HAL open science

L'usage des exemples dans l'enseignement de la physique à l'université : un marqueur de l'identité pédagogique des enseignants-chercheurs?

Cécile de Hosson, Nicolas Décamp, Philippe Colin

▶ **To cite this version:**

Cécile de Hosson, Nicolas Décamp, Philippe Colin. L'usage des exemples dans l'enseignement de la physique à l'université : un marqueur de l'identité pédagogique des enseignants-chercheurs?. Recherches en éducation, 2016, L'usage du cas et de l'exemple dans l'enseignement supérieur: pratiques, apprentissages et rapport aux savoirs, 27, pp.19-34. hal-03197180

HAL Id: hal-03197180

https://hal.science/hal-03197180v1

Submitted on 14 Apr 2021

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.

Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

L'usage des exemples dans l'enseignement de la physique à l'université : un marqueur de l'identité pédagogique des enseignants-chercheurs ?

Cécile de Hosson, Nicolas Décamp & Philippe Colin[1]

Résumé

L'usage des exemples dans l'enseignement de la physique à l'université apparaît comme une pratique aussi banale qu'incontournable. C'est à cette pratique que nous nous intéressons ici. En tant que chercheurs en didactique de la physique, nous nous intéressons à ce que des enseignants-physiciens disent lorsqu'ils décrivent quand, comment et pourquoi ils utilisent des exemples lorsqu'ils enseignent. Ces usages déclarés sont considérés comme révélateurs du rapport que les enseignants-chercheurs entretiennent avec l'enseignement et l'apprentissage de la physique ; ils nous permettent de remonter à certaines dimensions de leur identité professionnelle, considérée dans ses dimensions épistémologiques et pédagogiques.

Si les sciences de l'éducation ont investi depuis plusieurs années l'enseignement supérieur, les travaux sur les pratiques des enseignants-chercheurs conduits dans le cadre de la recherche en didactique des disciplines (de la physique en particulier) sont eux bien plus rares. Certaines études soulignent pourtant que la communauté des enseignants-chercheurs est « façonnée » par la discipline académique dont elle se réclame, et qu'elle partage de ce fait « un même ensemble de valeurs intellectuelles ; un même territoire cognitif » (Becher, 1994, p.3 notre traduction). Pour Becher (1994), le sentiment d'appartenance disciplinaire des enseignants-chercheurs est une composante essentielle (voire première) de leur identité et de leur expertise d'enseignant ; elle inclut un ensemble de certitudes portant à la fois sur ce qui doit être enseigné et sur la manière dont cela doit être fait. Étudier les enseignants-chercheurs, du point de vue de leurs pratiques pédagogiques, de leurs représentations sur l'enseignement et/ou l'apprentissage passe vraisemblablement par une prise en compte effective de leur appartenance disciplinaire.

Dans une recherche récente (de Hosson et al., 2015), nous nous sommes intéressés aux membres d'une communauté d'enseignants-chercheurs physiciens d'une même Unité de Formation et de Recherche (UFR), en les questionnant sur leur métier d'enseignant de physique. Cette recherche est en fait née d'une commande de cette UFR dont l'objectif était d'identifier des propositions consensuelles de changement dans les modalités pédagogiques et d'organisation des enseignements de physique de niveau licence (en particulier L1). Nous avons profité de cette opportunité de pouvoir interroger des enseignants-chercheurs physiciens sur leur activité (perçue) d'enseignant et sur des changements possibles pour mieux comprendre une communauté issue d'une même discipline académique : la physique. Pour cela nous avons mobilisé le cadre de l'identité professionnelle (Dubar, 1996 ; Blin, 1997 ; Cattonar, 2001) en tant « qu'ensemble d'éléments particuliers de représentations professionnelles, spécifiquement activé en fonction de la situation d'interaction » (Blin, 1997). Il s'agissait d'envisager le groupe professionnel enseignant-chercheur comme une « subculture » caractérisée par des modes de percevoir, de penser et d'agir particuliers, et de remonter aux normes, aux valeurs et aux règles propres à leur métier d'enseignant liées à leur objet de travail et à leur pratique professionnelle (Cattonar, 2001, p.6) et donc à leur discipline d'appartenance.

[1] Cécile de Hosson, professeure, Laboratoire de Didactique André Revuz (LDAR), Université Paris Diderot. Nicolas Décamp, maître de conférences, LDAR, Université Paris Diderot. Philippe Colin, maître de conférences, LDAR, ESPE Lille Nord de France.

Dans ce contexte, le cadre de l'identité professionnelle nous a permis de saisir les raisons qui portaient les enseignants-chercheurs de physique de cette UFR à se projeter dans telle ou telle modalité d'enseignement, à valoriser (ou à dévaloriser) tel ou tel choix pédagogique. Le résultat principal de cette recherche est sans doute que l'identité professionnelle de l'enseignant-chercheur considéré dans son métier d'enseignant est marquée par son attachement au savoir de sa discipline : la physique. Ceci justifie qu'il valorise le cours magistral en tant que lieu d'exposition d'un savoir dont il convient d'admirer la beauté, la cohérence et l'attractivité, ou qu'il considère que l'enseignement relève d'une transposition quasi immédiate de l'activité de communication de la recherche. Mais il convient de signaler également que cette identité est marquée par des tensions vives entre « ce qu'il faudrait faire » et « ce que l'on fait ou que l'on est prêt à faire » ; tensions qui s'expliquent d'une part par la survalorisation de l'activité de recherche dans l'évolution de la carrière de l'enseignant-chercheur et, d'autre part, par la norme tacite sur laquelle repose l'évaluation des étudiants (vérification d'une forme d'habileté technique au détriment de la compréhension).

La spécificité de la recherche présentée plus haut résidait en ce qu'elle était circonscrite à une communauté disciplinaire particulière. Malgré tout, le questionnement restait large et portait sur des aspects non spécifiques à l'enseignement de la physique. Certes, le cadre de l'identité professionnelle nous a permis de saisir qu'une réflexion sur des modalités pédagogiques ne peut se départir de la physique elle-même, mais de fait, nous ne les avons pas interrogés sur la manière d'enseigner la physique, sur son rôle, sa nature, etc.

Le projet collectif (objet du présent dossier thématique) dans lequel s'inscrit l'étude que nous présentons maintenant a été une occasion d'enrichir et de particulariser l'étude précédente. Comme nous allons le montrer dans les lignes qui suivent (partie 1), les exemples se révèlent essentiels à l'enseignement de la physique. L'existence d'exemples dans l'enseignement de la physique semblant indiscutable, nous pouvons toutefois supposer que la manière dont ils sont choisis et mobilisés est dépendante de certaines dimensions de l'identité professionnelle des enseignants. En particulier, il est possible que cette dépendance soit liée à la manière dont l'enseignant considère la physique du point de vue de ce qu'elle est mais également du point de vue de la manière dont elle s'enseigne et s'apprend. C'est pour accéder à ces éléments de représentation que nous avons choisi d'interroger des enseignants-chercheurs de physique sur la manière dont ils utilisent les exemples dans leur enseignement (partie 2). Ces usages déclarés sont ici considérés comme de possibles révélateurs du rapport que ces enseignants-chercheurs entretiennent avec l'enseignement de la physique ; ils nous renseignent sur des dimensions particulières de leur identité professionnelle : épistémologique et pédagogique.

