

Les connaissances professionnelles de l'enseignant : Reconstruction à partir d'un corpus vidéo de situations de classe de chimie

par **David CROSS**

thèse de doctorat en Sciences de l'éducation
sous la direction de Andrée TIBERGHIEN et Jean-François LE MARECHAL
présentée et soutenue publiquement le 8 décembre 2009

Membres du jury : Jean-François LE MARECHAL, Maître de conférences HDR, École Normale Supérieure de Sciences Lyon Andrée TIBERGHIEN, Directrice de recherche, Université Lyon 2
Gérard SENSEVY, Professeur des universités, IUFM de Bretagne Michel GRANGEAT, Maître de conférence HDR, Université Grenoble 2 Onno DE JONG, Professor of chemistry education, Karlstad University Sweden

Table des matières

Contrat de diffusion ..	6
Remerciements ..	7
Introduction ..	8
Chapitre 1 : Problématique ..	12
1.1. De l'intérêt d'étudier les connaissances professionnelles ..	12
1.2. Nécessité d'une nouvelle approche ..	12
1.3. De l'intérêt d'utiliser des données issues d'enregistrements vidéo ..	14
1.4. Caractérisation des connaissances ..	16
1.5. Synthèse de la problématique ..	16
Chapitre 2 : Cadre théorique ..	18
2.1. Cadre théorique relatif à l'action ..	18
2.1.1. Quel paradigme pour l'analyse de l'action de l'enseignant ? ..	18
2.1.2. L'action de l'enseignant dans sa classe ..	19
2.2. Cadre théorique relatif aux connaissances des enseignants ..	27
2.2.1. Le modèle de Shulman ..	28
2.2.2. Les PCK ..	30
2.2.3. Connaissances professionnelles et action ..	39
2.3. Caractérisation des PCK ..	40
2.3.1. Caractériser les PCK à partir du savoir ..	40
2.3.2. Caractériser les PCK à partir de la mise en œuvre du savoir ..	41
2.4. Synthèse du cadre théorique ..	42
Chapitre 3 : Questions de recherches et méthodologie ..	43
3.1. Questions de recherche ..	43
3.1.1. Questions relatives à la reconstruction des TPC à partir de l'action. ..	43
3.1.2. Questions relatives à la caractérisation des TPC en lien avec le savoir ..	44
3.1.3. Questions relatives à la méthodologie de reconstruction des TPC ..	44
3.2. Méthodologie ..	44
3.2.1. Présentation du cas ..	45
3.2.2. Données ..	46
3.2.3. Présentation de la méthode d'analyse ..	47
3.3. Conclusion de ce chapitre ..	63
Chapitre 4 : Analyse des épisodes interactionnels en termes de systèmes d'activité ..	64
4.1. Mise en évidence de la cohabitation, au sein de la classe, de deux systèmes d'activité ..	64
4.1.1. Méthode d'analyse des devoirs ..	67
4.1.2. Résultats de l'analyse en fonction des six critères retenus ..	72
4.1.3. Caractérisation des sujets Bac et non-Bac ..	76
4.2. Caractérisation des épisodes interactionnels en fonction des systèmes d'activité à l'œuvre ..	77
4.2.1. Le contrat didactique de la classe ..	77

4.2.2. Typologie des questions d'élèves	78
4.2.3. Mots clés issus de la caractérisation des épisodes interactionnels en fonction des systèmes d'activité.	82
Chapitre 5 : Analyse des épisodes interactionnels en fonction du savoir	84
5.1. Analyse en fonction de la vie du savoir dans la classe	84
5.1.1. Chronogénèse	84
5.1.2. Mésogénèse	87
5.1.3. Topogénèse	88
5.2. Analyse des épisodes interactionnels en termes de la nature du savoir en jeu	94
Chapitre 6 : Reconstruction des TPC	99
6.1. Méthode de reconstruction pour chaque type de TPC	99
6.1.1. Connaissances sur les difficultés des élèves	99
6.1.2. Connaissances sur les stratégies d'enseignement	102
6.1.3. Connaissances sur les buts et valeurs de l'enseignement	106
6.1.4. Connaissances sur le curriculum	106
6.1.5. Connaissances sur l'évaluation	107
6.2. Triangulation des TPC issus de la méthode de reconstruction	108
6.3. Quelques réflexions d'ordre méthodologique	112
6.3.1. Caractérisation de la méthode de reconstruction	112
6.3.2. Communiquer les TPC reconstruites	114
6.3.3. Caractéristiques du savoir en jeu dans les épisodes ayant permis de reconstruire des TPC	115
6.4. Reconstruire des TPC à partir des caractéristiques d'un ensemble d'épisodes interactionnels	117
Chapitre 7 : Mise en œuvre des TPC et reconstruction de PCK	125
7.1. Mise en œuvre des TPC	125
7.1.1. Vue globale des TPC mises en œuvre dans la séquence	125
7.1.2. Répartition des TPC en fonction de leur caractère global ou local	129
7.2. Buts et valeurs	134
7.3. Curriculum	139
7.4. Stratégies	143
7.5. Difficultés	148
7.6. Deux niveaux d'analyses : niveau du thème et de l'épisode.	153
7.7. Reconstruction des PCK	155
7.8. Retour sur les catégories de TPC	158
Chapitre 8 : Résultats	160
8.1. De l'action aux connaissances des enseignants (TPC et PCK)	160
8.1.1. Intérêt de prendre en compte des buts pour reconstruire des TPC	160
8.1.2. Description de la situation en termes de mise en œuvre du savoir	163
8.1.3. Description de la situation en termes de niveau de modélisation du savoir	164
8.1.4. Reconstruction des PCK à partir de TPC	164
8.2. Type de TPC mises en œuvre et caractérisation des TPC	166

8.2.1. Type et nombre de TPC mises en œuvre dans un enseignement de chimie	166
8.2.2. Caractérisation des TPC à l'aide de la mise en œuvre du savoir	169
8.2.3. Caractérisation des TPC à l'aide des niveaux de modélisation du savoir en jeu	170
8.3. Caractérisation de la méthode d'analyse	171
Conclusion	173
Bibliographie	178
Annexes	182
Annexe I : Transcription du discours de la classe	182
Transcription de la séance du 16 / 11 / 2006	182
Transcription de la séance du 23 / 11 / 2006	183
Transcription de la séance du 30 / 11 / 2006	185
Transcription de la séance du 05 / 12 / 2006	187
Transcription de la séance 19 / 12 / 2006	189
Transcription de la séance 21 / 12 / 2006	191
Transcription de la séance du 11 / 01 / 2007	193
Transcription de la séance du 16 / 01 / 2007	195
Annexe II : Correspondance entre les symboles utilisés dans les graphes cohésitif et les mots clés	197
Annexe III : Cohésitivité et contribution des individus pour les graphes d'implications	199
Vue globale des TPC mis en œuvre dans la séquence	200
Analyse des TPC de la catégorie « Buts et valeurs »	202
Analyse des TPC de la catégorie « Curriculum »	204
Analyse des TPC de la catégorie « Stratégies »	206
Analyse des TPC de la catégorie « Difficultés »	209
Discussion sur la méthode de reconstruction	212
Reconstruire des TPC à partir des caractéristiques d'un ensemble d'épisodes interactionnels	215
Reconstruction des PCK	222

Contrat de diffusion

Ce document est diffusé sous le contrat *Creative Commons* « **Paternité – pas de modification** » : vous êtes libre de le reproduire, de le distribuer et de le communiquer au public à condition d'en mentionner le nom de l'auteur et de ne pas le modifier, le transformer ni l'adapter.

Remerciements

La thèse est souvent décrite comme une longue marche dans le noir, on se sent seul et on ne sait pas où l'on va. Il faut croire que j'ai eu de la chance car ce n'est pas ainsi que j'ai vécu ces trois années de thèse. Cela est dû en grosse partie aux personnes avec qui j'ai travaillé et qui m'ont entouré.

Je tiens à remercier en premier lieu mes directeurs de thèse. Jean-François et Andrée, ce n'est pas le « *politiquement correct* » qui m'incite à vous remercier en premier, mais la reconnaissance pour votre engagement dans mon travail. Vous m'avez fait profiter de vos connaissances et de votre expérience, sans jamais imposer votre point de vue. Je vous remercie également pour la gentillesse et la compréhension dont vous avez fait preuve. J'espère sincèrement que vous avez pris autant de plaisir à travailler ensemble que j'en ai eu.

Hélène, en acceptant d'être filmée dans ta classe et en te prêtant au jeu de la recherche tu as rendu ce travail possible. Je te remercie chaleureusement pour avoir participé à cette aventure, d'autant plus que la place du « *cobaye* » est souvent la moins gratifiante. J'espère que tu as retiré de notre collaboration ce que tu y cherchais.

Un travail de thèse est d'autant plus riche qu'il prend place dans une dynamique de recherche. Je remercie les membres du laboratoire ICAR, qui ont su créer une telle dynamique, favorisant les échanges et la confrontation des points de vue.

Deux personnes occupent une place particulière : elles sont à la fois des collègues mais sont également devenues de véritables amies. Si le mûrissement de la thèse nécessite de pouvoir parler de son travail avec d'autres doctorants, surmonter les petits coups de blues inhérents à la condition de doctorant demande d'avoir confiance en des amies. Samira et Rita vous avez assuré avec toute votre gentillesse les deux rôles.

Si la thèse est pour le doctorant une véritable aventure, elle l'est également pour son entourage. Pour avoir su m'accompagner et m'encourager je tiens à remercier les personnes qui font partie de ma vie.

Mes parents bien sûr, qui m'ont soutenu et à qui je dois d'en être là où j'en suis aujourd'hui. Vous avez toujours été là pour moi, quelles que soient les circonstances.

Ma sœur et mon beau-frère qui m'ont toujours écouté sans jamais me juger. Votre oreille a été précieuse pendant mes moments de doutes.

Mon neveu et ma nièce. Vous m'apportez de la joie de vivre et de l'insouciance quand je prends un peu trop à cœur les petites déconvenues de la vie.

Laurent, sans qui je ne me serais pas engagé dans ce travail. Tu as toujours cru en moi.

Introduction

L'intégration des IUFM au sein des universités, la réforme de la deuxième année d'IUFM ainsi que le processus de mastérisation du concours du CAPES ont fait l'actualité ces dernières années en ce qui concerne la formation des enseignants. Ces événements s'inscrivent dans une histoire déjà mouvementée. Au cœur de ces débats il y a la question de la professionnalisation des enseignants : alors qu'à leurs débuts les IUFM proposaient une épreuve professionnelle, celle-ci a été renommée, suivant les recommandations du rapport Kaspi, par une épreuve sur dossier. Paradoxalement le haut conseil de l'éducation, dans son « rapport sur la formation des maîtres¹ » préconise une professionnalisation des enseignants. Cette question touche les différents acteurs du monde de l'éducation (Carbonneau, 1993) : les décideurs, les formateurs d'enseignants et les enseignants eux-mêmes. En ce qui concerne les formateurs d'enseignants la question qui se pose est bien évidemment de savoir comment former des enseignants professionnels. Quel que soit le point de vue sur ce qu'est un professionnel, l'existence d'un ensemble de savoirs sur lesquels repose la pratique est l'objet d'un consensus. Ainsi pour Altet et al (2001), la professionnalité d'un enseignant se caractérise, entre autres choses, par la maîtrise de savoirs professionnels divers. La production et l'étude de ces savoirs est ainsi une voie de choix pour approcher la professionnalisation des enseignants.

La façon dont sont étudiés ces savoirs montre une variété d'approches (Altet et al., 2001; Raymond, 1993). Au sein même de la communauté de recherche en éducation les propositions de catégorisation foisonnent. Nous retrouvons ainsi des « savoirs pratiques », des « savoirs praxéologiques », des « savoirs pragmatiques », des « savoirs d'expériences » etc. Cette abondance a pour conséquence de limiter les échanges entre les communautés de traditions de recherche différentes et donc de ralentir le rapprochement entre le corpus de connaissances issues des théories de la recherche en éducation et les savoirs émanant des milieux de pratiques. Ce rapprochement est pourtant nécessaire pour la mise en place de la formation d'enseignants professionnels (Carbonneau, 1993).

