rôle médiatif quand il sert d'intermédiaire entre le savoir en jeu (dans l'espace universitaire, amphithéâtre ou salle) et le monde dans lequel nous vivons, le monde du travail, quand il vise à faire des liens entre ce qui est évoqué dans l'enseignement et le monde réel ou extérieur.

Les enseignants ont parlé de la nécessité d'étoffer la culture chimique des étudiants, en leur donnant à connaître les entreprises locales et les composés fabriqués localement, ou l'importance économique de certains composés. E2, à cette occasion, a pris soin de préciser que les étudiants ne sont pas évalués sur ces aspects qu'elle qualifie de « *culture générale* », ce rôle est alors quelque peu anecdotique.

Pour certains, l'exemple sert à montrer ce qui est utilisé dans le monde professionnel et qui ressort du domaine étudié, ou encore à faire un lien avec le monde réel, en nommant des dispositifs utilisés dans la vie quotidienne, dont les concepts enseignés permettent d'expliquer le principe ou le fonctionnement.

Pour E7, l'exemple pris dans la vie quotidienne (dosage des nitrates dont la concentration dans l'eau minérale est une question de santé citée par E7) peut inciter l'étudiant à se poser des questions et l'aider à aborder différentes situations d'un esprit critique.

- *Rôle pédagogique*

L'exemple a un rôle d'ordre pédagogique quand il intervient dans la manière de conduire un enseignement, qu'il vise à préciser la relation enseignant/étudiant dans le groupe ou est constitutif d'un mode pédagogique.

Le rôle pédagogique de l'exemple est décrit par E3 pour qui l'exemple permet de lier les différents types d'enseignement d'une même unité et montrer leur cohésion. « *Quand je parle de la conductivité en cours, je prends l'exemple du TP qu'ils vont faire, pour qu'ensuite quand ils feront le TP ils puissent faire un lien. Parce qu'une des difficultés qu'on a nous, par rapport à des enseignants de prépa par exemple ou des enseignants de lycée, c'est que nos étudiants leur enseignement il est haché. Moi je les vois en amphi, je fais pas de TD, c'est pas moi qui fais les TD, c'est pas moi qui fais les TP, et même si j'en faisais, je verrais pas tous les étudiants, ils sont en petits groupes. Donc ils ont tendance à séparer, y en a qui ont tendance à pas venir en cours parce que l'enseignant de TD fait des rappels, ils ont l'impression que ça suffit. Donc on essaie les uns et les autres, moi en cours, mes collègues en TD, de se renvoyer un peu la balle* ».

Prendre un exemple donne aussi la possibilité de faire travailler les étudiants lors du cours (E8). La mise au travail des étudiants s'accompagne d'échanges avec l'enseignant qui stoppe le cours magistral, et d'une mise en œuvre du modèle qui vient d'être présenté ce qui confère aussi un rôle cognitif à l'exemple.

E2 dit que l'exemple « *ponctue* » le cours. « *Là il y a une solution de telle couleur qui change, là vous avez un précipité, il faut faire attention quand vous manipulez ça, ça peut être dangereux enfin j'essaye (...)* Par contre quand tu as un cours où tu ne t'arrêtes jamais moi je trouvais que c'était pour l'étudiant moins intéressant » (E6). L'exemple permet de stopper le déroulement de l'exposition théorique (des concepts, des types de réaction en chimie organique) et changer de rythme en portant l'attention sur des faits plus faciles à mémoriser ou qu'il n'est pas nécessaire de mémoriser, pour diminuer momentanément l'effort cognitif. Le rôle pédagogique de l'exemple (couper l'exposé magistral) se double d'un rôle cognitif en creux (il s'agit au contraire de diminuer

la réflexion cognitive) et peut avoir aussi un rôle médiatif lorsqu'il porte sur le monde du travail ou de la vie quotidienne.

■ **Les justifications avancées par les enseignants**

Les enseignants en décrivant la façon dont ils utilisent les exemples, leurs caractéristiques, leurs rôles ont parfois, directement ou indirectement, justifié les choix effectués. Ces choix résultent de décisions visant à atteindre plusieurs buts ou relevant de différentes influences qui sont maintenant examinés. Ces influences ou ces buts peuvent relever de plusieurs composantes des pratiques.