1. Les exemples dans l'apprentissage et l'enseignement de la physique

▪ *Pluralité d'usage des exemples en physique*

Le travail du physicien s'inscrit au sein d'une relation dialectique entre monde sensible et monde théorique, entre « deux mondes : celui des objets et événements qui réfère au monde matériel inanimé, et celui des théories et modèles qui réfère aux aspects théoriques et aux modèles des situations matérielles étudiées » (Tiberghien & Vince, 2004, p.4). Cette relation n'est pas biunivoque, elle ne fait pas correspondre une situation matérielle à une unique théorie physique et réciproquement. Ainsi, la déviation d'un rayon lumineux lors du passage d'un milieu matériel à un autre, décrite par les lois de Descartes, peut être expliquée par le principe de moindre action ou par les lois de l'électromagnétisme. À l'inverse, la seconde loi de Newton rend compte d'une multitude de situations : chute libre, oscillation d'un ressort, mouvement d'un pendule…

Si l'on considère l'exemple comme une instanciation dans une situation physique particulière d'une théorie particulière, cette instanciation présente une part d'arbitraire. Dans un contexte pédagogique, la nature non biunivoque de la relation entre situations et théories physiques laisse présager une variété de possibilités d'utilisation des exemples à laquelle peuvent correspondre

des visions différentes de l'enseignement de la physique, voire de la physique elle-même. La variété de situations dont rend compte la seconde loi de Newton permettra selon les cas d'activer des raisonnements de nature inductive ou déductive. Les différentes interprétations de la déviation d'un rayon lumineux pourront par exemple conduire à éprouver la cohérence de la physique. Par ailleurs, le processus de modélisation consistant entre autres à choisir les paramètres pertinents d'une situation physique et ce faisant à lui donner le statut d'exemple d'une loi ou d'une théorie peut être travaillé de différentes manières selon que le choix des paramètres est laissé ou non à la charge de l'étudiant.

Signalons cependant que malgré cette variété de possibilités, les exemples utilisés dans l'enseignement de la physique sont bien souvent les mêmes et sont parfois inspirés de l'histoire des sciences (pendule, plan incliné, prisme…). Ils peuvent être selon les cas support d'expérimentations directes (dans des expériences parfois elles-mêmes très idéalisées) ou d'expériences de pensée.

▪ *Exemples et apprentissage de la physique : état de l'art*

L'idée d'apprentissage par l'exemple n'est pas nouvelle puisqu'elle a formé l'un des thèmes phares de la recherche en éducation depuis la moitié des années 50. Entre les années 50 et les années 70, de nombreux chercheurs en psychologie cognitive et en psychologie de l'éducation se sont placés dans ce que le monde anglo-saxon appelait the learning-by-example paradigm afin de décrire et d'analyser les processus engagés dans la construction des concepts par l'individu. Ces exemples, bien que variés, partageaient le même principe : illustrer un concept cible ou une structure. L'une des études les plus marquantes de cette époque consistait à mesurer la capacité des étudiants à identifier, parmi un nombre donné d'exemples, ceux illustrant un même concept cible (Atkinson et al., 2000). Les chercheurs analysaient ensuite les processus qui permettaient aux étudiants de faire émerger avec succès le concept illustré. Les résultats obtenus ont influencé certaines pratiques d'enseignement en fournissant à la communauté éducative des éléments permettant de savoir comment un exemple devait être sélectionné, présenté, organisé, etc.

C'est dans ce contexte qu'est né le concept de worked-example (*ibid*.). Il s'agit d'un dispositif pédagogique qui consiste à fournir à l'étudiant un modèle de résolution experte (pour un problème donné) de manière à ce qu'il puisse l'utiliser ensuite pour la résolution de problèmes nouveaux et pas toujours isomorphes du problème initial. Ici, l'apprentissage est considéré comme « a cognitive process in which a student converts words and examples generated by a teacher or presented in a text, into usable skills such as solving problems ». Dans une étude publiée en 1989, Chi et ses collaborateurs examinent les valeurs heuristique et cognitive de problèmes de mécanique du point résolus pas à pas. Plus spécifiquement, ils étudient le lien entre la façon dont les savoirs physiques sont encodés dans les procédures expertes de résolution (celles des ouvrages de physique), et les opérations à effectuer pour conceptualiser et généraliser (gestion des implicites, mises en lien, etc.). Selon les auteurs de cette recherche, l'apprentissage par l'exemple est effectif à partir du moment où les étudiants sont capables soit de généraliser à partir d'exemples appartenant à une même classe, adressant le même concept, soit de généraliser uniquement à partir d'un exemple à condition que cet exemple soit une instanciation d'un principe préalablement étudié. Ils précisent que remarquer qu'un exemple est bien une illustration d'un principe ou d'un concept est une tâche difficile car les étudiants peinent à trouver des indicateurs de cette fonction d'illustration. Pour que cela se produise, il est nécessaire que l'étudiant infère de l'exemple résolu, un certain nombre d'éléments et de liens manquants (explicitation des conditions d'application, explicitation des conséquences des actions, établissement des relations entre actions et objectifs, et les lois et principes de la physique), de manière à ce que l'exemple et les solutions engagées puissent servir d'appui pour un transfert ultérieur. Selon Chi et son équipe, seuls les étudiants de niveau académique élevé y parviennent (Chi et al., 1989).

Les recherches conduites par André Didierjean (2001) corroborent ces résultats. Dans un article publié en 2001, il étudie à quelles conditions les sujets parviennent à adapter la solution d'un

problème à un problème différent qui nécessite la même structure de résolution. Les problèmes sont choisis de manière à ce qu'ils puissent être traités avec le même schéma de résolution. De ces recherches, il ressort que si l'on fournit au sujet, non pas une seule situation source, mais plusieurs, partageant le même schéma de résolution, alors le pourcentage de transfert spontané apparaît considérablement élevé. Les sujets comparent les problèmes sources et par cette activité de détection de similarité extraient une structure abstraite de connaissance, un schéma. En revanche raisonner par analogie en l'absence d'indices indiquant qu'il existe un lien entre les problèmes ne va pas de soi. Très peu de sujets adaptent la solution du premier problème au second.

Si de nombreux travaux montrent que c'est bien de l'activité de comparaison que provient le schéma, la structure abstraite, les résultats produits par les travaux de John Clement et David Brown (1989) et ceux de Brown (1992) à sa suite conduisent à un résultat quelque peu différent. Brown analyse l'impact de l'utilisation des exemples et des analogies sur l'apprentissage de savoirs en physique lorsque ceux-ci viennent heurter certaines idées du sens commun. Brown rappelle que dans les pratiques d'enseignement courantes (y compris celles portées par certains travaux issus de la psychologie cognitive mentionnés plus haut), l'usage de l'exemple s'inscrit dans un processus d'apprentissage qu'il qualifie « d'inductif » : une classe d'exemples (de phénomènes : une femme en train de courir, une main poussant un objet, une carabine tirant une balle, etc.) illustrant un même savoir cible est présentée aux étudiants ; à partir de cette classe d'exemples, l'enseignement présente aux étudiants le schéma de fonctionnement et les caractéristiques essentielles de la loi engagée (la troisième loi de Newton ou loi de l'action et de la réaction), loi qui sera ensuite appliquée à un exemple inédit (un livre sur une table). Selon Brown, ce processus d'apprentissage apparaît peu approprié lorsque la loi cible vient heurter les conceptions des étudiants. En effet celles-ci produisent bien souvent des schémas de pensée différents de ceux attendus, et susceptibles de perturber le déroulement du processus inductif. À partir de ce constat, Brown propose l'usage d'une analogie intermédiaire (une analogie de transition) – bridging analogy, que l'on présente en amont aux étudiants et qui va servir à expliquer un ensemble de situations. Les interactions électromagnétiques au niveau moléculaire prennent la forme de petits ressorts. C'est cette analogie qui doit servir d'appui au raisonnement et permettre aux étudiants d'accepter qu'une table exerce une force verticale et vers le haut sur un livre qui y est posé. Une étude de l'usage de l'une et de l'autre approche avec des étudiants semble indiquer une efficacité plus grande de l'analogie pour l'appropriation de la troisième loi de Newton. L'analogie proposée n'est pas à proprement parler un exemple dans la mesure où le processus de modélisation ne porte pas directement sur la situation analogique, pas plus qu'elle ne constitue le terrain d'expérimentation.