Le constat d'échec des grandes réformes éducationnelles des années 70 aux États-Unis a poussé les chercheurs à explorer les différences entre les savoirs sur l'enseignement des enseignants, qui travaillent dans la classe, de ceux qui forment les enseignants. Ainsi de nombreux chercheurs sont retournés dans les classes, notamment dans les pays anglo-saxons, afin de faire un tableau des connaissances dans l'action des enseignants ou pour obtenir des descriptions, selon leurs perspectives et dans leurs propres termes, des savoirs qui interviennent dans leur enseignement. Pour cela ils ont utilisé différentes conceptualisations de ce que sont les connaissances provenant des résultats de la psychologie cognitive et du traitement de l'information, ou encore basées sur une approche phénoménologique (Carbonneau, 1993).

Deux problèmes se présentent donc : d'une part une catégorisation des connaissances professionnelles foisonnantes qui brouille les pistes pour un rapprochement entre les savoirs théoriques et les savoirs émanant des milieux de pratiques. D'autre part de nombreuses conceptualisations des connaissances rendant les recherches empiriques sur les connaissances en classe difficilement comparables entre elles.

¹ http://www.hce.education.fr/gallery_files/site/19/33.pdf

Une catégorisation des connaissances professionnelles des enseignants, datant d'il y a vingt ans, est pourtant au centre de nombreuses recherches de nos jours. Il s'agit de celle qui a été appelée Pedagogical Content Knowledge par son instigateur en 1986 (L. S. Shulman, 1986). Le succès de cette catégorisation tient, en partie du moins, à son approche relativement peu théorique : le cadre théorique des PCK propose avant tout une catégorisation des connaissances sans pour autant préciser comment celles-ci sont conceptualisées. Il en résulte une multitude de recherches s'appuyant sur les PCK mais dont les conceptualisations des connaissances sont complètement différentes. Il est alors difficile, voire impossible de comparer les résultats obtenus, de construire des méthodologies fiables et surtout de raffiner ou de commenter les catégories de connaissances proposées par ce cadre théorique.

Nous proposons un travail empirique sur les connaissances professionnelles des enseignants qui sera le support d'une réflexion méthodologique. La catégorisation des connaissances professionnelles sera celle des PCK. La réflexion méthodologique nous amènera à commenter l'apport de notre conceptualisation des connaissances sur la catégorisation des PCK et inversement. Nous étudierons également les connaissances professionnelles effectivement mises en œuvre lors d'un enseignement de chimie.

Pour cela nous suivrons la démarche suivante :

Dans le premier chapitre nous préciserons notre problématique. Nous verrons que l'étude des connaissances émanant des milieux de pratique nécessite la mise en place d'une méthodologie centrée sur l'action. En effet la majorité des études sur les PCK sont basées sur des interviews ou des questionnaires. Les connaissances concernées par ces études sont reconstituées à partir de ce que les enseignants disent. Or il n'y a pas de liens clairs entre ce que disent les enseignants et ce qu'ils font dans leur classe. Pour étudier les connaissances effectivement mises en œuvre dans la classe nous proposons d'étudier les connaissances des enseignants à partir de l'analyse de l'action en classe. Nous présentons ainsi une étude qui se centre sur les connaissances en action plutôt que sur les connaissances sur l'action proposée par les études fondées sur ce que disent les enseignants. Les connaissances mises en œuvre par l'enseignant dans la classe méritent d'être caractérisées, en effet la construction d'une simple liste de connaissances présentées sous forme de catalogue semble être un outil bien pauvre pour comprendre le métier d'enseignant. Ceci est d'autant plus vrai si l'on considère l'enseignant comme un professionnel qui doit mettre en œuvre des connaissances en fonction de situations souvent complexes. Nous proposons de caractériser ces connaissances en fonction du savoir en jeu dans la classe. Nous prendrons en compte à la fois l'épistémologie du savoir en jeu et la mise en œuvre de ce savoir dans la classe. Nous verrons ensuite que pour étudier les connaissances à partir de l'action, l'utilisation de données vidéo est particulièrement recommandée. En effet il s'agit d'une source de données qui permet de rendre visible la communication entre les personnes, ce qui en fait un instrument de choix lorsqu'il faut étudier les interactions entre les acteurs de la classe.

Le deuxième chapitre sera consacré au cadre théorique. Cherchant à étudier des connaissances à partir de l'action il nous est nécessaire de définir un ancrage théorique concernant l'action pour pouvoir interpréter et analyser celle-ci. Nous prenons comme référence la théorie de l'action conjointe (Sensevy, Mercier, Schubauer-Leoni, Ligozat, & Perrot, 2005), qui présente l'avantage d'avoir été élaborée pour étudier les situations de classe et prend donc en compte la spécificité de ces situations : le savoir y est au cœur des interactions entre les protagonistes, et l'action de l'enseignant ne peut être dissociée de l'action des élèves. Cette théorie de l'action conjointe ne permet pas de prendre en

compte l'activité du professeur dans le cadre de l'ensemble de sa vie professionnelle, c'est pour cela que nous avons fait appel à la théorie de l'activité (Engeström, 1999). Celle-ci permet de prendre en compte à la fois la finalité de l'activité, la communauté dans laquelle elle prend place, les instruments mis en jeu et les règles contraignant l'activité. Nous articulons donc ces deux approches de l'action de l'enseignant en définissant celle-ci comme étant conjointe avec l'action de l'élève et orientée par le savoir en jeu, cette action est de plus orientée par des buts et prend sens en regard de la communauté au sein de laquelle cette action prend place, avec des instruments utilisés et des règles qui contraignent cette action. En ce qui concerne les connaissances des enseignants nous suivons Shulman (1986) qui propose de définir des catégories de connaissances des enseignants. Une de ces catégories de connaissances a particulièrement attiré l'attention des chercheurs et formateurs d'enseignants : les connaissances pédagogiques liées au contenu (Pedagogical Content Knowledge, PCK). Ces connaissances peuvent être définies comme les connaissances que développe un enseignant pour aider les élèves à comprendre et apprendre un contenu. Après vingt ans de débat au sein de la communauté des chercheurs en éducation, une définition qui fait consensus sur les connaissances qui font réellement partie de cette catégorie n'a pas été atteinte. Après avoir présenté brièvement les positions défendues par différents chercheurs, nous préciserons notre acceptation de ce que sont les PCK. Nous verrons ensuite comment il est possible d'articuler l'action et les connaissances. Cette partie est au cœur de notre cadre théorique, puisque tout notre travail repose sur l'hypothèse que l'étude des connaissances est possible à partir de l'action. Pour ce faire nous nous plaçons dans le paradigme de l'action située, qui définit l'action comme indissociable du contexte. Ainsi pour interpréter l'action il nous faut prendre en compte la situation. Cette approche permet de définir les connaissances non pas seulement comme ce qui est su par l'enseignant, mais plutôt comme ce qui permet de rendre compte, dans une situation donnée, de l'action de l'enseignant. Nous nommons le processus d'inférence des connaissances à partir de l'action de « *reconstruction des connaissances* ».

Le chapitre trois traitera des questions de recherche et de la méthodologie mise en place. Nos questions de recherche sont centrées d'une part sur la façon dont sont étudiées les connaissances de l'enseignante à partir de l'action, et d'autre part sur la mise en œuvre de ces connaissances par l'enseignante. Nous cherchons ainsi à caractériser notre méthode d'analyse des connaissances à partir de l'action afin de comprendre ce qui permet de passer de l'action aux connaissances, mais aussi de mieux comprendre le ou les liens entre action et connaissances. Les questions de recherche centrées sur la mise en œuvre des connaissances professionnelles lors d'un enseignement ont pour but de renseigner sur le type de connaissances mises en œuvre ainsi que de caractériser ces connaissances en fonction du savoir en jeu. A la suite de ces questions nous présentons notre méthodologie. Comme nous l'avons dit nous nous appuyons sur des données vidéo. Notre méthodologie comporte deux approches, la première consiste à analyser les données vidéo afin de construire une base de données d'extraits de clips vidéo indexés à l'aide de mots clés. La deuxième approche consiste en un traitement statistique de cette base de données. Les données vidéo présentent l'information sous forme de flux continu. La première étape de notre première approche consiste à discréteriser ce flux grâce à des unités de discours, les thèmes. Les thèmes sont définis comme des unités lors desquelles le discours est centré sur un objet de savoir. L'intérêt de ces unités est qu'elles permettent de rendre compte de l'avancée du savoir dans la classe. Nous obtenons ainsi un corpus constitué d'unités permettant de retracer la vie du savoir dans la classe. Nous opérons ensuite une sélection de moments propices à la reconstruction des connaissances. Ces moments correspondent aux

passages où les élèves posent une question à l'enseignante et à la réponse de l'enseignante à cette question. Ces passages sont nommés « épisodes interactionnels ». A ces épisodes interactionnels nous affectons des mots clés qui sont issus de notre cadre théorique. Ces mots clés prennent en compte les buts affectés à l'action de l'enseignante ainsi que les caractéristiques du savoir en jeu dans l'épisode. Nous obtenons donc des épisodes interactionnels, que l'on peut situer par rapport aux thèmes, et qui sont caractérisés par un ensemble de mots clés à partir desquels sont reconstruites les connaissances. Notre deuxième niveau d'analyse s'appuie sur un traitement statistique des données. L'idée est d'explorer les éventuels liens entre les mots clés de différentes épisodes interactionnels d'une part et entre les mots clés d'un même épisode interactionnel et les connaissances reconstruites à partir de celui-ci d'autre part.

Les chapitres quatre et cinq concernent l'analyse des épisodes en fonction des mots clés. Le chapitre quatre présente la façon dont nous avons codé les épisodes interactionnels en fonction des buts affectés à l'activité. Les deux buts que nous avons retenus sont d'enseigner une partie du programme de Terminale afin que les élèves apprennent la chimie, et de préparer les élèves à l'épreuve de chimie du Bac. Nous verrons que cette analyse n'est pas simple, elle s'appuie à la fois sur le statut du savoir en jeu par rapport aux exigences du Bac, et sur le contrat didactique de la classe. Le chapitre cinq rend compte de la façon dont nous avons codé les épisodes en fonction des caractéristiques du savoir en jeu dans l'épisode.

Le chapitre six est consacré au processus de reconstruction des connaissances à partir des épisodes interactionnels. Il s'agit d'une explicitation d'un processus complexe qui s'appuie sur le sens qui est donné à l'action des protagonistes de la classe. Lors de ce chapitre nous verrons également que les connaissances reconstruites sont de natures différentes, et que ces différences jouent un rôle sur la façon dont sont mises en mots ces connaissances.

Le chapitre sept présente l'analyse de la mise en œuvre des connaissances lors de l'enseignement. Nous verrons quelles sont les caractéristiques des connaissances en fonction de l'avancée du savoir dans la classe ainsi que du savoir en jeu dans les épisodes.

Enfin nos résultats sont présentés dans le chapitre huit. Nous verrons dans ce chapitre de quelle façon nous pouvons répondre à nos questions de recherche.

Chapitre 1 : Problématique

Dans cette partie nous présentons notre lecture de la littérature sur les connaissances professionnelles des enseignants. Cette analyse nous permet d'apprécier l'importance d'étudier les connaissances professionnelles des enseignants. La façon dont est abordée l'étude de ces connaissances est discutée, et nous montrons l'intérêt d'approcher ces connaissances à partir de l'action de l'enseignant. Mener à bien ce projet d'étude des connaissances à partir des actions demande de mettre au point un dispositif de recherche adapté. Nous montrerons pourquoi les données issues d'enregistrements vidéo de classe sont particulièrement adaptées à notre recherche. Enfin nous soulignerons l'importance de caractériser les connaissances professionnelles des enseignants.