Les caractéristiques des exemples les plus citées par les enseignants sont la simplicité, le caractère concret (pour amoindrir le caractère abstrait du propos) et leur lien avec le contexte extérieur à l'enseignement (quotidien ou travail). Il est raisonnable de penser que la simplicité (critère cognitif), le caractère concret (critère cognitif) et le recours à un contexte particulier sont des critères de choix des exemples. Choisir un exemple dans le monde quotidien ou dans le monde du travail n'obéit pas aux mêmes motifs. « *On est bien forcé de travailler sur des molécules réelles* » déclare E1 à propos de chimie organique tandis que E6 cite l'ibuprofène ou le paracétamol, il s'agit aussi de montrer « *que la chimie est partout* », « *ce qu'elle peut apporter* », il en va de la crédibilité de la discipline chimie à la fois science et industrie. Dans ce cas il s'agit plutôt d'un choix de nature épistémologique (composante personnelle des pratiques). Certains évoquent une forme de nécessité de prendre des exemples issus du monde du travail « *pour la suite des événements pour eux c'est mieux d'avoir quelque chose qui se rapproche plus de l'industrie* » dit E6 de ses étudiants de M1. Ces exemples correspondent à des situations réelles où les connaissances chimiques en jeu opèrent et que les étudiants vont rencontrer dans le milieu professionnel, il peut s'agir même d'améliorer « *l'employabilité des étudiants* » dit E8 à propos de ses étudiants de licence professionnelle à qui il fait travailler des exemples provenant du milieu professionnel parce qu'ils y sont utilisés. Ces choix sont à mettre en parallèle avec les stages ou visites de sites industriels obligatoires dans les licences professionnelles ou masters qui constituent une contrainte institutionnelle pour les enseignants à conjuguer avec les critères cognitifs.

Plusieurs enseignants déclarent vouloir agir sur la motivation des étudiants en proposant des exemples, « *rendre le cours plus vivant* », ce qui est une justification relevant de l'accompagnement que l'enseignant procure aux étudiants (composante médiative des pratiques). Mais E6 dit explicitement « *j'ai besoin d'illustrer* » et ajoute que « *la volonté [de l'enseignant] de faire passer un message* » est importante, ce qui pose la question de la motivation de l'enseignant lui-même, qui peut selon son humeur fluctuer, allusion à la dimension personnelle de l'activité de l'enseignant. On peut interpréter les propos de E3 qui déclare « *c'est plus agréable de rattacher à la vie courante* » de la même façon, et considérer que l'intérêt des exemples joue pour les deux, enseignants et étudiants. Le choix d'un exemple peut donc relever davantage de la composante médiative des pratiques que cognitive et résulte d'une appréciation personnelle.

Selon E3, les exemples sont également choisis pour assurer la coordination entre enseignements d'une même unité d'enseignement en première année de licence. En effet les effectifs importants empêchent qu'un même enseignant intervienne à la fois en cours, TD et TP. E3 annonce prendre en cours les exemples des situations expérimentales abordées en travaux pratiques afin d'illustrer les concepts abstraits de la thermodynamique. Il déclare par ailleurs « *moi je fais des cours en amphi pour un peu déminer ce qui sera fait derrière en TD* », c'est-à-dire montrer les difficultés aux étudiants pour faciliter le travail des collègues en TD. Ce choix révèle une influence de la composante sociale des pratiques sur la composante cognitive, le fait de travailler avec une équipe d'enseignants incitant E3 à agir ainsi. Ce choix est également issu de la structuration institutionnelle des enseignements en cours, TD et TP, et vise à éviter « *un effet pervers* » de cette structuration que serait une absence de concertation (Altet, 2004).