Cette brève exploration bibliographique nous permet d'ores et déjà de constater que les conditions que doivent remplir les exemples pour que l'apprentissage ait lieu semblent différer en fonction du but de cet apprentissage. Si l'apprentissage d'une procédure de type « résolution de problème » semble être favorisé par l'utilisation d'exemples, l'usage de ces derniers est plus compliqué lorsqu'il s'agit de s'attaquer en profondeur à la compréhension d'un concept, illustré dans une situation venant heurter le sens commun. Dans tous les cas, les travaux auxquels nous nous référons explorent expérimentalement ces conditions de transférabilité des exemples présentés et dégagent un certain nombre de propriétés propices à la conceptualisation. Les procédures cognitives des étudiants confrontés à un travail sur exemple sont également examinées. En revanche, nous n'avons pas trouvé d'étude s'intéressant à la nature, aux fonctions, à l'impact des exemples convoqués dans les pratiques ordinaires d'enseignement (en physique), pas plus qu'au rapport que les enseignants entretiennent avec les exemples et leur usage. Si les exemples semblent bien constituer un levier pour l'apprentissage de la physique (sous certaines conditions précisées par la recherche), la manière dont les enseignants les utilisent n'a, jusqu'à présent, pas été étudiée. De ce point de vue, notre recherche présente un caractère tout à fait novateur. Elle devrait permettre de croiser les conditions d'efficacité révélées par la recherche avec les caractéristiques valorisées par les enseignants-chercheurs que nous interrogeons. Une telle mise en perspective devrait nous permettre de remonter à certaines dimensions de l'identité professionnelle des enseignants-physiciens (considérée dans ses

dimensions épistémologique – la manière dont ils conçoivent la physique et l'activité du physicien, et pédagogique – la manière dont ils disent que la physique doit s'enseigner).

2. Usage des exemples dans l'enseignement supérieur en physique : éléments pour une problématique

Nous poursuivons ici deux objectifs. Le premier est d'alimenter l'étude comparative du projet pluridisciplinaire qui forme l'identité scientifique du dossier thématique de ce numéro ; le second est de contribuer au champ des recherches en éducation portant sur l'enseignement de la physique à l'université (considéré sous l'angle des pratiques enseignantes). Nous chercherons plus précisément ici à caractériser l'utilisation déclarée des exemples, cet objectif étant soutenu par l'hypothèse suivante : la manière dont des enseignants-chercheurs décrivent les raisons qui les portent à utiliser des exemples lorsqu'ils enseignent et ce qu'ils disent des modalités de cette utilisation fournissent des éléments de leur identité professionnelle, considérée dans ses dimensions épistémologique et pédagogique.

Dans un premier temps (et pour répondre à notre premier objectif) nous caractérisons la manière dont des enseignants-chercheurs de physique parlent de l'usage qu'ils font des exemples lorsqu'ils enseignent. Plus spécifiquement, nous étudions, dans les propos des enseignants, la nature/l'identité des exemples choisis, les rôles et les fonctions que l'enseignant-chercheur leur assigne, la temporalité de leurs usages au sein du processus d'exposition du savoir (c'est-à-dire les moments auxquels l'enseignant y a recours), et enfin leurs attributs, leurs qualités supposés. Ces éléments devraient nous permettre de remonter, dans un second temps, à des marqueurs de leur rapport à l'enseignement de la physique.

Il semble important de préciser ici que dans cette recherche nous nous intéressons à des aspects de pratiques déclarées, à ce que les enseignants disent de ce qu'ils font, et non pas à ce qu'ils font *in vivo*.

3. Les exemples dans l'apprentissage et l'enseignement de la physique

▪ *Constitution du corpus*

Notre exploration porte sur l'analyse d'entretiens individuels semi-directifs à visée exploratoire de sept enseignants-chercheurs de physique (deux professeurs et cinq maîtres de conférences) issus de deux universités différentes (voir tableau 1). Les enseignants interrogés n'avaient pas connaissance avant l'entretien du sujet précis sur lequel ils allaient être interviewés ; en revanche, ils savaient qu'ils participaient à une recherche conduite dans le but d'explorer certains aspects de leurs pratiques d'enseignement.

Parmi les enseignants-chercheurs initialement pressentis pour participer à cette étude, nous avons retenu ceux qui avaient déjà enseigné selon une modalité magistrale d'exposition du savoir de type « cours en amphithéâtre ». En effet, il nous a semblé que le « cours » constituait un espace propice à l'usage d'exemples, du fait, notamment, de la liberté laissée à l'enseignant pour choisir et organiser les contenus de savoir engagés. À l'inverse, nous avons supposé que les modalités pédagogiques de type « travaux dirigés » ou « travaux pratiques » (en tant qu'espaces d'enseignement plutôt contraints, tant du point de vue du choix des contenus travaillés que de leur organisation) pouvaient limiter les possibilités et les nécessités de recours à des usages fréquents et variés d'exemples.

Tableau 1 - Informations concernant les enseignants-chercheurs interrogés

Enseignant	*Sexe*	*Grade*	*Nb d'années d'expérience en tant qu'enseignant*	*Université*	*Durée de l'entretien*
E1	H	PU	21 ans	U1	21 min
E2	H	MCF	10 ans	U1	30 min
E3	H	PU	9 ans	U2	41 min
E4	H	MCF	25 ans	U2	25 min
E5	H	MCF	12 ans	U2	19 min
E6	F	MCF	8 ans	U2	22 min
E7	F	MCF	15 ans	U2	32 min

Le nom des universités ainsi que le nom des enseignants-chercheurs ont été codés.

Les entretiens ont été structurés autour des questions suivantes, posées dans un ordre identique à chaque fois :

- Question Q1 : Utilises-tu des exemples lorsque tu enseignes ? Pourrais-tu enseigner la physique sans utiliser d'exemple ?
- Question Q2 : Lorsque tu enseignes, quels sont éléments déclencheurs de l'usage d'un exemple ?
- Question Q3 : Quelles fonctions attribues-tu aux exemples ? Comment t'assures-tu que la fonction que tu assignes à l'usage d'un exemple a été atteinte ?
- Question Q4 : Est-ce que tu penses que l'on pourrait donner une typologie des exemples que l'on utilise dans l'enseignement de la physique ? Qu'est-ce qu'un « bon exemple » ? Un « mauvais exemple » ?

Il est intéressant de noter que la modalité « exemple » prend, dans les articles mentionnés plus haut, des formes et des sens différents : il peut s'agir d'exercices, de phénomènes naturels singuliers, d'analogies, etc. En écho à la pluralité d'acceptions mentionnée plus haut, nous avons choisi de ne pas préciser quel sens nous donnions au mot « exemple » lors des entretiens.

▪ *Méthodologie d'analyse du* corpus

Les entretiens ont été intégralement retranscrits puis analysés selon une méthode classique de catégorisation via l'identification d'unités d'enregistrement (Bardin, 1977) repérées au sein du discours des enseignants-chercheurs interrogés. Ces unités d'enregistrement correspondent aux quatre dimensions (nature / rôle / temporalité / attributs) que nous cherchons à spécifier ; elles sont repérées grâce aux marqueurs sémantiques indiqués dans le tableau 2 ci-dessous.