1.1. De l'intérêt d'étudier les connaissances professionnelles

Altet (2001) note que le métier d'enseignant est en pleine transformation. En effet les études sociologiques montrent que l'enseignant est en train de passer, dans ses fonctions, du statut d'exécutant à celui de professionnel. Altet (2001) définit le professionnel comme « *un praticien qui a acquis par de longues études le statut et la capacité à réaliser en autonomie et en responsabilité des actes intellectuels non routiniers dans la poursuite d'objectifs en situation complexe.* » Cette professionnalité se caractérise par des schèmes de perceptions, d'analyse, de décision, de planification, d'évaluation et autre, qui permettent de mettre en œuvre des savoirs. Ce que Altet nomme schèmes nous le qualifions de connaissances, autrement dit à la base du travail de l'enseignant il y a des connaissances (Tardiff & Lessard, 1999). Lorsque l'on s'intéresse à la professionnalisation des enseignants il est donc indispensable de se pencher sur ces connaissances. Loughram (2004) note que la valorisation du métier d'enseignant, qui passe par la reconnaissance de l'enseignant en tant que professionnel, passe, entre autre, par la mise en évidence des connaissances professionnelles utilisées par les enseignants.

1.2. Nécessité d'une nouvelle approche

Une analyse de la littérature consacrée aux connaissances professionnelles des enseignants liées au contenu montre une diversité de méthodologies employées pour étudier ces connaissances. Ces méthodologies ont été mises au point afin de pouvoir étudier les connaissances des enseignants dans des buts et des contextes différents. Ces méthodologies présentent un point commun pour la majorité d'entre elles : elles étudient les connaissances des enseignants que ceux-ci disent utiliser, ou qu'ils développent au cours de formations proposées par les chercheurs. Pour preuve regardons quelques-unes de ces méthodologies :

1. Angel et al (2005) ont utilisé un questionnaire destiné aux enseignants et dans lequel sont posées des questions relatives au contenu (dans ce cas la physique) et à la pédagogie. Cette étude a été menée dans le cadre d'une comparaison entre des enseignants novices et experts.
2. Van Driel et al (1998) ont, quant à eux, étudié l'évolution des connaissances professionnelles des enseignants de chimie. Les enseignants suivaient un stage, conçu par les chercheurs, consacré au développement de telles connaissances dans le cadre de l'enseignement de l'équilibre chimique. Les enregistrements audio de ce stage, puis les séances de classe consacrées à l'équilibre chimique ainsi que les réponses des enseignants à des questionnaires ont constitué les principales données de cette recherche.
3. Dans leur étude sur les liens entre les connaissances des enseignants et les changements survenus dans les connaissances des élèves, Magnusson et al (1992) ont utilisé des questionnaires destinés aux enseignants et aux élèves. Il s'agissait de la seule source de données.
4. La capacité des enseignants à diagnostiquer les difficultés des élèves a été l'objet de la recherche menée par Morrisson (2003). Plusieurs types de données ont été collectés dans le cadre de cette étude : observations en classe, interview de l'enseignant avant et après la classe, planification de l'enseignant, travail écrit des élèves.
5. Dénonçant « l'amnésie professionnelle » touchant la profession d'enseignant, c'est-à-dire l'éternel recommencement, pour les enseignants novices, de mettre au point des « stratégies » permettant d'enseigner un contenu, Bucat (2004) a cherché à établir une liste de connaissances professionnelles liées au contenu dans le cas de la chimie. Pour cela il s'est servi de son expérience professionnelle en tant qu'enseignant de chimie à l'université.

Remarquons la place prépondérante dans ce corpus de recherche du questionnaire ou de l'interview de l'enseignant. Dans ces études portant sur les connaissances professionnelles des enseignants utilisant un de ces dispositifs, les chercheurs font l'hypothèse qu'il existe un lien entre ce que les enseignants disent de leur activité et ce qu'ils font effectivement. Ceci n'est pas sans poser de problèmes surtout lorsque ces données ne sont pas complétées par une observation en classe (voir *infra*).

Ces études montrent également que les connaissances professionnelles sont très difficiles à catégoriser et à documenter. Plusieurs raisons peuvent être avancées :

1. Pour Schön (1987), les théories et les connaissances qui sous-tendent les pratiques des enseignants leur sont tacites. Ils ont donc du mal à relier leur pratique et leurs connaissances. Kagan (1992) avance le même argument en montrant que les enseignants n'ont pas conscience de leurs connaissances.
2. Kagan (1992) ajoute que de demander aux enseignants d'expliquer le lien tacite entre leurs pratiques et leurs connaissances ne fait pas partie de ce qui leur est usuellement demandé, ils manquent du vocabulaire relatif à l'enseignement et de l'apprentissage. Carter (1993) va plus loin en disant qu'il n'existe de toute façon pas de langage ou de structure permettant de discuter les connaissances des enseignants et sont ainsi insaisissables.
3. Enfin, une troisième source de difficulté vient de ce que ces connaissances sont souvent associées à des événements et des élèves particuliers, et sont contextualisées. Les enseignants partagent ainsi, plutôt que des connaissances, des activités, des procédures et autres qui ont des répercussions implicites sur

leurs pratiques (Kagan, 1992). Loughran et al. (2004) observent pour leur part que, lorsqu'on demande aux enseignants de parler de leurs connaissances, ils parlent de leurs pratiques, ce qui semble indiquer qu'il est difficile pour un enseignant de parler de ses connaissances.

L'étude des connaissances professionnelles des enseignants à partir de ce qu'ils en disent présente donc un certain nombre de désavantages : les enseignants n'ont peu ou pas conscience de leurs connaissances, le plus souvent ils ne possèdent pas d'outil de communication pour parler de ces connaissances, et ils éprouvent des difficultés à parler de leurs connaissances en dehors de tout contexte. Ces observations nous conduisent à vouloir étudier les connaissances professionnelles à partir de l'action de l'enseignant. Dans ce cas de figure, l'objectif n'est plus de faire expliciter à l'enseignant des connaissances, mais d'inférer, à partir de l'observation de ses actions, des connaissances qui ont pu être mis en œuvre et permettant de donner du sens aux actions de l'enseignant. Nous parlerons, afin de qualifier ce processus d'inférence, d'une « reconstruction » de connaissances.

1.3. De l'intérêt d'utiliser des données issues d'enregistrements vidéo

Notre analyse de la littérature ne met en lumière qu'une seule recherche prenant comme source principale de données l'observation en classe. Il s'agit des travaux de Morrison & Lederman (2003) (voir *supra*). Leurs observations étaient basées sur une grille d'analyse afin d'obtenir des données quantitatives. L'utilisation d'une grille d'analyse limite fortement la quantité de données qu'il est possible d'obtenir ; or l'activité de l'enseignant en classe est une activité complexe (Altet et al., 2001). L'utilisation d'une grille d'analyse est donc fortement réductrice, et induit une représentation limitée de ce qui se passe en classe. De plus elle implique une analyse *a priori* des observables pertinents pour l'étude des connaissances professionnelles, les allers-retours entre les données empiriques et le cadrage théorique sont pratiquement impossible tant la grille d'analyse ne fournit que des données reliées au cadre théorique. Ces allers-retours nous semblent être importants lorsqu'il s'agit de mettre au point une méthodologie nouvelle.

L'utilisation de données issues d'enregistrements vidéo permet de contourner cette limitation. Pour comprendre comment, il nous faut nous interroger sur la fonction de ces enregistrements vidéo dans une recherche. La recherche nécessite des traces à partir desquelles travailler (Van Der Maren, 1995). Ces traces sont nécessaires car l'observation des états des objets observés et de leurs transformations est éphémère. Ainsi l'analyse du chercheur ne peut se faire qu'à partir de ces traces, d'ailleurs le discours du chercheur ne porte que sur celles-ci. L'obtention de ces traces nécessite l'utilisation d'un instrument, qui n'est pas sans incidence sur la qualité des traces obtenues. La vidéo est un instrument permettant de récolter ces traces, au même titre qu'un questionnaire ou une grille d'observation. La recherche ne porte donc pas sur l'humain, mais sur les traces instrumentées de l'activité de l'humain. Les propriétés de ces traces ont une incidence très grande sur la méthodologie, les résultats, l'administration des preuves, bref sur l'ensemble de la recherche. Mais avant tout chaque instrument permet d'obtenir des traces plus ou moins adaptées à ce que le chercheur tente de mettre en évidence, au type de situation observée ou au type de recherche souhaité.

La vidéo est particulièrement pertinente pour obtenir des traces des interactions entre les personnes. Ceci tient à une de ses principales propriétés : elle rend la communication entre les personnes visible (Goldman & McDermott, 2007). Pour Tiberghien et Sensevy (En préparation) cette propriété explique pourquoi les chercheurs privilégient cet instrument lors de l'observation de situation de classe, où la communication est forcément impliquée. Certaines caractéristiques permettent d'expliquer pourquoi la vidéo permet de rendre visible la communication :

- Reconstruire les événements : les données vidéo, en approchant l'observation directe, permettent de rendre compte de ce qui se passe. Elles fournissent donc des données optimales lorsqu'on s'intéresse à ce qui se passe « réellement » au lieu d'un compte-rendu de ce qui s'est passé. Les enregistrements vidéo remplacent en partie le biais du chercheur qui fait une observation de terrain par le biais technologique de l'appareil. Ainsi, contrairement à des notes de terrain ou des observations basées sur une grille qui distinguent des aspects importants et d'autres non-importants, les enregistrements vidéo gardent la trace de ce qui s'est passé de la façon dont cela s'est passé. Les vidéos produisent des données plus proches des événements tels qu'ils ont eu lieu que les autres sources de données.
- Permanence de l'information : les données vidéo présentent l'avantage de fournir des informations permanentes, contrairement à une observation sur le terrain par exemple. Cet avantage est partagé par d'autres sources de données comme les enregistrements audio par exemple. La permanence de l'information permet :
 - un visionnage illimité de ce qui a été filmé. Des phénomènes n'apparaissent, parfois, qu'au bout d'un certain nombre de visionnages du même événement.
 - le visionnage des événements enregistrés par plusieurs chercheurs. Ce qui permet de confronter des points de vue, d'établir un groupe de recherche ...
- Densité de l'information : les interactions entre les acteurs d'une classe sont très complexes. Entre ce que l'enseignant dit, ce que les élèves répondent, les chevauchements dans les tours de parole entre élèves et entre l'enseignant et les élèves, la position des acteurs, leurs gestes, les objets matériels avec lesquels ils interagissent ... Seule la vidéo permet de rendre compte au mieux de cette complexité grâce à la densité de l'information que ce type de données présente.
- Variété des analyses : les données vidéo ont l'avantage de pouvoir être utilisées dans des méthodologies variées. Ainsi par exemple le visionnage « à la sourde » d'une séance de classe enregistrée permet de mettre en évidence des schémas de position de l'enseignant (Forest, 2006). Les vidéos peuvent aussi être visionnées en accéléré, au ralenti ...

Nous proposons donc une étude des connaissances basée sur l'observation de l'activité de l'enseignant dans sa classe, utilisant des données issues d'enregistrements vidéo ce qui nous permettra d'adopter une configuration relativement souple dans notre démarche de recherche : nos *a priori* lors de la prise de données ont moins d'impact sur la suite du travail en utilisant la vidéo au lieu d'une grille d'observation. Un processus d'aller-retour entre la théorie et les données est ainsi rendu possible, nous permettant d'affiner nos hypothèses au fur et à mesure de l'avancement de la recherche. Notre démarche de recherche adopte une configuration plus souple.