E2, qui a déclaré « *punctuer* » ses cours par des exemples, a deux séries d'exemples dans son cours de première année de licence qu'elle utilise alternativement d'une année à une autre (autre « *bricolage adaptatif individuel* », Altet, 2004, p.45), pour susciter l'intérêt des redoublants. « *Les redoublants quand ils viennent, faut que je les intéresse faut que je leur apporte un plus. Donc je me dis s'ils s'aperçoivent que j'écris des choses nouvelles ou que je dis des choses nouvelles ils vont être plus attentifs que si je leur dis texto pendant une heure et demi. Ils vont plus venir ou alors ils vont discuter avec leur voisin donc voilà je change* ». Il apparaît en filigrane le fait que le cours a un caractère immuable, qu'il est difficile de changer, surtout s'il met en place des définitions et des connaissances de base comme en première année. Il s'agit aussi de convaincre les redoublants de venir, parce qu'ayant suivi le cours une première fois ils s'imaginent qu'ils n'ont pas besoin d'y assister une seconde fois. Les justifications apportées par E2 montrent l'interdépendance des composantes cognitive et médiative des pratiques, l'exemple outre son rôle cognitif (sous-entendu ici) doit aussi susciter l'intérêt de l'étudiant pour qu'il reste attentif afin de suivre et comprendre le reste du cours.

Certains facteurs qui caractérisent les choix des exemples ont tendance à s'opposer. En chimie organique, choisir des exemples avec des molécules réelles (exemples qualifiés de concrets) n'est pas toujours compatible avec une contrainte didactique, la présentation progressive des différentes familles de fonctions qui respecte une progression conceptuelle (aspect cognitif) classique (Lafarge et al., 2014), marque d'une habitude professionnelle (aspect social des pratiques). Cela conduit à une tension : comment concilier ces deux aspects ? En effet les synthèses de médicaments (monde du travail), qui sont des exemples réels mettant en jeu les propriétés des différentes familles de composés organiques, ne respectent pas la progression conceptuelle ! En conséquence, E2 convient qu'elle doit inventer des molécules et composer avec l'exigence d'utiliser des molécules réelles, pour proposer des exemples en exercice ou en évaluation qui soient en accord avec les connaissances effectivement balayées dans les chapitres abordés.

■ Étude de cas

Cinq enseignants disent ne pas avoir entendu parler d'étude de cas à propos de l'enseignement de la chimie et ne pas savoir ce que cela recouvre. L'expression « étude de cas » évoque plutôt la médecine, l'économie ou le droit pour trois personnes. Les enseignants qui fournissent des caractéristiques de ce que pourrait être une étude de cas, s'accordent pour dire qu'une étude de cas est plus longue à traiter qu'un exemple, qu'elle fait appel à des notions variées qui sont pour certaines enseignées dans des unités d'enseignement différentes. Selon E3 et E5, le morcellement des enseignements dans des unités traitant soit de thermodynamique soit de cinétique par exemple, ne facilite pas l'étude d'un procédé industriel d'élaboration d'un composé comme l'ammoniac, qui pourrait constituer une étude de cas.

Pour certains (E1, E5, E8) l'étude de cas est l'occasion de mobiliser des connaissances variées déjà enseignées tandis que pour un autre (E7) il s'agit plutôt « *à partir d'une expérience de remonter au modèle qui permet d'interpréter ce qui s'est passé* ». Pour E5, en master 2, à l'occasion de la présentation d'un procédé industriel, tel que le traitement des effluents industriels « *forcément on est obligé de parler évidemment du côté coût, ou du côté local, ou du côté pourquoi, on va installer ça dans ce site-là, on va favoriser tel procédé par rapport à autre chose* ». D'autres connaissances que chimiques sont évoquées en passant mais ne font pas l'objet d'un enseignement spécifique, car elles sont abordées dans une autre unité.

Plusieurs insistent sur la nécessité de partir d'un cas réel ou concret, d'un procédé industriel, ce qui sous-entend en filigrane, que les exemples habituellement traités sont épurés. L'un d'eux (E7) prenant l'exemple de la détermination de la teneur en argent d'une pièce de monnaie ancienne précise qu'il faut utiliser différentes méthodes pour croiser les résultats obtenus et répondre avec certitude. La résolution du problème posé par l'étude de cas n'est pas linéaire comme dans un exercice où la suite des questions guide vers la solution. Cependant, les expériences sont conduites par E7 et non pas par les étudiants, ce qui indique que la résolution de problème fait partie de sa pratique de chercheur mais pas d'enseignant.