Le repérage d'unités d'enregistrement (UE) consiste à isoler, au sein d'un verbatim, un groupe de mots, une phrase contenant un (et un seul) marqueur sémantique. La catégorisation s'effectue par regroupement d'UE renvoyant à une même dimension ; la définition des catégories s'effectue ici *a priori*. Dans l'extrait de verbatim suivant *: «Quand je dois essayer d'expliquer le contenu et l'intérêt de l'étude de la matière condensée, je prends l'exemple de la structure du carbone dans la nature [...]. Donc là tu démarres d'exemples [...]. Tu démarres de quelque chose qui est connu, les propriétés sont à peu près connues ou en partie connues et donc voilà un exemple qui te permet là pour le coup, d'essayer d'éveiller la curiosité de l'auditeur»* (E1), on repère les UE «quand je dois expliquer… condensée» qui renvoie à la catégorie «rôle et fonction», «tu démarres d'exemples» qui renvoie à la catégorie «moment d'usage», «quelque

chose qui est connu» qui renvoie à «attributs et qualités», et «éveiller la curiosité» qui renvoie à nouveau à «rôle et fonction».

À partir de ces unités d'enregistrement, nous avons cherché à construire des catégories plus générales permettant d'accéder à certains éléments du rapport que les enseignants-chercheurs interrogés entretiennent avec l'enseignement de la physique (c'est-à-dire élément d'identité pédagogique et épistémologique des enseignants-chercheurs dans leur métier d'enseignant-physicien).

Tableau 2 - Unités d'enregistrement et type de marqueurs associés

	Unités d'enregistrement (UE)			
	Nature/identité	*Rôles et fonctions*	*Moments d'usage*	*Attributs et qualités*
Questions permettant le repérage de l'UE	Q1, Q2, Q3, Q4	Q3	Q2	Q4
Nature grammaticale des marqueurs sémantiques retenus	Substantifs	Verbes	Adverbes, conjonctions	Adjectifs
Exemples de marqueurs sémantiques retenus	Expérience, analogie, exercice	Illustrer, expliciter	Avant, après, au moment où, pendant, quand	Concret, relié à la vie quotidienne, simple, complexe

La première ligne «questions» indique la ou les questions susceptibles de révéler l'UE recherchée.

4. Résultats : l'usage des exemples vu par les enseignants-chercheurs de physique

Les résultats portent sur sept enseignants-chercheurs et ne peuvent en aucun cas prétendre à être généralisés mais présentent un caractère heuristique. S'agissant d'une étude de cas, nous avons fait le choix de procéder à une analyse qualitative des propos recueillis et de ne pas rechercher de résultats de nature quantitative (recherche d'occurrences, dénombrements, etc.).

Avant d'entrer dans les détails de la spécification de l'usage des exemples telle qu'énoncée par les enseignants-chercheurs interrogés, il est intéressant de noter qu'aucun d'entre eux ne pense qu'il est possible d'enseigner la physique sans exemple : *«Est-ce que je pourrais enseigner la physique sans exemple ? Je ne dois pas bien comprendre la question parce que je ne vois pas comment je pourrais répondre 'non'»* (E3).

En fait, l'usage de l'exemple apparaît, dans les propos des enseignants-chercheurs interrogés, comme une modalité dont l'utilisation pédagogique est systématiquement mise en lien avec la nature de la physique : *«La physique c'est une science expérimentale, c'est pour ça que l'enseignement de la physique engage forcément des exemples, c'est dans sa nature [...]. On est des physiciens et nous c'est la réalité qu'on veut comprendre et la réalité c'est que des exemples. L'abstraction elle existe mais on la construit nous à partir de cette réalité de cas particuliers».* (E5). Ainsi, l'enseignement de la physique engage l'usage d'exemples parce que, par nature, la physique est une science expérimentale et une science de la nature : *«En physique, je pense qu'il faut prendre des exemples parce que la physique c'est la loi de la nature, celle des corps morts. On étudie telle loi parce qu'elle permet d'expliquer tel phénomène»* (E4).

Si la question de l'usage ne se pose pas, les lignes qui suivent révèlent une diversité plus grande (et parfois même certaines contradictions) lorsque les enseignants-chercheurs décrivent la

nature, les fonctions, les moments et les qualités associés aux exemples qu'ils déclarent utiliser lorsqu'ils enseignent.

▪ *Nature et identité*

L'ensemble des enseignants-chercheurs interrogés s'accorde à dire que l'exemple revêt un caractère plus «particulier» que la théorie à laquelle il se rapporte : *«Les exemples sont des cas particuliers qui ont le bon goût d'être plus concrets que les généralisations dont ils sont tirés»* (E1). Son identité est définie par cet aspect «particularisé» et également par sa triple dimension «observable», «familière» et «concrète» : *«Ça n'a aucun sens [d'enseigner la physique sans exemple – NDLR], les exemples c'est hyper important, il faut partir du concret pour aller à l'abstrait, un exemple c'est le concret»* (E5). Un exemple est une situation singularisée, ancrée dans le «réel», que l'on peut voir, manipuler : *«la corde que l'on secoue pour la notion d'onde»* (E6), que l'on peut créer et que l'on peut également imaginer.

Ainsi, l'exemple peut consister en une construction mentale à partir d'objets connus et devenir une expérience de pensée, utile, par exemple, lorsque la théorie est loin du sens commun : *«D'une façon générale, j'aurais envie de dire que ce qui est intéressant, par exemple en physique quantique, c'est l'exemple de l'expérience de pensée / c'est difficile dans la physique quantique d'avoir des exemples concrets, réels, si tu ne connais pas déjà la physique quantique : c'est une physique où on calcule des probabilités d'occurrence d'événements donc il faut dès le départ redonner des bases de calcul de probabilité. Ça peut être – imaginons que je puisse faire l'expérience mille fois / c'est ça aussi prendre des exemples, c'est-à-dire d'expliquer par quelque chose que tu ne feras jamais, tu feras jamais un million de fois l'expérience / et là aussi l'expérience de pensée, imaginons qu'on la fasse on obtiendrait tant de fois telle réponse, tant de fois telle réponse. Donc c'est expliciter ce que veut dire un résultat en termes de probabilité»* (E1). Les enseignants qui évoquent l'expérience de pensée (4 enseignants sur 7) parlent également d'analogie en tant que forme souvent prise par l'exemple. Pour E1 *«il y a des analogies entre l'électromagnétisme et l'hydrodynamique, j'ai ça en tête, et donc tu peux montrer qu'il y a des équations qui sont les mêmes mais avec des objets que tu mets dans les équations, différents»* (E1). Dans les deux cas (expérience de pensée, analogie), l'exemple est le produit d'une construction mentale, d'une projection, ce qui, d'une certaine manière, est également le cas lorsque l'exemple est vu comme un exercice. Pour E3, *«chaque exercice est un exemple».* Du coup, la modalité d'enseignement TD (travaux dirigés) devient le lieu privilégié pour l'usage des exemples : *«en TD ils vont faire que des exemples [...]. Cette année j'ai pas assuré les TD mais avant j'en ai assurés / alors là c'était vraiment que des exemples mais sous forme d'exercices»* (E2).

Mais l'exemple, lorsqu'il est de nature observable, peut également prendre les traits d'une expérience : *«En physique on essaie souvent de faire une expérience quand on a les moyens de le faire / c'est pas un exemple dans le sens de faire un exercice mais c'est un exemple dans le sens de faire une expérience / je pense que ça fait partie des exemples»* (E2). L'expérience peut être réalisée dans le contexte de la séance de TP (travaux pratiques) ; l'exemple devient alors *«une étude de cas, un exemple plus élaboré, plus complexe»*. (E5). L'expérience peut également se voir réalisée dans le contexte d'un cours magistral ; on parle alors d'expérience de cours. Ainsi pour E7, *«ce qui marque, ce que les étudiants ont compris, c'est pour ça que faire des expériences en cours ce serait plus marquant, parce que quand quelque chose est vu et que ça marche, ça reste et aussi quand le résultat est inattendu»* (E7). Ce caractère inattendu (sur lequel nous reviendrons) est souligné par 5 des 7 enseignants-chercheurs que nous avons interrogés et s'incarne dans ce que trois d'entre eux nomment un contre-exemple, pris au *sens «d'expérience contre-intuitive»* (E5) et que l'un d'eux met en relation avec ce qu'il *nomme «des exemples constitutifs»* qui sont, selon lui*, «souvent historiques».* (E3).