1.4. Caractérisation des connaissances

Comme nous l'avons vu plus haut, Bucat (2004) parle d'amnésie professionnelle concernant les enseignants, au sens où chaque enseignant novice doit construire, à travers son expérience, un répertoire de connaissances professionnelles qui lui permet d'enseigner efficacement un contenu particulier.

Plusieurs auteurs, notamment en didactique de la chimie, ont formulé le besoin de constituer, à travers la recherche, un tel répertoire (Bucat, 2004; van Driel et al., 1998). Ainsi plusieurs recherches ont permis de mettre à jour les connaissances professionnelles utilisées par les enseignants lors de leur activité en classe (Rollnick, Bennett, Rhemtula, Dharsey, & Ndlovu, 2008). La recherche sur les connaissances professionnelles ne peut se contenter d'un simple « catalogage » car ces connaissances et leur étude posent des problèmes de définition et de méthodologie. Il est donc nécessaire de s'interroger sur la façon dont ces connaissances sont caractérisées, à partir de la littérature et de ce qui émerge de l'étude de la mise en œuvre des connaissances professionnelles lors d'un enseignement. La caractérisation des connaissances professionnelles est d'autant plus importante qu'elle nous semble nécessaire si l'on veut pouvoir les transmettre un jour aux futurs enseignants. Pouvoir proposer une structuration de ces connaissances grâce à leur caractérisation permettra de répondre à l'observation de Carter (1993) (voir supra) concernant le manque de structure et de mots pour parler des connaissances professionnelles.

Notre problématique s'articule donc autour de deux questions :

- comment reconstruire des connaissances professionnelles à partir de l'observation des actions de l'enseignant dans la classe, et quelles sont les connaissances mises en œuvre par l'enseignant lors d'un enseignement ?
- comment caractériser et quelles sont les caractéristiques des connaissances professionnelles reconstruites ?

Ces questions seront précisées à la lumière de notre cadrage théorique présenté dans le chapitre suivant. Celui-ci est construit en deux parties :

- la première partie, relative à la première question, cherche à articuler une théorie de l'action à une théorie des connaissances professionnelles.
- la deuxième partie s'intéresse à la caractérisation de ces connaissances à travers une description du savoir en jeu et de sa mise en œuvre.

Nous mènerons, à partir de cette étude sur les connaissances professionnelles des enseignants mises en œuvre en classe, une réflexion sur l'utilisation de données issues d'enregistrements vidéo de situations de classe.

1.5. Synthèse de la problématique

Notre analyse de la littérature nous a permis de dégager plusieurs points en ce qui concerne l'étude des connaissances professionnelles des enseignants. Premièrement, peu d'études se sont centrées sur l'observation des connaissances mises en œuvre dans la classe, la plupart se basant sur ce que les enseignants disent de leurs connaissances. Or plusieurs auteurs soulignent que la relation entre ce que les enseignants disent à

propos de leurs connaissances et les connaissances qu'ils utilisent n'est pas évidente. Des études concernant les connaissances effectivement mises en œuvre dans la classe sont donc nécessaires, nous proposons donc d'étudier les connaissances de l'enseignant à partir de ses actions dans la classe. Deuxièmement, l'utilisation de données issues d'enregistrements vidéo de situations de classe permet de rendre compte, bien mieux que des données issues d'autres types d'instruments, des actions des protagonistes de la classe. De plus, ce genre de données permet d'adopter une démarche de recherche relativement souple, basée sur des allers-retours entre les données et la théorie en vue d'affiner la méthode de reconstruction des connaissances à partir des actions de l'enseignant et des élèves. Enfin, plusieurs auteurs ont fait remonter le besoin de constituer des catalogues de connaissances professionnelles. Or ces catalogues ne seront mis en valeur et opérationnels, que ce soit pour la recherche ou pour servir en formation des enseignants, qu'à condition de pouvoir caractériser les connaissances constituant ces catalogues. Nous proposerons donc une caractérisation des connaissances mises en œuvre par l'enseignant.

Chapitre 2 : Cadre théorique

Comme il l'a été présenté dans notre problématique, nous cherchons à étudier des connaissances professionnelles de l'enseignant à partir de son activité dans sa classe. Nous devons donc faire appel à un cadre théorique portant sur l'activité de l'enseignant et qui permet de prendre en compte ses connaissances professionnelles. En ce qui concerne l'étude de l'activité de l'enseignant en classe nous nous plaçons dans le cadre de la théorie de l'action conjointe (Sensevy et al., 2005). Cette théorie présente l'avantage d'avoir été élaborée pour étudier les situations de classe et prend donc en compte la spécificité de ces situations : le savoir y est au cœur des interactions entre les protagonistes. Cette théorie de l'action conjointe ne permet pas de prendre en compte l'activité du professeur dans le cadre de sa vie professionnelle, c'est pour cela que nous avons fait appel à la théorie de l'activité (Engeström, 1999). Celle-ci permet de prendre en compte à la fois la finalité de l'activité, la communauté dans laquelle elle prend place, les instruments mis en jeu et les règles contraignant l'activité. La théorie de l'activité n'est pas *stricto sensu* une théorie mais plutôt un système de pensées ou une métathéorie destinée à supporter des théories plus spécifiques (Appert, 2007). Les connaissances professionnelles de l'enseignant seront vues sous l'angle du modèle de Shulman (1986), et plus précisément des PCK (Pedagogical Content Knowledge : Connaissances pédagogiques liées au contenu). Il nous semble important de situer, d'un point de vue plus global, notre positionnement théorique ; pour ce faire nous adoptons le paradigme de la cognition située.

Le deuxième point de notre problématique est de caractériser les PCK. Nous partons de l'hypothèse que celles-ci étant, par définition, reliées au savoir (ou contenu), la caractérisation de ce savoir nous permettra en partie de caractériser les PCK. Cette caractérisation du savoir se fera suivant deux points de vue : suivant la nature du savoir (son épistémologie) et la façon dont il est mis en œuvre dans la classe.

2.1. Cadre théorique relatif à l'action

Nous présentons dans ce chapitre le cadre théorique relatif à l'action. Tout d'abord nous présentons le paradigme dans lequel nous nous situons, celui de la cognition située, puis la théorie de l'action conjointe et pour finir la théorie de l'activité.

2.1.1. Quel paradigme pour l'analyse de l'action de l'enseignant ?

Les recherches sur les pratiques enseignantes ont débuté dans le cadre du paradigme du « processus-produit ». Celles-ci tentaient d'identifier les comportements d'enseignant associés à la réussite pédagogique mesurée sur la base des progrès des élèves, eux-mêmes souvent évalués par des questionnaires avant et après enseignement. Ces études cherchaient à mettre en évidence un lien entre des variables caractérisant des processus (comportement de l'enseignant) et les produits (réussite des élèves). Les résultats montrent

que les liens entre processus et produits ne sont pas très évidents et soulignent la complexité de l'activité de l'enseignant.

Parallèlement au paradigme « processus-produit », les recherches sur les pratiques enseignantes se sont orientées vers la description et la modélisation de l'activité cognitive des enseignants (Tochon, 1993). Cette autre orientation impliquait de voir les pratiques enseignantes comme étant contrôlées par l'activité cognitive (Altet, 2002). Il s'agit ici d'un paradigme cognitiviste.

D'autres recherches sur les pratiques enseignantes se sont fondées sur des paradigmes issus de champs connexes à celui de l'éducation. Parmi ceux-ci nous retenons la cognition située, qui est directement issue de la théorie de l'action située. L'action située repose sur une hypothèse forte : les actions sont toujours socialement et physiquement situées, et il est indispensable de prendre en compte la situation pour donner du sens à l'action. La situation est constituée des ressources et des contraintes qui peuvent jouer un rôle significatif, mais n'est pas préexistante à l'action. La cognition située reprend l'idée, issue de l'action située, que la situation est essentielle pour donner du sens à l'action, situation et action étant intimement liées. Ainsi, chaque activité cognitive doit être interprétée au regard de la situation dans laquelle elle survient.

2.1.2. L'action de l'enseignant dans sa classe

Nous cherchons à étudier les connaissances professionnelles de l'enseignant à partir de son action dans la classe. Il nous faut donc un cadrage théorique nous permettant d'interpréter et d'analyser l'action. Nous prenons comme référence la théorie de l'action conjointe (Sensevy et al., 2005) que nous présentons ci-dessous, ainsi que la théorie de l'activité (Engeström, 1999). Nous faisons référence à cette dernière afin de prendre en compte les différentes finalités que l'enseignant peut affecter à l'action d'enseigner de la chimie.

2.1.2.1. Une action conjointe centrée sur le savoir

La théorie de l'action conjointe s'intéresse plus spécifiquement à l'action didactique. Dans le concept d'action didactique, Sensevy entend par *action* le fait d'agir. Il note toutefois que son acceptation du terme est compatible avec le concept d'activité dans la théorie de l'activité (voir *infra*) dans le sens où elle partage un certain nombre de positions épistémologiques de ce qu'est l'agir, notamment l'importance du social dans la production des pensées et des conduites. Soulignons aussi qu'elle s'insère bien dans notre paradigme de l'action située du fait qu'elle refuse une vision mentaliste², et qu'elle accorde une grande importance au contexte.

Le terme didactique a ici une portée très générale et fait référence à « ce qui se passe quand quelqu'un enseigne quelque chose à quelqu'un d'autre (ce quelqu'un d'autre pouvant être soi-même) ». L'action didactique prend donc le sens de « ce que des individus font dans des lieux où l'on enseigne et où l'on apprend ». L'action didactique se distingue d'autres types d'actions par deux points :

- l'action dans la classe est conjointe c'est-à-dire que, pour donner du sens à ce que fait l'enseignant, il est nécessaire de prendre aussi en compte ce que font les élèves. L'auteur note en effet que « *le terme enseigner, d'une certaine manière, demande*
- ³ *le terme apprendre ; le terme apprendre demande le terme enseigner. Il existe*

² Qui reviendrait à considérer l'action comme indépendant de son contexte.

certes des moments où quelqu'un enseigne sans que personne n'apprenne rien ; on peut d'autre part clairement apprendre certaines choses sans être enseigné. Mais ce qui caractérise une institution didactique, c'est qu'on y enseigne à des personnes sensées apprendre. » (Sensevy, 2007).

- L'autre caractéristique de l'action didactique est qu'elle est centrée sur le savoir. Celui-ci est au cœur de la « transaction⁴ » entre l'enseignant et les élèves. Ainsi cette transaction est modelée par le savoir en jeu dans la transaction.

L'action de l'enseignant en classe ne peut pas être interprétée à travers les seuls déterminants internes à la classe. Ainsi Sensevy (2007) précise que « *[l'activité de travail] trouve certains de ses buts non dans l'immédiateté de l'action, mais dans une structure intentionnelle qui la dépasse : pour le professeur, la nécessité d'honorer les programmes, une manière de faire décidée et produite collectivement dans l'établissement, un rapport particulier à tel ou tel parent d'élèves ou organisation de parents d'élèves, etc. » (page 21). Afin de prendre en compte cette structure intentionnelle, la théorie de l'activité est particulièrement adaptée, puisqu'elle permet de définir l'activité en fonction de ses buts.*

2.1.2.2. Une action orientée par des buts

La théorie de l'activité est issue des travaux des théoriciens et psychologues soviétiques du début du XXème siècle (Vygotski et Leontiev principalement). Engeström (1999) a développé cette théorie et en a montré la pertinence pour l'analyse des systèmes complexes. De nombreux auteurs ont utilisé cette théorie pour analyser les situations d'apprentissage en classe (Rex, Steadman, & Graciano, 2006).