Si on se réfère à la définition d'une étude de cas de la littérature (Heaton et al., 2006), les enseignants sont conscients du fait qu'elle doit concerner une situation réelle, l'apprentissage ou la mise en œuvre de connaissances chimiques, mais aucun n'a évoqué une étude allant au-delà d'une séance d'enseignement. Seul un enseignant a souligné la nécessité d'une participation directe effective des étudiants et le travail de compétences qui ne seraient pas uniquement disciplinaires. De plus, alors que certains auteurs soulignent qu'une étude de cas permet de faire prendre conscience aux étudiants qu'il n'y a pas toujours une seule réponse « correcte » au problème posé⁶ (Heaton et al., 2006), E7 semble s'insurger contre cette idée « *ce qui me gêne avec cas, c'est l'exemple de la médecine, l'étude de cas en médecine c'est la différence entre les sciences dites, comment on pourrait dire sans froisser ceux qui font de la médecine ? C'est que tu vois, t'as une étude de cas et on peut des fois avoir des réponses différentes pour soigner un malade et avoir le même résultat. Alors que quand tu as, on va dire en chimie, c'est assez quand même reproductible* », « *tu sais l'étude de cas me fait penser à un truc où il peut y avoir plusieurs réponses* ». Ce désaccord est révélateur d'une position épistémologique, le chimiste peut déterminer la composition d'un système avec une quasi-certitude, et E7 n'a pas envisagé de questions environnementales où interviennent d'autres facteurs que purement chimiques et des systèmes beaucoup plus vastes que ceux qu'il a l'habitude de côtoyer.

■ Discussion

Il ressort de cette étude que les enseignants interrogés utilisent davantage les exemples pour faire fonctionner un énoncé général que pour produire une généralisation, durant les cours. Ce dernier usage s'effectue de façon traditionnelle, selon une vision inductiviste de l'enseignement des lois dans une visée de compréhension conceptuelle, sans chercher à promouvoir une culture de l'argumentation comme dans l'étude rapportée par Oliveira et Brown (2016) : l'enseignant effectue une monstration. L'utilisation d'une pédagogie plus active où les étudiants doivent puiser dans ce qu'ils ont vécu lors de leur séjour en entreprise pour « *bâtir le cours* » (E8) est le fait d'un seul enseignant de notre échantillon, en licence professionnelle. Ce peut être dû à la nature spécifique des savoirs en jeu (le traitement des déchets) ou à la personnalité de l'enseignant, qui a déclaré avoir « *une vision de la pédagogie* », ses autres collègues exerçant aussi en licence professionnelle n'ayant pas avancé cet argument.

Les enseignants sont partagés pour qualifier ce qui est fait en TD et TP, où des situations concrètes, définies sont mises en œuvre. Assiste-t-on à un glissement de sens du mot exemple ? L'exemple du cours correspondrait typiquement à un spécimen, qu'on compare à un énoncé général et pour lequel le caractère exemplaire de l'exemple jouerait, à savoir montrer ce qu'il faut comprendre ou mémoriser. Au contraire en TP il s'agit de traiter la situation pour elle-même, de parvenir à la réalisation concrète (synthèse d'espèces chimiques) ou production demandée (analyse d'une espèce chimique, d'un mélange, détermination de caractéristiques comme une concentration, etc.), qui procure des connaissances locales sur l'espèce chimique en question. Il n'y a pas de caractère exemplaire (ce qu'il faudrait imiter) ce qui expliquerait que certains ne veuillent pas parler d'exemple en TP. Par ailleurs, en TD, la mise en fonctionnement d'une règle ou d'un modèle dans un exercice constitue une application particulière de cet énoncé général et à ce titre, la résolution d'un exercice peut être considérée comme un exemple. Mais là encore il n'y a pas de côté exemplaire, de monstration de ce qu'il faut faire par l'enseignant dans la mesure où c'est l'étudiant qui agit en TP et en TD (Clanet, 2004). Certains hésitent-ils à parler d'exemples en TD et TP parce que celui qui met en œuvre l'exemple n'est plus l'enseignant ? Le côté exemplaire serait-il restreint à une présentation magistrale ?