Pour les enseignants interrogés, un exemple peut prendre plusieurs formes : il peut être virtuel, généré par la pensée ou au contraire, réel et directement observable. La diversité des termes utilisés pour le définir fait écho à celle que nous avons identifiée lors de notre revue de littérature : l'exemple est une analogie, une expérience de pensée, un TP, un exercice, etc., et

l'on peut se demander si à chaque identité correspond une fonction, un moment et des attributs particuliers.

▪ *Rôles et fonctions*

Les rôles que les enseignants-chercheurs interrogés assignent à l'usage des exemples sont de deux ordres : cognitif et motivationnel. Ainsi, l'exemple *«c'est pour un peu motiver, pour dire : "regardez, vous voyez quelque chose et on peut l'expliquer"»* (E2), pour *«bouleverser l'étudiant»* (E4), pour capter l'attention, éveiller la curiosité : *«Tu démarres de quelque chose qui est connu, les propriétés sont à peu près connues ou en partie connues et donc voilà un exemple qui te permet là pour le coup, d'essayer d'éveiller la curiosité de l'auditeur»* (E1). Aiguiser la motivation de l'étudiant par l'exemple, c'est également valoriser le caractère prédictif de la physique : *«que ce soit en cours où moi je fais l'expérience en TP ou en TD je pense que ce serait bien qu'à chaque fois ils démarrent en prédisant [...]. Et petit à petit j'ai essayé dans mes exercices de rajouter des questions "que va-t-il se passer" ou des choses comme ça»* (E2). Lorsque les enseignants-chercheurs assignent à l'exemple une fonction prédictive, c'est non seulement pour expliciter en quoi son usage peut contribuer à motiver les étudiants, mais également pour montrer comment il aide à *«déstabiliser le sens commun»* (E4). Dans ce cas, l'exemple (dans sa fonction prédictive) vise à montrer que les conséquences de la pensée naturelle de l'étudiant *«n'ont aucun sens»* (E3) : *«J'ai mis en place des expériences où je savais que l'élève donnerait une mauvaise réponse»* (E2).

L'usage de l'exemple a aussi pour but l'explicitation. E1 insiste sur le fait *«qu'avec plusieurs exemples on peut expliciter le fait qu'un objet formel peut s'appliquer à des situations très différentes»* (E1). L'exemple possède également une valeur illustrative : *«les petites boites de plexiglas remplies de petits barreaux aimantés illustrent très bien la notion de ligne de champs»* (E6). Ou encore, le *«calcul des franges d'interférence avec le dispositif d'Young»* permettrait d'approcher la notion générale d'interférences (E6). Expliciter, illustrer, les termes posent l'exemple comme instrument facilitateur de compréhension et l'opposent, d'une certaine manière, au formalisme *«pour moi un exemple c'est tout ce qui n'est pas le formalisme»* (E1), même certains enseignants-chercheurs soulignent que l'exemple peut également être utilisé pour construire le formalisme : *«Et puis il y a l'exemple ad hoc, l'oscillateur harmonique, le truc sans frottement, sans masse [...], un générateur de force harmonique, mais en fait, on s'en fiche que ce soit un ressort, on s'en sert pas du fait que ce soit un ressort, ça sert juste à résoudre une équation différentielle. Un ressort comme ça, ça n'existe pas, mais c'est un bon exemple parce que ça permet de poser et de résoudre une équation différentielle»* (E4).

Enfin, l'exemple peut également convaincre et porter l'argumentation, surtout lorsque la loi énoncée est par nature contre-intuitive. Mais on notera que l'exemple n'a pas de fonction explicative.

▪ *Moments d'usage*

La question de la temporalité de l'usage de l'exemple est celle qui semble recueillir la vue la plus consensuelle. De fait, les enseignants-chercheurs interrogés se retrouvent sur l'idée que la place de l'exemple diffère selon le rôle qu'on lui assigne : *«c'est sûr qu'on utilise des exemples / en fait je ne saurais pas dire si c'est avant la théorie ou après avoir mis les concepts en place / ça dépend un peu des cas /»* (E2). L'exemple peut trouver sa place en amont du développement formel et théorique, mais également en aval, dans un esprit plus déductif. L'objet formel est énoncé, construit, et il s'incarne ensuite au sein d'exemples choisis pour *«relaxer le formalisme»* (E1). E3 affirme qu'il utilise *«beaucoup d'exemples. À la fois en partant des exemples pour faire émerger des propriétés, voir comment les choses se comportent et aussi pour voir les conséquences de ton idée générale»*. E5 ne dit pas autre chose lorsqu'il déclare : *«À partir d'un cas particulier, tu crées le cas général. Il y a des exemples pour poser le problème, pour remonter au cas général, plus abstrait et il faut que cette abstraction elle te serve et donc tu reviens sur les exemples et tu montres que cette abstraction, elle te montre que tu peux prédire»*.

Les exemples peuvent également servir d'entrée en matière : *«Quand je dois essayer d'expliquer le contenu et l'intérêt de l'étude de la matière condensée, je prends l'exemple de la structure du carbone dans la nature. Avec les mêmes atomes de carbone, selon la façon dont tu les disposes dans l'espace, t'obtiens les deux formes principales de carbone solide qui sont le diamant et le graphite. Tout le monde connait le diamant, tout le monde connait le graphite, donc tu peux facilement dire "il y en a un qui est friable, conducteur et opaque et l'autre qui est extrêmement dur, transparent et isolant thermique" pourtant c'est les mêmes atomes de carbone et c'est juste des fractions d'Angström de déplacement d'atomes dans l'espace les uns par rapport aux autres qui fait des structures avec des propriétés aussi différentes. Donc là tu démarres d'exemples. Ceux qui n'ont jamais entendu parler de la structure d'organisation du carbone ne vont jamais identifier le diamant et le graphite. Tu démarres de quelque chose qui est connu, les propriétés sont à peu près connues ou en partie connues et donc voilà un exemple qui te permet là pour le coup, d'essayer d'éveiller la curiosité de l'auditeur»* (E1).

En général, ces exemples-là, ceux qui servent l'amont du développement théorique sont largement préparés, réfléchis : *«Choisir le bon exemple, celui qui va me permettre de démarrer, de servir après pour la théorie, c'est ce qui me prend le plus de temps quand je prépare mon cours. Tu peux pas te louper / il faut que les étudiants accrochent et il faut que ça soit parlant pour ce qui va suivre»* (E7). L'improvisation en termes d'usage apparaît également valorisée en particulier dans les moments où l'exemple vient en réponse à une question, à un doute : *«j'improvise beaucoup alors c'est rarement prémédité, sauf en L1, ça c'est moins libre alors je contrôle un peu mais même là, les exemples surgissent dans le fil de l'explication parce qu'à un moment la pédagogie impose que tu illustres ce que tu dis. Y a aussi l'exemple qui vient en réponse à une question / ou quand quelqu'un comprend pas quelque chose, tu vas chercher d'autres exemples que le seul que tu avais prévu, donc tu vas décliner une idée sur plusieurs exemples»* (E3).

- ***Attributs et qualités***

L'ensemble des enseignants-chercheurs interrogés s'accorde sur le fait qu'un exemple doit être réaliste : *«L'exemple doit être le plus réaliste possible. Sinon, c'est pas un exemple, si t'es pas proche de la réalité, c'est pas un bon exemple, ça leur parle pas : la science il faut leur prouver que ça marche, sinon ça reste du tableau noir et c'est pas convaincant s'il faut leur dire à chaque fois, "bon c'est plus compliqué que ça" [...]. Quand tu dois leur expliquer en quoi c'est un exemple, quand ils voient pas le lien spontanément avec la réalité, c'est que je me suis planté – s'ils voient pas que c'est une illustration, c'est que c'est pas un bon exemple»* (E5). L'exemple doit également s'ancrer, dans la mesure du possible, dans la vie quotidienne : *«L'idéal c'est de pouvoir leur donner des exemples de la vie quotidienne, et leur dire, ben voilà, c'est comme ça que ça marche, pourquoi ça marche»* (E4).