La théorie de l'activité affirme que les actions sont toujours insérées dans une matrice sociale. Ainsi, la prise en compte du contexte pour la compréhension de l'activité et de l'interaction collective est le caractère fondamental de la théorie de l'activité. Ce point de vue est très proche de celui de la théorie de la cognition située. D'après la théorie de l'activité, les actions des protagonistes de la classe sont orientées par des buts afin d'atteindre des résultats. Un « *système d'activité* » peut être défini pour chaque but. Il s'agit d'un ensemble dont les parties, que nous appelons composantes, sont dépendantes les unes des autres et contraignent les actions menées dans un but. Ces composantes sont de nature sociale ou physique.

2.1.2.2.1. Le système d'activité

Pour Engeström, l'activité est le fruit d'une interaction entre différentes composantes, qui peuvent être des individus et/ou des communautés, des objets matériels et/ou symboliques ou encore des règles qui régissent les activités humaines. L'ensemble de ces composantes et les interactions entre celles-ci sont représentées au sein d'un système d'activité, qui définit l'unité d'analyse de l'activité.

Les différentes composantes du système d'activité sont :

- l'objet ou but de l'activité, qui va orienter l'activité ;
- le résultat de l'activité, vers lequel est projeté l'objet de l'activité. Il s'agit d'un résultat attendu, ou escompté ;
- le sujet, qui est la personne dont on prend le point de vue ;
- la communauté, représentant l'ensemble des personnes qui partagent le même objet ;

- Les règles, qui peuvent être soit explicites soit implicites et qui contraignent les actions du système.
- La division du travail qui répartit les rôles entre les protagonistes du système.
- Les instruments qui sont les outils de la médiation entre les personnes et les objets ou entre les personnes.

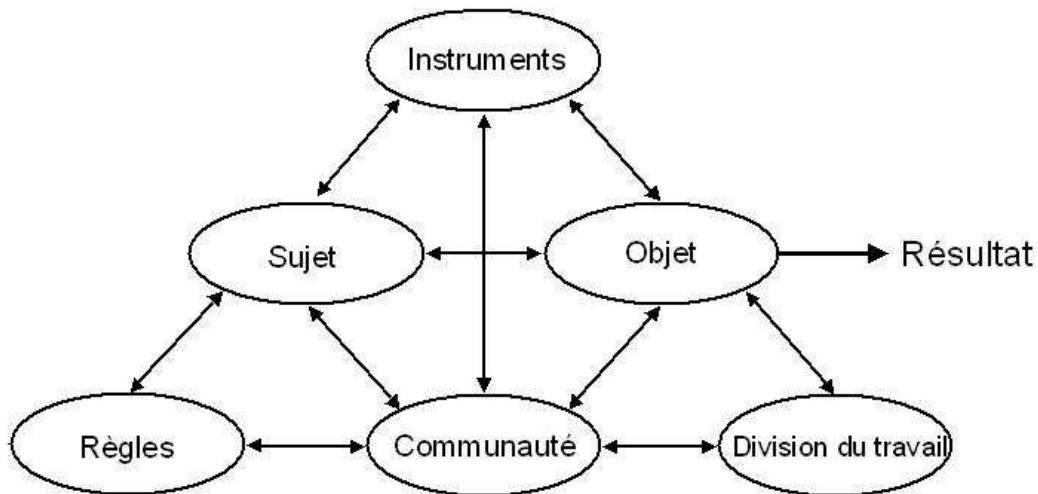


Figure 1 : Représentation du système d'activité.

L'activité de l'enseignant en classe sera modélisée à partir de la finalité de ses actions, c'est-à-dire, dans le cadre de la théorie de l'activité à partir des résultats escomptés. Définir l'objet et le résultat escompté de chaque système d'activité nécessite de définir les autres éléments de celui-ci. Nous présentons donc ces différents éléments pour chaque système d'activité retenu pour l'analyse de nos données, ce qui nous permettra, en sus, de préciser les liens qui peuvent exister entre les systèmes d'activité.

2.1.2.2. Systèmes d'activités définis à partir de l'enseignement d'un contenu

Nous faisons le choix de ne regarder que les finalités liées au contenu, c'est-à-dire les résultats attendus de son enseignement. Nous faisons l'hypothèse qu'en ce qui concerne l'enseignement de la chimie en Terminale, les actions de l'enseignant dans la classe répondent à deux buts : l'enseignement du programme de chimie et la préparation à l'épreuve de chimie du Baccalauréat. Nous replaçons ainsi l'activité de l'enseignant dans une intentionnalité ; les actions de l'enseignant qui sont liées au savoir (ici la chimie) sont orientées vers deux buts et visent à atteindre deux résultats : que les élèves apprennent la chimie et qu'ils réussissent l'épreuve de chimie du Bac. Nous ne décrivons pas ces systèmes d'activité de façon exhaustive, nous ne mettons en avant que les éléments qui nous semblent les plus importants pour comprendre les différentes activités de l'enseignant.

- Système d'activité lié à l'apprentissage de la chimie

L'objet de ce système d'activité est l'enseignement d'une partie du programme de chimie aux élèves. Le résultat attendu est que les élèves apprennent de la chimie. L'objet et le résultat attendu sont présents, explicitement, dans le programme officiel. En effet, on y retrouve le contenu à enseigner, ce qui spécifie l'objet du système d'activité, ainsi que des compétences exigibles qui spécifient le résultat attendu de l'activité.

Par exemple, en ce qui concerne le contenu, le programme officiel précise : « Introduction du pH et de sa mesure ». Ainsi, l'objet du système d'activité sera, en partie, d'introduire la notion de pH ainsi que la mesure de cette grandeur.

Une partie des compétences exigibles correspondant à l'enseignement de ce contenu est : « Connaître la définition du pH pour les solutions aqueuses diluées ». Cette compétence exigible spécifie un des résultats attendus à la suite de l'introduction de la notion de pH.

Le sujet, c'est-à-dire la personne dont on prend le point de vue, est l'enseignant. La communauté est constituée de l'ensemble des élèves de la classe et de l'enseignant.

Les règles qui régissent cette activité sont de plusieurs origines :

- Issues de l'institution : il s'agit de règles qui sont les mêmes pour toutes les classes de Terminale, par exemple le fait qu'il y ait des travaux pratiques en demi-classes ainsi que des séances en classe entière. Ces règles sont extérieures à la classe puisqu'elles ne sont pas instituées par celle-ci.
- Provenant du contrat didactique : il s'agit ici de règles qui sont internes à la classe. Elles sont propres à chaque classe ; la façon dont chacune fonctionne repose sur ces règles. Prenons comme exemple un enseignant qui, lors de la séance qui suit celle de travaux pratiques, reprend pas à pas chaque étape des TP. L'enseignant attend de ses élèves qu'ils suivent la correction, et les élèves attendent de l'enseignant une correction du TP. La division du travail répartit les rôles attribués par l'institution école d'une part à l'enseignant et d'autre part aux élèves. Toutefois les rôles à la fois des élèves et de l'enseignant peuvent être variés. Ainsi, dans une même classe, l'enseignant peut incarner un rôle de guide pour les élèves dans la découverte et l'appropriation de nouveaux savoirs, et les élèves celui de découvreur ; les élèves sont alors en charge de leur progression. A un autre moment l'enseignant peut, au contraire, incarner l'autorité en matière de savoir, les élèves sont alors des récepteurs du savoir dispensé par l'enseignant.

Les instruments sont nombreux dans ce système d'activité. Ils peuvent être matériels ou symboliques. Les instruments matériels sont par exemple le manuel scolaire utilisé par la classe, le matériel de laboratoire utilisé en TP (pipette, Becher, solutions ...), la fiche de TP, distribuée aux élèves, qui les guide dans la progression de l'activité. Les instruments symboliques sont essentiellement le langage et les gestes. Nous appellerons ce système d'activité, dans la suite de ce travail, système d'activité Chimie.

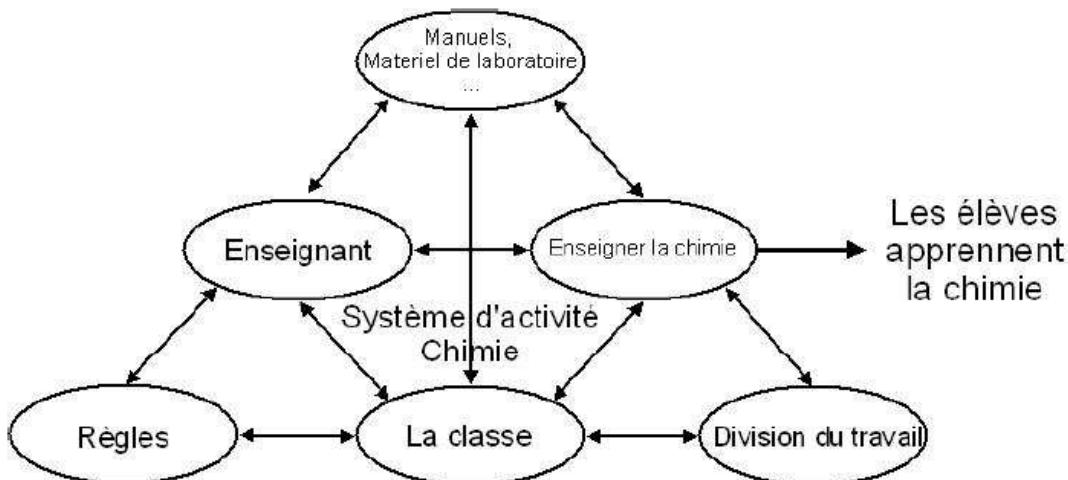


Figure 2 : Représentation du système d'activité Chimie.

- Système d'activité de préparation à l'épreuve du Baccalauréat

La classe de Terminale se caractérise par l'épreuve du Baccalauréat qui clôture l'année. Examen national, sa mise au point ainsi que sa notation sont extérieurs à la classe. En effet, l'enseignant ne choisit pas le sujet de l'examen et ne corrige pas les copies de ses élèves ; l'enseignant de Terminale a à sa charge de faire en sorte que le maximum d'élèves réussisse cette épreuve.

L'objet de ce système d'activité, que nous appellerons système d'activité Bac, est la préparation, en classe, des élèves à l'épreuve de chimie du Baccalauréat. Le résultat escompté est la réussite des élèves à cette épreuve. Le programme officiel précise l'objet de ce système en spécifiant le contenu, c'est-à-dire sur quoi l'examen est susceptible de porter, et les compétences exigibles, c'est-à-dire ce que les élèves doivent savoir faire. Le sujet est, là encore, l'enseignant, et la communauté est la même que pour le système chimie : les élèves de la classe ainsi que l'enseignant. Les règles et la division du travail sont potentiellement identiques à ceux du système Chimie. Les instruments de ce système incluent, outre ceux du système chimie, des instruments spécifiques : les annales du bac ainsi que les compétences exigibles à la fin de la classe de Terminale présents dans le programme officiel.

Le système d'activité Bac est donc proche du système d'activité chimie. Il en diffère cependant par son objet :

- celui du système Chimie est d'enseigner une partie du programme afin que les élèves apprennent la chimie ;
- celui du système Bac est de préparer les élèves au Bac en s'assurant que les élèves maîtrisent les compétences exigibles spécifiées dans le programme officiel, cette préparation passe aussi par un entraînement aux types d'exercice présents au Bac (à l'aide des annales).