En licence 1 surtout, les enseignants ont souligné le rôle cognitif des exemples pour atténuer les difficultés formelles, le rôle pédagogique pour assurer la cohésion des types d'enseignement, le rôle anecdotique de certains exemples médiatifs qui ont aussi une fonction de motivation. Une évolution semble avoir lieu en master et licence professionnelle où les exemples remplissent encore un rôle cognitif, mais où le rôle médiatif correspond à un objectif d'insertion dans la vie professionnelle clairement énoncé par un enseignant qui parle « *d'employabilité* ». Même si ses

⁶ Il s'agissait d'étudier le remplacement des CFC (chlorofluorocarbène) par d'autres gaz moins nocifs pour la couche d'ozone de l'atmosphère.

collègues ont été moins directs, leurs déclarations témoignent d'une préoccupation, les étudiants doivent apprendre à l'université ce qui leur sera utile pour leur vie professionnelle, constat effectué par ailleurs pour l'université en général, dont la grande majorité des étudiants ne fait pas une carrière académique (Lanarès & Poteaux, 2013). En master une plus grande maîtrise du formalisme par les étudiants (qui auraient atteint le stade de développement formel) nécessite moins d'exemples pour illustrer.

Certaines caractéristiques épistémologiques de la chimie imprègnent le discours de ces enseignants. Le recours à des exemples de la vie quotidienne ou du monde du travail atteste de la double face de la chimie, science et industrie (Bensaude-Vincent, 2004). La mention d'expériences ou de faits expérimentaux dans les cours témoigne du lien fort entre expérimentation et théorisation (Barlet, 1999). Cependant, les enseignants interrogés à une exception près ne soulignent pas la diversité des modèles abordés et par voie de conséquence la complexité que cela peut engendrer pour les étudiants. Travailler avec des constructions théoriques, au moyen d'un langage symbolique (figure 1) semble aller de soi et aucun enseignant n'a évoqué explicitement les difficultés qu'éprouvent les étudiants à appréhender la dualité macroscopique/microscopique des représentations symboliques (Houart et al., 2010). Les difficultés citées par les enseignants sont liées au caractère abstrait ou formel des concepts et à l'aspect mathématique. La difficulté qu'ont les étudiants à appréhender le caractère macroscopique et concret de certaines représentations symboliques ne ressort pas, peut-être parce que l'interrogation ne focalisait pas sur ce thème. Une perspective ouverte par cette étude pourrait être de cibler l'utilisation d'exemples à un thème particulier, la dualité macroscopique/microscopique d'un grand nombre de représentations en chimie.

Conclusion

Que ce soit à titre anecdotique ou avec une intention d'initier à la réalité du monde industriel, les enseignants interrogés ont tous recours aux exemples du domaine de la vie quotidienne ou du monde du travail. Cependant, ils ne conduisent pas d'études de cas au sens d'enseignements intégrés sur plusieurs séances visant à promouvoir des compétences transversales et pas uniquement des connaissances de chimie. Cela nécessite de mobiliser des connaissances variées étudiées dans différentes unités. La dispersion des matières entre unités aboutit à des évaluations morcelées qui ne favorisent pas une intégration des connaissances par les étudiants. Cet émiettement des matières entre unités est un témoin « *des territoires disciplinaires* » entre enseignants et conduit à faire « *perdre le sens de la formation* » aux étudiants (Altet, 2004, p.42-43). Interroger l'usage de l'exemple montre qu'il est révélateur de « *bricolages adaptatifs individuels* » (p.45) et un moyen de minimiser la division institutionnelle des enseignements. Enseigner par étude de cas permettrait-il de passer du stade des bricolages adaptatifs individuels à un changement en profondeur pour promouvoir l'apprentissage, la motivation et la réflexivité des étudiants ? Cela devrait, avec d'autres modalités, avant tout faire l'objet de discussions et de formations. Mais pour que cela soit effectivement réalisable, il faudrait que la fonction d'enseignement soit reconnue au même titre que la fonction de recherche dans la réalité de la carrière des enseignants-chercheurs.