Cette vision réaliste de l'exemple peut sembler quelque peu contradictoire avec le fait que l'exemple doit également présenter des qualités de simplicité : *«Un bon exemple ça doit être simple, un mauvais exemple c'est quand il y a trop de dimensions qui se mélangent, trop d'idées, pour le gyroscope je faisais d'abord le vélo dans un plan perpendiculaire avant d'introduire la toupie et un angle, je réduis la complexité en réduisant le nombre de variables»* (E7). L'une des qualités essentielles d'un bon exemple serait d'embrasser un nombre réduit de variables, de dévoiler une complexité limitée et contrôlée par le but qu'on lui assigne, tout en préservant une forme de fidélité au réel auquel il se rapporte : *«L'oscillateur harmonique c'est un mauvais exemple parce que dans ce qu'on leur fait, le ressort n'a aucune caractéristique physique et on lui assigne une longueur à vide, mais ce qui nous intéresse ce n'est pas l'occupation du ressort mais la variation par rapport à la position d'équilibre et donc en fait on fait l'étude d'un générateur de force harmonique [...]. Alors bien sûr il y a la loi de Hooke mais c'est pas ça qu'on enseigne aux étudiants, on leur fait un cours sur la mécanique du point, pas du solide, on s'en fiche de la spire 24, de l'entropie du ressort, de la déformation»* (E4). En d'autres termes, cet enseignant regrette que l'on introduise la longueur à vide du ressort (qui existe dans le réel) alors qu'elle est inutile pour le traitement de l'oscillateur harmonique (qui ne dépend que de l'allongement).

En réalité, ces deux visions du «bon» exemple, de l'exemple de qualité (simplicité et réalisme) semblent se concilier au sein d'une vision pédagogique moins ponctuelle et plus longitudinale. Ainsi, il y aurait un idéal d'usage de l'exemple, fondé sur une gradation au sein de laquelle l'exemple initialement présenté sous une forme simple (et assez éloignée de la réalité) gagnerait progressivement en complexité et, donc en réalisme : *«On donne un exemple à l'étudiant, un simple, un plus complexe et puis un exemple transcendant, quelque chose qui nous bouleverse, celui qui va faire dire à l'étudiant : c'est beau ! Ça c'est l'idéal, mais l'idéal avec la physique simple, c'est difficile à atteindre. La mécanique classique, c'est pas transcendant. On construit un objet qui n'existe pas qui reproduit une situation de générateur de mouvement harmonique et puis après on remet des frottements [...]. C'est un peu plus compliqué mais aussi un peu plus réaliste»* (E4).

Plusieurs enseignants évoquent l'idée d'exemple idéal, celui qui bouleverse, qui permet d'aller à l'essentiel et qui, dans sa qualité transcendante, s'éloigne d'une dimension pratique que l'on pourrait naturellement associer à la dimension quotidienne. Ces exemples sont ceux dont les enseignants disent qu'ils révèlent ce qu'il y a de fondamental dans une situation, qui capturent le nœud d'un problème : *«Si tu peux trouver un exemple d'un truc complètement épuré où il y juste le truc dans son essence alors c'est très riche parce que ça va à l'essentiel / ce serait des exemples idéaux, qui ont pas forcément un intérêt pratique, d'ailleurs, qui capturent l'évidence. On parlait d'induction, si tu fais l'expérience, si t'as un fil de fer, t'amène un aimant et une lampe et la lampe s'allume, voilà, t'oublieras plus jamais l'induction»* (E3). Ces exemples sont certainement à rapprocher de ceux qui bousculent (et donc bouleversent) la pensée commune, ceux que l'on choisit pour leur qualité contre-intuitive : *«tu vois par exemple il y a longtemps j'avais pris deux boîtes de camembert une vide, une pleine / derrière ils se disent qu'elles n'ont pas la même masse et qu'elles n'arriveront pas au même moment en bas si je les lâche en même temps»* (E2).

Dans la section suivante, nous entendons mettre en relation les déclarations que nous avons recueillies à propos de l'usage des exemples dans l'enseignement de la physique et des éléments plus généraux constitutifs de l'identité épistémologique et pédagogique des enseignants-chercheurs interrogés.

5. Synthèse : l'usage des exemples, un marqueur du rapport de l'enseignant à l'enseignement de la physique

Notre travail est, rappelons-le, soutenu par l'hypothèse suivante : ce que les enseignants-chercheurs disent de l'usage qu'ils font des exemples lorsqu'ils enseignent nous renseigne sur la manière dont ils conçoivent l'enseignement de la physique.

▪ *L'enseignement, un espace de valorisation du métier de chercheur*

Les enseignants interrogés sont également physiciens. De fait, la manière dont ils conçoivent l'enseignement de la physique apparaît fortement marquée par leur métier de chercheur en physique, plus précisément, par l'idée qu'ils s'en font. Ainsi, s'il semble impossible d'enseigner la physique sans exemple, c'est parce que la physique dont il est question, celle dont les enseignants ont la charge, est celle qu'ils connaissent à travers leur métier de chercheur. Lorsque E5 nous rappelle qu'il est physicien, c'est pour expliciter le fait que son métier de chercheur en physique consiste à comprendre la réalité ; et c'est de cette manière qu'il justifie l'impossibilité d'enseigner la physique sans exemple : parce que la réalité dont il s'occupe en tant que chercheur *«c'est que des exemples»* (E5). Le fait que l'exemple est un moyen de *«démarrer par du concret»* (E1) de *«partir de la vie quotidienne»* (E4), semble relever du même processus de transfert de l'épistémologique (c'est-à-dire la manière dont l'enseignant perçoit la nature de sa discipline de recherche) vers le pédagogique. Le respect, et l'importance de ne pas dénaturer la physique lorsqu'elle est enseignée, tient ici lieu de didactique implicite, ainsi, le concret semble être valorisé à la fois parce que la physique est une science expérimentale et parce que ce qui

est concret est supposé plus accessible par les étudiants. Or si la situation est bien familière des étudiants, le traitement de modélisation qui lui est réservé par le physicien n'a, lui, bien souvent rien d'évident. Les enseignants-chercheurs n'en sont d'ailleurs pas dupes, la situation expérimentale étant bien perçue comme parfois «complexe».

L'ensemble de ces éléments fait écho au résultat suivant : *«la représentation de la science que se font les enseignants oriente, au moins en partie, les stratégies pédagogiques qu'ils mettent en œuvre dans la classe »* (Desautels et al., 1993). S'il existe un lien entre la représentation que les enseignants ont de la science et la manière dont ils l'enseignent (Brickhouse, 1990 ; Desautels & al., 1993), la physique enseignée par des physiciens doit présenter des traits spécifiques, marqués par une grande familiarité avec le savoir lui-même d'une part, avec les processus qui président à sa création, d'autre part.