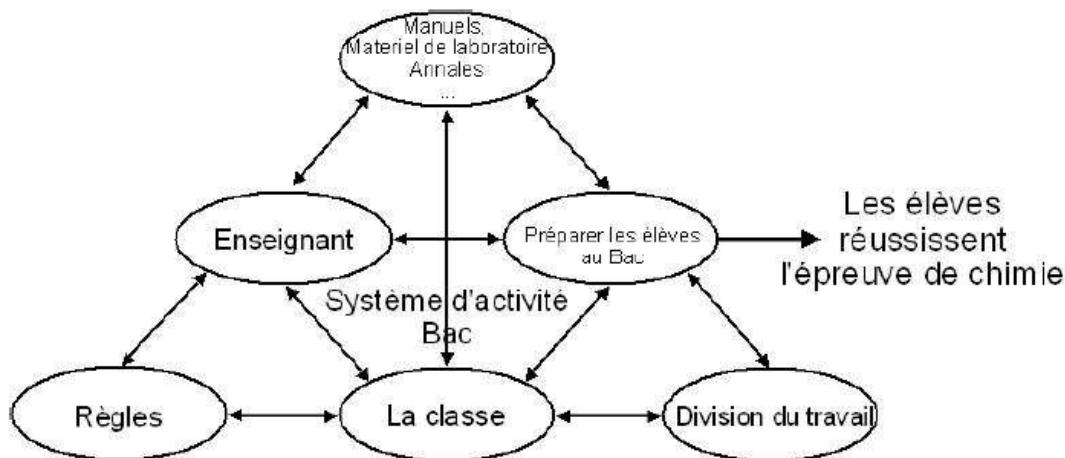


Figure 3 : Représentation du système d'activité Bac

2.1.2.2.3. D'autres systèmes d'activité

Sensevy (2007) note, à propos de l'action didactique, que l'étude de la classe nécessite la prise en compte et l'analyse de ce qui se passe *in situ* mais ne peut s'y restreindre. Il est donc nécessaire d'étendre le champ d'analyse à l'extérieur de la classe. Dans les termes de la théorie de l'activité, cela se traduit par le fait que les systèmes d'activité ne sont pas isolés les uns des autres, mais qu'ils existent au sein d'un réseau formé par d'autres systèmes d'activité. Ainsi, l'enseignement de la chimie, et surtout des Travaux Pratiques, ne peut se résumer à ce qui se passe en classe. En effet, la préparation du matériel, la mise au point des expériences fait appel à des individus absents des communautés des systèmes Bac et Chimie (le personnel du laboratoire de chimie du lycée). De plus, ces réseaux de systèmes d'activité ne sont pas figés dans le temps, mais au contraire évoluent, apparaissent ou disparaissent. Cette dynamique s'explique à travers les contradictions, d'origine interne ou externe, qui habitent un système d'activité. Par exemple, dans le système d'activité Chimie, les manuels scolaires sont des instruments. Ils ont pour but de servir de support à l'apprentissage des élèves, mais ils sont aussi des objets marchands. Ils sont donc source de contradictions internes pour ce système : les buts du système produisant les manuels scolaires ne sont pas obligatoirement en accord avec ceux du système dans lequel ils seront utilisés. Le but du système d'activité produisant les manuels est de produire des manuels qui se vendent bien, le but du système d'activité chimie (qui utilise ces manuels) est d'enseigner la chimie. Les deux buts sont distincts et peuvent même être antagonistes. Des contradictions externes peuvent naître dans un système. En effet, dans le cas du système Chimie, certaines règles (par exemple : alternance des TP de chimie et de physique) sont extérieures à ce système et peuvent desservir l'enseignement de la chimie si l'enseignant désire, par exemple, effectuer deux TP de chimie à la suite afin que les élèves fassent plus facilement le lien entre les notions abordées lors de ces deux séances. En cas de conflit, le système est déstabilisé et évolue afin d'internaliser la contradiction.

Nous introduisons deux systèmes d'activité supplémentaires qui permettent de replacer les systèmes Chimie et Bac dans leur contexte : le système d'activité correspondant à la participation de l'enseignante à un groupe de recherche développement sur l'enseignement de la chimie (groupe SESAMES), et le système d'activité relatif à son appartenance au laboratoire de chimie du lycée

Le système d'activité SESAMES

L'enseignant que nous avons suivi a fait partie d'un groupe de recherche et développement appelé SESAMES (Situations d'Enseignement Scientifique : Activité de Modélisation, d'Évaluation de Simulation). Ce groupe est constitué d'enseignants de chimie et de chercheurs en didactique. Son but était de réfléchir sur l'enseignement afin d'améliorer ou de faciliter l'apprentissage des élèves. Cela c'est traduit, pour la partie qui nous concerne, par un travail sur les feuilles de Travaux Pratiques (TP) destinées aux élèves. Ces feuilles de TP ont été mises au point par un collègue enseignant du lycée dans lequel exerce l'enseignant observé. Celles-ci ont été modifiées, tant sur la forme que sur le fond par le groupe SESAMES. L'objet de ce système d'activité est de modifier les textes de la fiche de TP distribuée aux élèves. Le résultat attendu est l'amélioration de l'apprentissage des élèves. Le sujet est l'enseignant ; la communauté est l'enseignant étudié, les enseignants et les chercheurs participant au groupe. Les règles sont issues de sources différentes : d'une part des institutions encadrant les réunions SESAMES (INRP, UMR ICAR) (Fréquence et durée des réunions ...) et d'autre part sont co-construites par le groupe lui-même (règles de fonctionnement, sujet abordé ...).

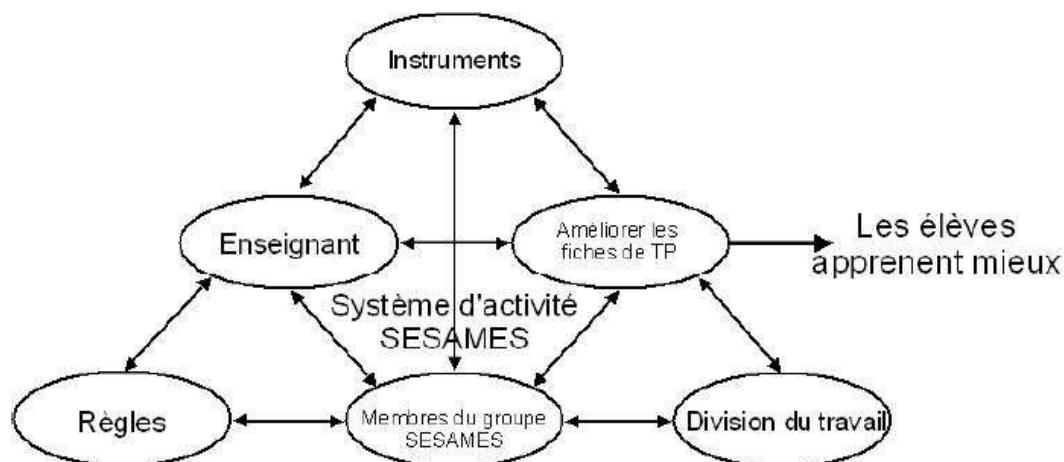


Figure 4 : Représentation du système d'activité SESAMES.

Le système d'activité relatif à l'organisation des séances de Travaux Pratiques

L'enseignement de la chimie au lycée s'appuie sur un laboratoire. Celui-ci a pour rôle de gérer et de préparer le matériel, ainsi que de mettre au point de nouvelles expériences à proposer aux élèves, et ceci pour l'ensemble des enseignements de chimie. Un autre rôle du laboratoire est d'agencer l'ensemble des séances de travaux pratiques de toutes les classes du lycée afin de réduire les manipulations de matériel : si toutes les classes font le même TP dans la même semaine, le même matériel ne sera préparé qu'une seule fois.

L'objet de ce système d'activité, que nous nommerons système d'activité Laboratoire, fait écho au rôle du laboratoire (organiser les séances de TP de l'ensemble des classes du lycée, gérer le matériel de laboratoire pour un fonctionnement harmonieux des classes de chimie). Le sujet est l'enseignant et la communauté est constituée de l'ensemble des enseignants de chimie du lycée ainsi que du personnel du laboratoire de chimie du lycée (une technicienne et une employée). Les règles sont en grande partie co-construites par la communauté et la division du travail est nette : les enseignants conçoivent leur TP ; ils demandent en conséquence le matériel nécessaire que le personnel du laboratoire prépare puis installe dans les classes.

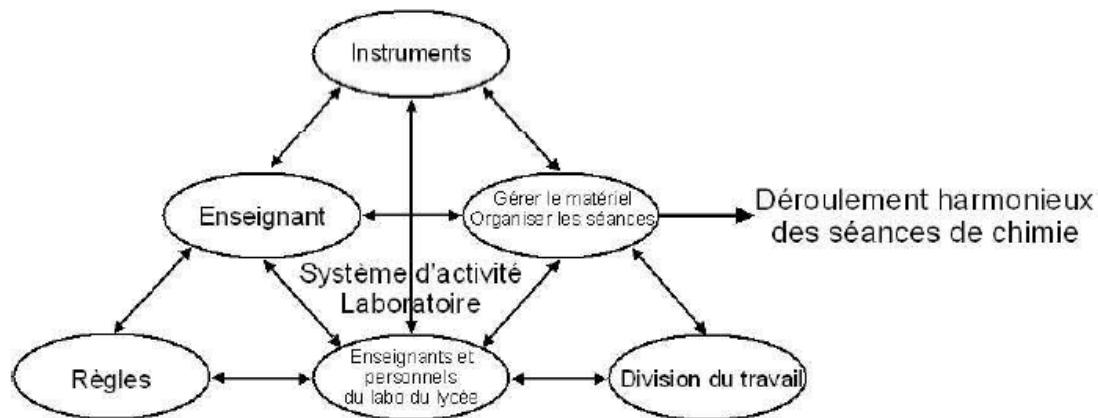


Figure 5 : Représentation du système d'activité Laboratoire.

2.1.2.2.4. Liens entre les systèmes d'activité

Les quatre systèmes retenus pour modéliser l'activité de l'enseignant partagent le même sujet : l'enseignant, ce qui relie chacun des systèmes d'activité. Ainsi, l'enseignant est à la fois un enseignant de chimie, un préparateur au Bac, un membre du laboratoire du lycée et un innovateur en enseignement. D'autres liens unissent ces systèmes :

- le système SESAMES modifie des fiches de TP, qui sont ensuite utilisées comme instruments dans les systèmes Chimie et Bac ;
- le système Labo produit des règles portant sur l'organisation des TP de chimie (les TP de chimie de la classe se déroulent toutes les deux semaines) qui vont contraindre les systèmes Chimie et Bac ;
- les systèmes Chimie et Bac partagent la même communauté, une partie des instruments, des règles et des divisions du travail. Notons également que ces deux systèmes d'activité prennent place dans le même lieu : la classe. L'enseignant doit donc répartir le temps de la classe entre ces deux systèmes d'activité.

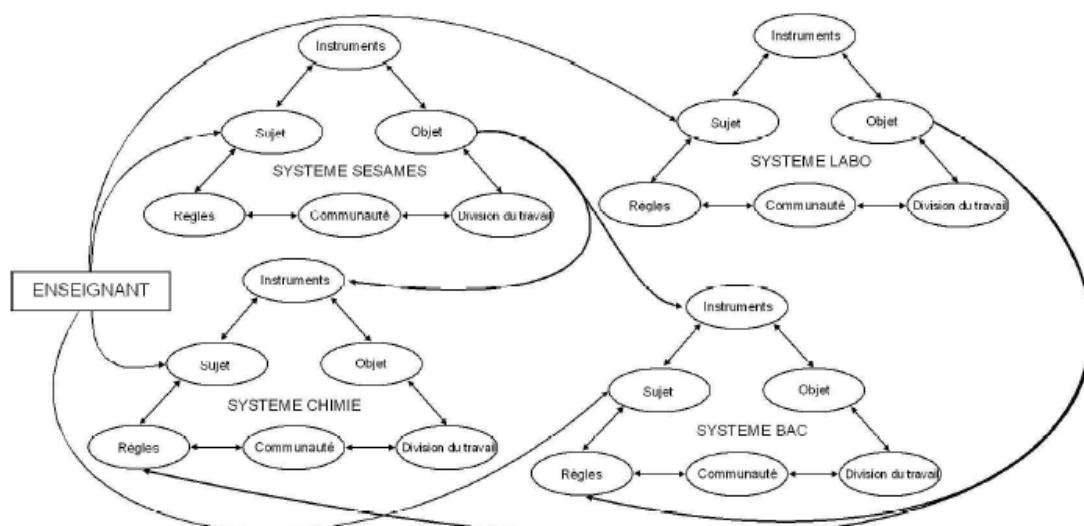


Figure 6 : Représentation des liens entre les quatre systèmes d'activité. Les quatre systèmes sont liés de différentes manières.