Bibliographie

ALTET M. (2004), « Enseigner en premier cycle universitaire : des formes émergentes d'adaptation ou de la « Mètis » enseignante », *Pratiques pédagogiques dans l'enseignement supérieur : enseigner, apprendre, évaluer*, E. Annoot & M.-F. Fave-Bonnet (éd.), Paris, L'Harmattan, p.37-52.

BARDIN L. (1993), *L'analyse de contenu*, Paris, Presses Universitaires de France.

BARLET R. (1999), « L'espace épistémologique et didactique de la chimie », *l'Actualité chimique*, n°219, p.23-33.

- BELT S.T., LEISVIK M.J., HYDE A.J. & OVERTON T.L. (2005), « Using a context-based approach to undergraduate chemistry teaching – a case study for introductory physical chemistry », *Chemistry Education Research and Practice*, vol. 6, n°3, p.166-179.
- BELT S.T. & OVERTON T.L. (2007), « Context-Based Case Studies in Analytical Chemistry », *Active Learning*, volume 970, P.A. Mabrouk (éd.), Washington DC, American Chemical Society, p.87-99.
- BENNETT J. & HOLMAN J. (2002), « Context-Based Approaches to the Teaching of Chemistry: What are They and What Are Their Effects? », *Chemical Education: Towards Research-based Practice*, J.K. Gilbert, O. Jong, R. Justi, D.F. Treagust & J.H. Driel (éd.), Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, p.165-184.
- BENSAUDE-VINCENT B. (2004), « Chimie et société : des relations tumultueuses », *l'Actualité chimique*, n°280-281, p.22-24.
- BULTE A.M.W., WESTBROEK H.B., DE JONG O. & PILOT A. (2006), « A Research Approach to Designing Chemistry Education using Authentic Practices as Contexts », *International Journal of Science Education*, volume 28, n°9, p.1063-1086.
- BUTLEN D., PELTIER-BARBIER M.-L. & PEZARD M. (2002), « Nommés en REP, comment font-ils ? Pratiques de professeurs d'école enseignant les mathématiques en REF. Contradictions et cohérence », *Revue française de pédagogie*, vol. 140, n°1, p.41-52.
- CHENG V.K.W. (1995), « An Environmental Chemistry Curriculum Using Case Studies », *Journal of Chemical Education*, vol. 72, n°6, p.525.
- CLANET J. (2004), « "Que se passe-t-il en cours ?" Éléments de description des pratiques enseignantes à l'université », *Pratiques pédagogiques dans l'enseignement supérieur : enseigner, apprendre, évaluer*, E. Annoot & M.-F. Fave-Bonnet (éd.), Paris, L'Harmattan, p.93-126.
- DE KETELE J.-M. (2010), « La pédagogie universitaire : un courant en plein développement », *Revue française de pédagogie*, vol. 172, p.5-13.
- DELCAMBRE I. (1997), *L'exemplification dans les dissertations : étude didactique des difficultés des élèves*, Villeneuve d'Ascq, Presses Universitaires Septentrion.
- DUGUET A. & MORLAIX S. (2012), « Les pratiques pédagogiques des enseignants universitaires : quelle variété pour quelle efficacité ? », *Questions vives recherches en éducation*, vol. 6, n°18, p.93-110.
- EILKS I., RAUCH F., RALLE B. & HOFSTEIN A. (2013), « How to allocate the chemistry curriculum between science and society », *Teaching chemistry- A studybook - A practical guide and textbook for student teachers, teacher trainees and teachers*, I. Eilks & A. Hofstein (éd.), Rotterdam/Boston, Sense Publishers, p.1-36.
- HEATON A., HODGSON S., OVERTON T. & POWELL R. (2006), « The challenge to develop CFC (chlorofluorocarbon) replacements: a problem based learning case study in green chemistry », *Chemistry Education Research and Practice*, vol. 7, n°4, p.280-287.
- HERRON J.D. (1975), « Piaget for chemists. Explaining what « good » students cannot understand », *Journal of Chemical Education*, vol. 52, n°3, p.146-150.
- HERRON J.D., CANTU L.L., WARD R. & SRINIVASAN V. (1977), « Problems associated with concept analysis », *Science Education*, vol. 61, n°2, p.185-199.
- HOUART M., WARZEE N., WOUTERS J., RENIERS F. & ROMAINVILLE M. (2010), « La communication pédagogique en cours magistral de chimie. Peut-on améliorer son efficacité ? », *l'Actualité chimique*, n°341, p.29-32.
- JACOB C. (2001), « Analysis and synthesis », *Hyle*, vol. 7, p.31-50.
- JOHNSTONE A.H. (1993), « The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand », *Journal of Chemical Education*, vol. 70, n°9, p.701-705.
- KERMEN I. & BARROSO M.T. (2013), « Activité ordinaire d'une enseignante de chimie en classe de terminale », *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, n°8, p.91-114.