D'ailleurs, la nature des exemples choisis par les enseignants-chercheurs constitue un autre indice de cette proximité entre activité d'enseignement et activité de recherche. Conformément à ce que nous dit E7, il semble ainsi plus facile de puiser des exemples dans son domaine d'expertise de recherche : *«En fait je ne comprends pas très bien la question : comment peut-on faire de la physique sans exemple ? Bon si / peut-être que si j'enseignais la mécanique quantique, mais par exemple / moi je suis en physique des particules, je me nourris beaucoup de mes recherches / des exemples dans ce domaine j'en donne peut-être même trop»* (E7). Ceci est sans doute à rapprocher du fait que l'exemple a une fonction de valorisation : il doit servir à montrer que *«la physique, c'est beau»* (E4). À travers leur usage, c'est leur propre attachement à leur discipline de recherche que les enseignants-chercheurs paraissent transmettre, ce qui demeure conforme aux résultats des études portant sur les pratiques pédagogiques des enseignants du supérieur (Annoot & Fave Bonnet, 2004 ; Poteaux, 2013). Rapportée à l'enseignement de la physique, l'identité professionnelle de l'enseignant-chercheur, dans son métier d'enseignant, est marquée par son attachement au savoir de sa discipline – la physique, et par la pratique de son métier de chercheur en physique. Et nous avions déjà montré que tout semblait se passer comme si l'enseignant-chercheur puisait dans son identité de chercheur les ressources pour enseigner (de Hosson et al., 2015). De ce point de vue, l'usage de l'exemple semble un révélateur efficace de la proximité entretenue par l'enseignant-chercheur entre activité d'enseignement et activité de recherche.

- ***L'enseignement, rendre l'enseignement attractif***

Si l'usage des exemples apparaît plébiscité par les enseignants-chercheurs interrogés, c'est également parce qu'il est vu comme vecteur possible de motivation. Nous le disions précédemment, l'exemple permet d'exhiber la beauté de la physique, son caractère *«transcendant»* (E3, E4), *«bouleversant»* (E4). Il est supposé pédagogiquement efficace s'il est concret, s'il se rapporte à la vie quotidienne, au familier. Vu au travers du spectre de l'usage des exemples, l'enseignement de la physique consisterait, pour partie, en la quête d'un rapprochement des étudiants avec la physique, rapprochement qui pourrait s'opérer dans le familier, le quotidien, le concret, le beau, mais aussi dans la possibilité de faire des prédictions et dans la surprise liée aux phénomènes contre-intuitifs.

Du point de vue de l'apprentissage, cela ne va pas sans poser certaines difficultés. Les enseignants-chercheurs reconnaissent que le réalisme d'une situation physique revêt un caractère complexe et qu'il est souvent nécessaire de réduire le degré de complexité en diminuant, par exemple, le nombre de variables en jeu. Mais ce passage du complexe au simple (du ressort avec longueur à vide au générateur de force harmonique, du mouvement sans frottement au mouvement avec frottements, etc.) écorne le réalisme et sa fonction d'attraction alors que les prédictions ne sont possibles que sur des situations bien contrôlées. On fait face à une contradiction où l'exemple semble devoir changer de nature selon que l'on vise la compréhension (dans ce cas on travaille avec une situation idéalisée, simple) ou l'intérêt pour la physique (dans ce cas, l'exemple doit être transcendant). Il est intéressant de noter qu'aucun des enseignants-chercheurs interrogés ne mentionne le fait que l'usage d'un exemple peut remplir cette double fonction de motivation et de compréhension (ou encore, qu'un exemple donné

permet de comprendre, et que cette accession à la compréhension peut être en soi un facteur de motivation). Autrement dit, la motivation (relevant du pédagogique) et la compréhension (relevant du cognitif) ne sont pas vues comme les éléments d'une même composante cognitive, ce dont E2 semble avoir pleinement conscience lorsqu'il dit : *«là par exemple on met en place un nouveau programme et on a défini tous les concepts qu'on veut mettre en place / et la question qu'on se pose maintenant c'est quelle expérience je vais mettre dans mon cours pour illustrer ce concept / c'est pas du tout la question est-ce que les étudiants vont comprendre»* (E2).

Cette dissociation entre pédagogique et cognitif semble également à l'œuvre lorsque les enseignants-chercheurs valorisent le recours aux exemples contre-intuitifs. Dans la plupart des cas, l'exemple contre-intuitif surprend, intrigue, éveille la curiosité et devient moteur pour entrer en physique puisque c'est lui qui donnera sens à ce qui, en première approche, semble ne pas en avoir. De ce point de vue, on accorde à l'exemple contre-intuitif une valeur pédagogique plutôt que cognitive. A l'inverse, selon certaines approches valorisées par la recherche en didactique des sciences, les situations contre-intuitives peuvent être pensées comme des leviers pour favoriser les réorganisations conceptuelles. Ces approches favorisent des situations dans lesquelles les prédictions des étudiants sur certains phénomènes sont explicitées puis mises en cause afin de créer un état de conflit cognitif. Les tentatives pour résoudre ce conflit représentent les premières étapes de l'apprentissage qui en découle, quand cet apprentissage a lieu. La création de telles situations nécessite que soient connus les prédictions possibles et les raisonnements qui en sont à l'origine et que l'on souhaite modifier. Cela nécessite donc de connaître et de prendre en compte le savoir des étudiants. Or, selon Desautels et ses collaborateurs, «composer avec le savoir des étudiants n'est pas une tâche de tout repos, donner une forme pédagogique exemplaire et cohérente à cette intention ne l'est guère plus» (Desautels et al., 1993). Cette difficulté explique sans doute que l'«on observe le recours prononcé à des stratégies d'enseignement qui sont largement dominées par le dire et le montrer et, en règle générale, peu enclines à accorder au savoir d'expérience des élèves une quelconque pertinence» (Desautels & Larochelle, 1994). La manière dont les enseignants-chercheurs décrivent l'usage qu'ils font des exemples lorsqu'ils enseignent témoigne en effet d'un attachement à une pédagogie de l'exposition (y compris sous des angles multiples et variés) du savoir. Dans la mesure où les enseignants-chercheurs ne bénéficient pas d'actions de formation leur permettant de prendre en compte la composante cognitive des étudiants, on voit difficilement comment il pourrait en être autrement.

▪ *L'enseignement de la physique : un processus inductif*

En nous intéressant aux moments où les enseignants-chercheurs déclarent utiliser des exemples, nous avons pu remonter à la façon dont ils se représentent l'apprentissage de la physique. Le modèle dominant ainsi exprimé s'apparente à une forme d'induction et c'est la multiplicité des exemples qui permettrait la généralisation donc, l'apprentissage : *«T'as vu plein d'exemples dans lesquels un concept est présent et c'est comme ça que tu te fais une image du concept / vingt fois dans des contextes différents, ça finit par faire émerger le concept»* (E3). Cette conception un peu idéalisée de l'apprentissage vient contredire les résultats des recherches que nous évoquions en début d'article. Pour que la conceptualisation s'opère à partir d'exemples, il faut que ceux-ci présentent des caractéristiques très particulières, qu'ils aient été spécifiquement conçus pour participer au processus de conceptualisation et surtout, qu'ils soient accompagnés dans cette perspective. Autrement dit, multiplier les exemples ne suffit pas à «faire émerger» le concept et c'est à cette réalité que se heurte E7 lorsqu'elle raconte : *«Par exemple, l'autre jour il fallait trouver comment la densité linéique d'une barre varie en fonction de la longueur de ρ0 à 2ρ0 ; ils ont mis une demi-heure à trouver l'équation de la droite ; au bout d'une demi-heure j'ai donné une interro avec la même chose, personne n'a trouvé. La semaine suivante, j'ai donné la même chose mais avec 3ρ0 ; au dernier TD, j'ai donné une tige de longueur L dont la température variait linéairement en fonction de la longueur l, T1 à un bout T2 à un autre. Eh bien pour trouver T(l)=T1+(T2-T1)l/L ça a bien mis dix minutes. Ils ont compris quand c'est ρ mais ils n'ont pas compris en fait, et je me dis, mais qu'est-ce qu'il se passe ?»* E3 semble avoir pris conscience des difficultés liées à une telle approche (même s'il dit la pratiquer) : *«Pour faire naître le concept d'énergie, comment je fais, pour montrer qu'il y a un truc*

qui se conserve et qui est lié au travail, etc., je prends un exemple, un objet au sol et je le monte et je regarde le travail que j'ai fourni pour lutter contre le poids, et je lâche l'objet et l'objet tombe parce que ça me restitue le travail que j'ai fourni et puis je prends un autre exemple, un ressort que je comprime / tu vois comment décliner la même chose parce que tu connais le concept d'énergie mais l'étudiant qui l'a jamais vu, tu lui fais faire les liens, tu lui montres explicitement ce qui est pareil dans ces différentes situations» (E3).