Nous venons de voir dans cette partie consacrée à notre cadre théorique sur l'action que nous considérons l'action comme située socialement et physiquement. De plus, nous suivons Sensevy lorsqu'il dit que l'action de l'enseignant ne peut être dissociée de l'action de l'élève et que cette action est orientée par le savoir en jeu dans la classe. Enfin nous avons vu que l'action est orientée par des buts. Quatre systèmes d'activité ont ainsi pu être définis. Ils nous permettent de prendre en compte les buts qui orientent l'activité de l'enseignant. Il nous a semblé nécessaire de détailler ces systèmes d'activité, sans pour autant être exhaustif, afin de bien illustrer à la fois la complexité du métier d'enseignant (l'activité de l'enseignant de chimie ne peut se réduire à enseigner la chimie) et la variété des relations entre les différentes activités de l'enseignant.

2.2. Cadre théorique relatif aux connaissances des enseignants

L'enseignant est tenu pour être un des facteurs les plus importants dans l'apprentissage des élèves (Abell, 2007), mais quelles caractéristiques des connaissances de l'enseignant sont cruciales pour favoriser l'apprentissage des élèves ? Est-ce qu'un enseignant qui a de bonnes connaissances en sciences enseigne mieux les sciences ? Pour répondre, entre autres, à ces questions, la recherche en éducation s'est penchée, depuis de nombreuses années, sur les connaissances des enseignants. Fenstermacher, cité par (Abell, 2007), a développé une classification de ces recherches dans laquelle il distingue celles portant sur les connaissances à propos de l'enseignement (connaissances formelles) de celles acquises par les enseignants au cours de leur activité d'enseignement (connaissances pratiques).

La recherche des années 60 et 70 sur l'enseignement des sciences s'inscrit dans le premier courant, définissant les connaissances des enseignants comme un élément statique (une compétence ou une qualification) d'une catégorie plus large : les caractéristiques des enseignants. Ces caractéristiques sont comparées à la pratique des enseignants ou aux productions des élèves. Dans ce premier courant, la professionnalité enseignante était l'objet de recherches et l'accent était mis sur la production d'une « base de connaissances » pour identifier les connaissances formelles nécessaires à l'enseignement.

Dans les années 80, la recherche sur les connaissances des enseignants a changé grâce à de nouveaux programmes de recherche. Dans ces programmes, les enseignants étaient vus comme les « connasseurs » et l'intérêt s'est porté sur leurs connaissances professionnelles ; ces travaux se situent dans le deuxième courant de la classification de Fenstermacher. La perspective est donc passée des connaissances à propos de l'enseignement produit par des tiers aux connaissances des enseignants construites par les enseignants. L'enseignant est donc vu comme détenteur et producteur de son propre savoir.

Bien qu'appartenant à ce même courant de recherche, les travaux de Shulman (1986) se différencient du reste de ces travaux en ce qu'ils cherchent à répondre à la question : *Quelles connaissances sont essentielles pour enseigner* ? Pour cela, il étudie des enseignants de différentes disciplines (anglais, sciences, etc.). Ses travaux ont porté sur les connaissances des enseignants relatives à la fois à leur discipline et à l'enseignement. Ces

travaux marquent de ce fait un tournant dans la recherche sur les bases de connaissance des enseignants.

Ce qui suit présente un modèle de connaissances de l'enseignant fondé sur les travaux de Shulman. Ce modèle ne fait pas l'unanimité au sein de la communauté des chercheurs en didactique et plusieurs de ses paramètres font débat. Nous préciserons donc notre point de vue et le modèle retenu.

2.2.1. Le modèle de Shulman

Shulman est parti du constat que les investigations portant sur les connaissances des enseignants portaient soit sur les connaissances disciplinaires, soit sur les connaissances pédagogiques. Pour Shulman, ces recherches ne permettaient pas de répondre à une question essentielle : quelles connaissances sont nécessaires pour enseigner la chimie ? l'histoire ? etc. Il a donc proposé un modèle des connaissances des enseignants permettant de répondre à cette question.

Ce modèle permet de distinguer différents types de connaissances de l'enseignant et de les catégoriser. Ces catégories forment la base de connaissances⁵ (*knowledge base*) de l'enseignant dont la structure fait débat. Shulman lui-même a proposé plusieurs versions de la catégorisation des connaissances de l'enseignant. Carlsen (1999) en a répertorié pas moins de quatre. Ainsi, dans son article de 1987 (Shulman, 1987) le modèle présenté comprend les catégories de connaissances suivantes : *Curriculum, Apprenants et apprentissages, Pédagogie, Connaissances Pédagogiques liées au Contenu, Philosophie buts et objectifs, Contexte et Connaissances disciplinaires*. Dans un article précédent (Shulman & Sykes, 1986), des catégories supplémentaires sont présentes : *Culture générale et Aptitude à la communication*, et une autre ne l'est pas encore : la catégorie *Contexte*.

La typologie constituant la base de connaissances proposée par Grossman (Abell, 2007) (Figure 7) est directement issue des travaux de Shulman, tout en reprenant de nombreux travaux sur les connaissances d'enseignants de sciences ; elle semble donc bien acceptée par la communauté des chercheurs en éducation. Dans ce modèle, les connaissances des enseignants peuvent appartenir à quatre catégories en relation entre elles :

⁵ Le terme de base de connaissance est issu du paradigme cognitiviste, qui n'est pas le nôtre. Nous conservons toutefois ce terme pour des raisons de clarté. Nous discutons plus loin de l'utilisation de ce modèle au sein d'un paradigme de la cognition située.

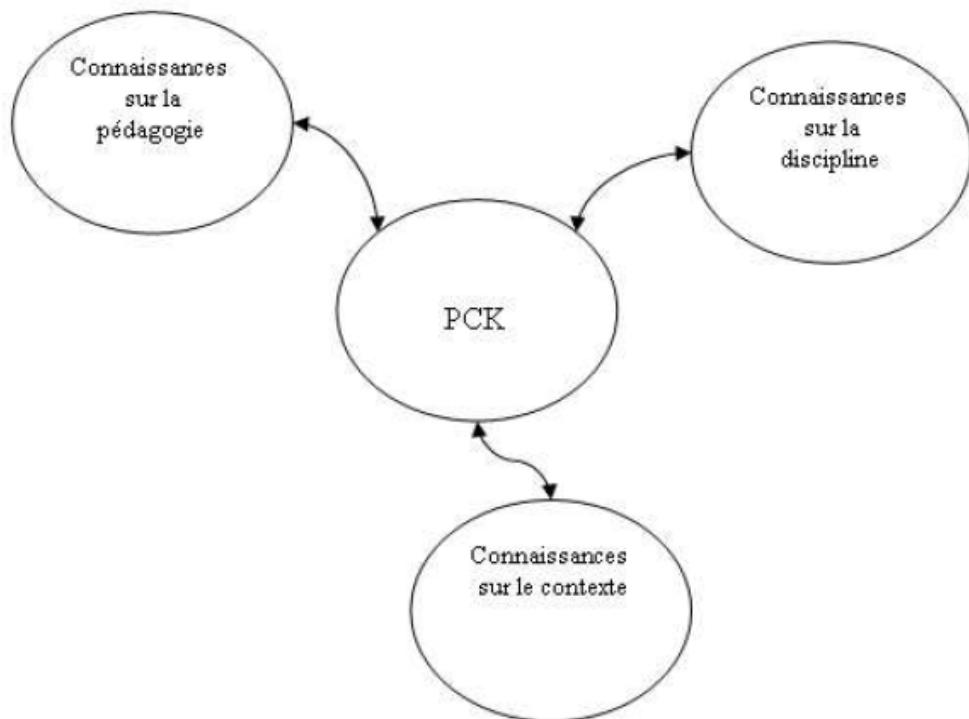


Figure 7 Catégories de connaissances professionnelles de l'enseignant d'après Grossman.

- Les connaissances du contenu disciplinaire : il s'agit des connaissances que l'enseignant est chargé d'enseigner aux élèves, mais ses connaissances disciplinaires ne se limitent pas à celles qu'il doit enseigner. Les connaissances du contenu disciplinaire peuvent être de deux natures : elles peuvent porter sur l'organisation des concepts, faits, principes et théories ou bien sur les règles régissant les preuves utilisées pour généraliser et justifier les connaissances produites par la discipline (Schwab, cité dans Abell, 2007).
- Les connaissances pédagogiques font référence aux connaissances générales de l'enseignant à propos de l'enseignement, sans être liées à un contenu disciplinaire. Par exemple on peut citer les connaissances mises en œuvre par l'enseignant lorsque celui-ci désire ramener le calme dans la classe.
- Les connaissances sur le contexte regroupent les connaissances que possède l'enseignant à propos de l'origine de ses élèves (classe sociale etc.), du type

d'établissement dans lequel il enseigne etc. et qu'il prend en compte dans son enseignement.

· Les connaissances pédagogiques liées au contenu (*Pedagogical Content Knowledge, PCK*) : ce sont les connaissances que développe un enseignant pour aider les élèves à comprendre et apprendre un contenu.

Une de ces catégories de connaissances a tout particulièrement attiré l'attention des chercheurs en éducation : les connaissances pédagogiques liées aux contenus (PCK).

2.2.2. Les PCK

Initialement le concept de PCK a été introduit par Shulman (1986; 1987) comme une forme particulière de connaissances du contenu, transformées dans le but d'enseigner. Shulman a décrit cette transformation comme survenant lorsqu'un enseignant réfléchit de manière critique sur un contenu et l'interprète, trouve des manières de le présenter (analogies, métaphores, problèmes, expériences ...) et adapte son enseignement aux capacités et aux idées des élèves. Pour Shulman, les PCK peuvent se voir comme un amalgame entre des connaissances pédagogiques et des connaissances disciplinaires. Depuis, le concept a été repris de nombreuses fois et ce que la notion de PCK recouvre est devenu flou (Berry, Loughran, & Driel, 2008; Hashweh, 2005). Le débat qui dure depuis plus de 20 ans porte essentiellement sur deux points : la spécificité des PCK vis-à-vis du contenu et la nature des connaissances qui les constituent. Nous présentons dans un premier temps les principaux arguments de ce débat. Puis, dans un second temps, notre intérêt se portera sur le modèle retenu pour notre travail/recherche avant de nous intéresser au modèle que nous avons retenu pour notre travail.

2.2.2.1. Un débat qui rend flou la notion de PCK

Comme nous venons de le préciser, deux points sont au centre des débats sur les PCK. Nous regarderons donc comment différents auteurs ont traité les questions relatives à la spécificité des PCK par rapport au contenu, et la nature des connaissances qui constituent ces PCK.

2.2.2.1.1. Des connaissances spécifiques à un contenu ?

La première étude à avoir identifié les PCK les définit comme étant les connaissances spécifiques d'un contenu que l'enseignant développe et accumule en relation avec l'enseignement de ce contenu (Hashweh, 2005). Au fur et à mesure, les PCK sont passées de connaissances spécifiques d'un contenu à des connaissances plus générales. Pour certains auteurs les PCK ne sont donc plus liées à un contenu. A l'opposé de cette tendance, certains chercheurs insistent sur la spécificité des PCK vis-à-vis du contenu. Ainsi, van Driel, Verloop, & de Vos (1998) notent que « *in our view, the value of PCK lies essentially in its relation with specific topics* ⁶ » (page 691).