- KERMEN I. & COLIN P. (2014), « Comparaison de l'activité de trois enseignantes lors d'une séance sur les piles en classe de terminale », *Actes des 8^e rencontres scientifiques de l'Ardist*, Marseille 2014, vol. 18, n°2, p.115-123.
- LAFARGE D., MORGE L.M. & MEHEUT M.M. (2014), « A New Higher Education Curriculum in Organic Chemistry: What Questions Should Be Asked? », *Journal of Chemical Education*, vol. 91, n°2, p.173-178.
- LANARES J. & POTEAUX N. (2013), « Comment répondre aux défis actuels de l'enseignement supérieur ? », *La pédagogie de l'enseignement supérieur : repères théoriques et applications pratiques. Tome 1. Enseigner au supérieur*, D. Berthiaume & N. Rege-Colet (dir.), Berne, Peter Lang, p.9-24.
- MELIANI V. (2013), « Choisir l'analyse par théorisation ancrée: illustration des apports et des limites de la méthode », *Recherches qualitatives-Hors Série*, n°15, p.435-452.
- OLIVEIRA A. W. & BROWN, A.O. (2016), « Exemplification in science instruction: Teaching and learning through examples », *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 53, n°5, p.737-767.
- OVERTON T.L. & BRADLEY J.S. (2010), « Internationalisation of the chemistry curriculum: two problem-based learning activities for undergraduate chemists », *Chemistry Education Research and Practice*, vol. 11, n°2, p.124-128.
- OZDILEK Z. (2015), « Teaching the properties of chromium's oxidation states with a case study method », *Chemistry Education Research and Practice*, vol. 16, n°1, p.39-52.
- PARCHMANN I., GRÄSEL C., BAER A., NENTWIG P., DEMUTH R. & RALLE B. (2006), « "Chemie im Kontext": A symbiotic implementation of a context-based teaching and learning approach », *International Journal of Science Education*, vol. 28, n°9, p.1041-1062.
- PONTIN J.A., ARICO E., PITOSCIO FILHO J., TIEDEMANN P.W., ISUYAMA R. & FETTIS G.C. (1993), « Interactive chemistry teaching units developed with the help of the local chemical industry: Applying classroom principles to the real needs of local companies to help students develop skill in teamwork, communications, and problem solving », *Journal of Chemical Education*, vol. 70, n°3, p.223.
- ROBERT A. & ROGALSKI J. (2002), « Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques : une double approche », *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, vol. 2, n°4, p.505-528.
- TABER K.S. (2015), « Exploring the language(s) of chemistry education », *Chemistry Education Research and Practice*, <http://doi.org/10.1039/C5RP90003D>, consulté le 23 août 2016.
- VANDEBROUCK F. (2008), *La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants*, Toulouse, Octarès Éditions.
- VENTURINI P. (2007), *L'envie d'apprendre les sciences : motivation, attitudes, rapport aux savoirs scientifiques*, Paris, Fabert.
- VEZIN J.-F. & VEZIN L. (1984), « Schématisation et exemplification », *Actes des sixièmes Journées internationales sur l'éducation scientifique*, A. Giordan & J.-L. Martinand (éd.), p.611-618, <http://artheque.ens-cachan.fr/items/show/1163>, consulté le 6 juin 2016.