Le fait que les enseignants-chercheurs valorisent plutôt une forme d'inductivisme naïf dans l'enseignement et qu'ils sont, dans le même temps, attentifs à ne pas dénaturer la nature physique peut surprendre. L'enseignement étant en effet vu comme un espace de valorisation de leur métier de physicien, faut-il en déduire qu'ils perçoivent leur travail de recherche comme un processus relevant de l'induction ? Ou faut-il plutôt considérer qu'il met en place une conception pédagogique déconnectée de l'activité de recherche lorsqu'il s'agit non plus de parler d'enseignement mais d'apprentissage ? Dans les deux cas, cette conception des enseignants-chercheurs questionne.

Conclusion

Cette enquête présente un caractère heuristique. Les échantillons sont très faibles mais ils permettent néanmoins de dégager des catégories d'analyse pour une étude impliquant un nombre supérieur d'enseignants-chercheurs (qu'on choisira si possible issus d'universités différentes). En revanche, le fait qu'il s'agisse d'une étude de cas ne nous a pas permis de dégager des invariants au sein des verbatim (des principes partagés par la grande majorité des enseignants-chercheurs interrogés). Augmenter la taille de l'échantillon des enseignants-chercheurs interrogés offre ainsi une première perspective possible à cette recherche exploratoire. Une autre piste, compte tenu de l'attachement à l'épistémologie de la discipline qui nous a semblé important chez les enseignants-chercheurs interrogés, serait d'étendre notre étude à des enseignants du supérieur non chercheurs (enseignants des classes préparatoires aux grandes écoles, PRAG non-docteurs). Il serait en effet intéressant de comparer ces deux populations d'enseignants, en se demandant par exemple si dans les déclarations que l'on peut attendre de cette autre population, l'exemple n'aurait pas davantage de valeur pédagogique et peut-être un peu moins de valeur épistémologique.

En dehors de cette première limitation (notre faible échantillon) il est important de revenir sur le fait que notre étude ne se fonde que sur du déclaratif. De nombreuses études didactiques (Robert, 2012 par exemple) ont en effet montré qu'en matière d'enseignement, le déclaratif différait bien souvent des pratiques effectives. Il nous semble qu'il permet toutefois de donner accès aux conceptions que les enseignants-chercheurs se font de leur métier d'enseignant. Sur le sujet particulier des exemples en physique, on peut imaginer que de nombreux fossés se creusent entre théorie et pratique, les contraintes d'ordre matériel jouant en effet certainement un rôle important. Les interactions avec les étudiants et un usage plus «spontané» de l'exemple, au cours de pratiques effectives de classes permettraient également de sonder des aspects plus «didactiques» des exemples, aspects qui peuvent sembler ici un peu oubliés.

Enfin, dans une perspective comparative, si l'exemple en physique est, selon les interviewés, avant tout nécessaire du fait de la nature expérimentale de la discipline, qu'en est-il des disciplines qui ne traitent pas directement la réalité (nous pensons ici plus spécifiquement aux mathématiques)? Il sera intéressant de confronter les déclarations des enseignants-chercheurs mathématiciens à ceux des physiciens quant à l'importance et au rôle des exemples. En effet, si dans les deux cas l'enseignement passe par des exemples, il est probable que d'autres raisons soient évoquées pour les justifier ou que leur nature soit fondamentalement différente, ce qui ne manquera pas d'avoir des répercussions didactiques.

Bibliographie

ANNOOT E. & FAVE-BONNET M.-F. (2004), *Pratiques pédagogiques dans l'enseignement supérieur*, Paris, L'Harmattan.

ATKINSON R.K., DERRY S.J., RENKL A. & WORTHAM D. (2000), « Learning from examples: Instructional principles from the worked examples research », *Review of Educational Research*, vol. 70, n°2, p.181-214.

BARDIN L. (1977), *L'analyse de contenu*, Paris, Presses Universitaires de France.

BECHER T. (1994), « The significance of disciplinary differences », *Studies in Higher Education*, vol. 19, n°2, p.151-163.

BLIN J.F. (1997), « Les représentations professionnelles : un outil d'analyse du travail », *Éducation Permanente*, vol. 132, p.159-170.

BRICKHOUSE N. (1990), « Teachers' beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice », *Journal of Teacher Education*, vol. 41, n°3, p.53-62.

BROWN D.E. (1992), « Using examples and analogies to remediate misconceptions in physics: Factors influencing conceptual change », *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 29, n°1, p.17-34.

BROWN D. & CLEMENT J. (1989), « Overcoming misconceptions via analogical reasoning: Factors influencing understanding in a teaching experiment », *Instructional Science*, n°18, p.237-261.

CATTONAR B. (2001), « Les identités professionnelles enseignantes. Ébauche d'un cadre d'analyse », *Cahiers de recherche du GIRSEF*, n°10.

CHI M.T., BASSOK M., LEWIS M.W., REIMANN P. & GLASER R. (1989), « Self-explanations: How students study and use examples in learning to solve problem », *Cognitive Science*, vol. 13, n°2, p.145-182.

DE HOSSON C., DECAMP N., MORAND E. & ROBERT A. (2015), « Approcher l'identité professionnelle d'enseignants universitaires de physique : un levier pour initier des changements de pratiques pédagogiques », *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, n°11, p.161-196.

DESAUTELS J., LAROCHELLE M., GAGNE B. & RUEL F. (1993), « La formation à l'enseignement des sciences: le virage épistémologique », *Didaskalia*, n°1, p.49-67.

DESAUTELS J. & LAROCHELLE M. (1997), « À propos de la posture épistémologique des enseignants et enseignantes de science », Résultats de Recherche en Didactique de la Physique au service de la Formation des Maîtres, dans Andrée Tiberghien (éd.), *International Comission on Physics Education* – ICPE.

DIDIERJEAN A. (2001), « Apprendre à partir d'exemples: abstraction de règles et/ou mémoire d'exemplaires ? », *L'année psychologique*, vol. 101, n°2, p.325-348.

DUBAR C. (1996), « La socialisation : paradigmes, méthodes et implications théoriques », dans Bernard Franck & Christian Maroy (éd.), *Formation et socialisation au travail*, Bruxelles, De Boeck, p.25-39.

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.

DUIT R. (1991), « On the role of analogies and metaphors in learning science», *Science Education*, vol. 75, n°6, p.649-672.

DUPIN J.J. & JOHSUA S. (1989), « Analogies and "modeling analogies" in teaching: Some examples in basic electricity », *Science Education*, vol. 73, n°2, p.207-224.

HALLIDAY D., RESNICK R. & WALKER J. (2010), *Fundamentals of Physics*, New York, Wiley.

POTEAUX N. (2013), « Pédagogie de l'enseignement supérieur en France : état de la question », *Distances et Médiations des Savoirs,* http://dms.revues.org/403, consulté le 26 janvier 2015.

ROBERT A. (2012), « A didactical framework for studying students' and teachers' Activities when learning and Teaching Mathematics », *International Journal of Technology in Mathematics Education*, vol. 19, n°4, p.153-158.

TIBERGHIEN A. & VINCE J. (2002), « Études de l'activité des élèves de lycée en situation d'apprentissage de la physique », *Pluralité des langues et des supports : descriptions et considérations pédagogiques*, ENS de Lyon.