Nous suivons Hashweh lorsqu'il dit qu'une PCK est, par définition, liée à un contenu. Ceci implique qu'une connaissance pédagogique qui n'est liée à aucun contenu particulier. Par exemple, la situation au cours de laquelle un enseignant varie les activités dans la classe pour que les élèves ne s'ennuient pas, ne constitue pas une PCK. La question qui se pose maintenant est de savoir s'il est possible de distinguer une PCK spécifique d'une PCK générale. Un modèle a été proposé par Veal et McKinster (1999), il s'agit d'une taxonomie

⁶ De notre point de vue, l'intérêt des PCK réside essentiellement dans leurs relations vis-à-vis d'un contenu spécifique.

des PCK, représentée par la figure 8, qui a été construite à partir de la littérature sur le sujet. Il y apparaît différents niveaux de générnicité de PCK correspondant à différents niveaux de découpage du savoir. Ce découpage provient de l'organisation des savoirs à l'école : au niveau le plus général, ceux-ci sont regroupés en disciplines (histoire, sciences ...), chacune regroupée en domaines (chimie, physique ...) qui eux-mêmes contiennent des thèmes (oxydoréduction, acides et bases ...). A chacun de ces niveaux est associé un type de PCK. Les connaissances qui ne sont liées à aucun contenu en particulier, et qui sont susceptibles d'être mises en œuvre par tous les enseignants (peu importe ce qu'ils enseignent), sont appelées connaissances pédagogiques. Le but du travail de Veal et McKinster (1999) était d'homogénéiser les termes employés et de proposer un modèle de générnicité des PCK. Dans ce modèle, le degré de générnicité ou de spécificité des PCK se caractérise par un découpage du contenu auquel elles sont liées ; or ce découpage du contenu pose problème. Il suppose en effet que des frontières soient attribuées aux connaissances et que celles-ci soient regroupées en entités (thèmes, domaines, disciplines). Ce découpage nécessite de faire appel à une référence ou un point de vue. Veal et McKinster ont choisi le découpage en œuvre à l'école. Or cette référence est extérieure à la classe : un enseignant de physique peut faire un rappel de mathématiques à ses élèves, et ce faisant, être susceptible de mettre en œuvre des PCK liées à la fois au domaine de la physique et des mathématiques. Imaginons un enseignant de chimie qui introduit la relation mathématique entre le pH d'une solution et la concentration en ion H_3O^+ présent dans cette solution, cette relation s'écrit :

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$$

Si l'enseignant, lors de l'introduction de cette relation rappelle aux élèves les relations suivantes :

$$\log(a \times b) = \log a + \log b$$

$$\log(a / b) = \log a - \log b$$

alors il est possible de dire qu'il a mis en œuvre une PCK concernant les difficultés des élèves vis-à-vis des propriétés algébriques de la fonction logarithme. Cette PCK est liée à la fois à un contenu mathématique (la fonction logarithme) et est utilisé pour l'enseignement d'un contenu de la chimie (relation entre le pH d'une solution et la concentration en ion H_3O^+). Ces contenus n'ont pas forcément le même degré de spécificité et n'appartiennent pas à la même discipline. Le modèle de Veal et McKinster ne permet pas de caractériser convenablement ce genre de PCK.

Morge (2003) propose une caractérisation des PCK en fonction de la situation dans laquelle les PCK sont mises en œuvre. Il définit des PCK locales, comme étant liées à une situation spécifique, et des PCK globales, comme étant liées à une situation plus générale. Reprenons notre exemple de l'enseignant de chimie : la PCK correspondant au rappel sur les propriétés algébriques de la fonction logarithme est dite locale s'il ne la met en œuvre que lors de cet enseignement. Nous verrons comment nous traitons ce problème de la spécificité des PCK en fonction du contenu lorsque nous présenterons le modèle de PCK retenu.

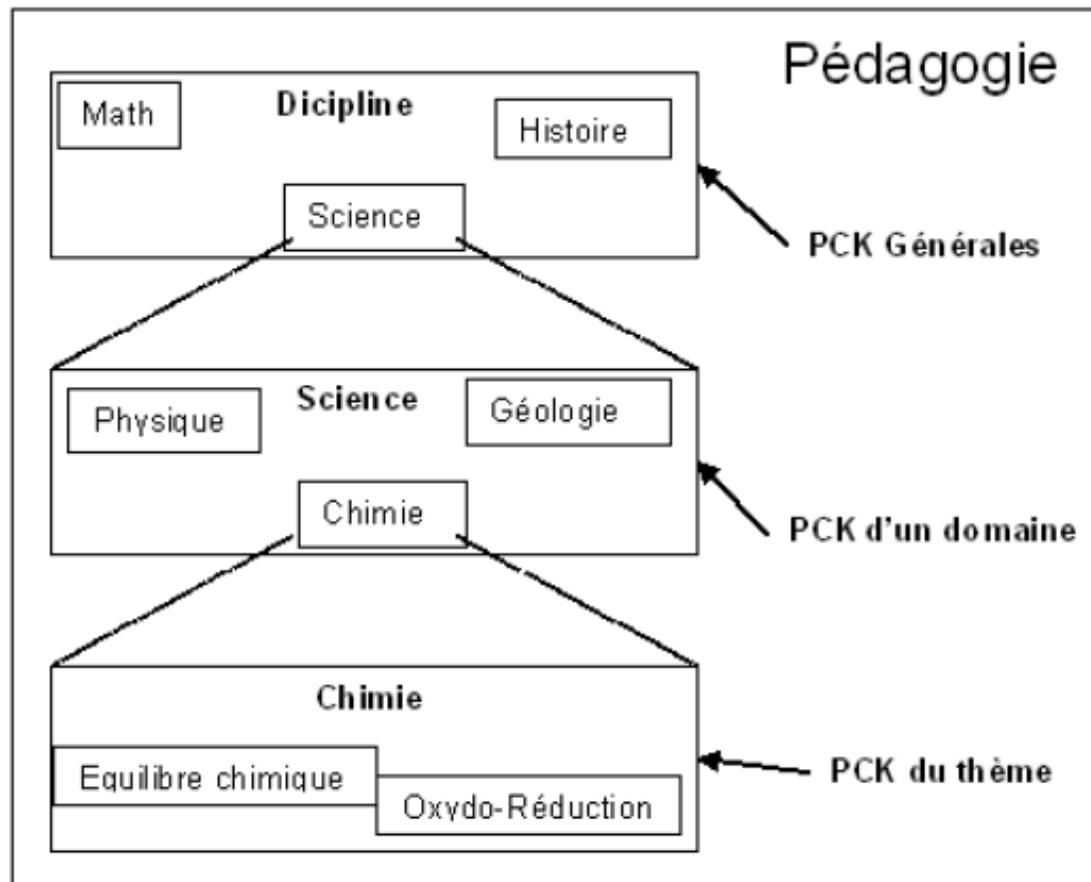


Figure 8 : Taxonomie des PCK d'après Veal et MaKinster.

2.2.2.1.2. Composantes des PCK

Le deuxième point du débat sur le modèle des PCK porte sur ce qui constitue les PCK. Tous les chercheurs s'accordent à dire que les PCK sont constituées de différentes composantes. Dès son article initial, Shulman (1986) en identifie deux : (1) les connaissances des façons de présenter ou de représenter un contenu de savoir, et des activités pertinentes pour l'enseigner ; et (2) les connaissances sur les difficultés des élèves vis-à-vis de ce contenu. A partir de là, plusieurs tendances se distinguent :

1. Grossman (1990) identifie de nouvelles composantes de connaissances aux PCK, à propos des buts de l'enseignement d'un contenu et à propos du matériel didactique pour l'enseigner.
2. Tout en ignorant l'ajout, par Grossman, des connaissances relatives aux buts de l'enseignement d'un contenu au sein des PCK, Marks (1990) a considéré les connaissances disciplinaires comme étant une composante des PCK.

3. Une autre approche (regroupant peu de chercheurs, ne pouvant donc être qualifié de tendance) est celle de Cochran et al. (1993, cité dans (van Driel et al., 1998). Avec un point de vue explicitement constructiviste, Cochran et al. renomment les PCK en Pedagogical Content Knowing (PCKg) afin de prendre en compte le caractère dynamique de ces connaissances. Ils définissent les PCKg comme étant l'appropriation et la compréhension par l'enseignant de quatre catégories de connaissances : pédagogique, disciplinaire (contenu), apprenants et contexte.
- Les composantes de PCK en fonction des tendances sont résumées dans le tableau 1 :

Tableau 1 : Composantes de PCK en fonction des auteurs.

Chercheur	Connaissances sur :							But de l'enseignement du contenu
	Le contenu	Les représentations et les stratégies d'enseignement	L'apprentissage des élèves et les conceptions	Pédagogie générale	Curriculum et Matériel didactique	Contexte		
Shulman	a	PCK	PCK	a	a	a	a	
Grossman	a	PCK	PCK	a	PCK	a	PCK	
Marks	PCK	PCK	PCK	b	PCK	b	b	
Cochran et al	PCKg	b	PCKg	PCKg	b	PCKg	b	

a : Constitue une autre catégorie de connaissance que les PCK.

b : Catégorie non discutée explicitement.

Les deux catégories de connaissances qui semblent faire l'unanimité parmi les auteurs sont les connaissances relatives aux difficultés rencontrées par les élèves et les stratégies d'enseignement. Nous présenterons les catégories de connaissances que nous comptons comme faisant partie des PCK dans la partie suivante.

2.2.2.2. Modèle de PCK retenu

Conscients de l'abondance de littérature relative aux PCK, et de la difficulté de définir ce concept, nous avons tenu, dans la partie précédente, à balayer succinctement quelques conceptualisations sur les PCK. Notons que d'autres points font débat comme par exemple la façon dont les enseignants s'approprient celles-ci, ou encore les liens qu'entretiennent les PCK avec les autres catégories de connaissances de l'enseignant. Nous avons abordé les deux points principaux pour notre étude. Le modèle que nous avons retenu pourra ainsi être positionné par rapport à d'autres recherches. Cette partie s'articule en trois points : nous verrons que les PCK peuvent être considérées comme des collections d'éléments de connaissances plus petits, puis que ces éléments de connaissances peuvent être catégorisés en fonction de leur nature et enfin qu'ils peuvent être liés à un élément de savoir plus ou moins grand.

2.2.2.2.1. Les PCK : une collection d'éléments de connaissance

Nous faisons l'hypothèse, à la suite de Hashweh (2005), que chaque PCK est une collection d'unités plus petites appelées *Teacher Pedagogical Constructions* (TPC, Construction Pédagogique de l'Enseignant). Ces TPC sont en interaction avec les autres types de

connaissances (connaissances sur le contenu, le contexte et pédagogique dans le modèle de Grossman). Cette conceptualisation des PCK en termes de collections d'objets plus petits permet de contourner un problème méthodologique : les PCK sont décrites comme étant des connaissances complexes, difficiles à saisir parce que dépendantes du contexte et souvent non dicibles par les enseignants. Il semble alors très (trop ?) ambitieux de vouloir reconstruire ces connaissances à partir de l'action. Il est par contre plus raisonnable de chercher à reconstruire de petits éléments de connaissances et d'envisager les PCK comme étant une collection de ces petits éléments.

2.2.2.2.2. Différentes catégories de TPC

Les TPC peuvent être classées, en fonction de leur nature (connaissances relatives à l'élève, au programme ...), parmi les diverses composantes des PCK. Nous reprenons, à cette fin, la catégorisation de Magnusson, Krajcić, et Borko, (1999) qui se situe dans la tendance de Grossman (qui différencie les PCK des connaissances sur le contenu disciplinaire). Les composantes sont les suivantes : connaissances sur les difficultés des élèves, connaissances sur les stratégies d'enseignement, connaissances sur l'évaluation, connaissances sur le contexte. Chacune de ces composantes est reliée à la composante « buts et valeurs de l'enseignement des sciences » (figure 9). Cette dernière chapeaute ainsi chacune des autres composantes et buts et raisons de l'enseignement des sciences. Ces cinq catégories de connaissances sont elles-mêmes constituées de sous-catégories.

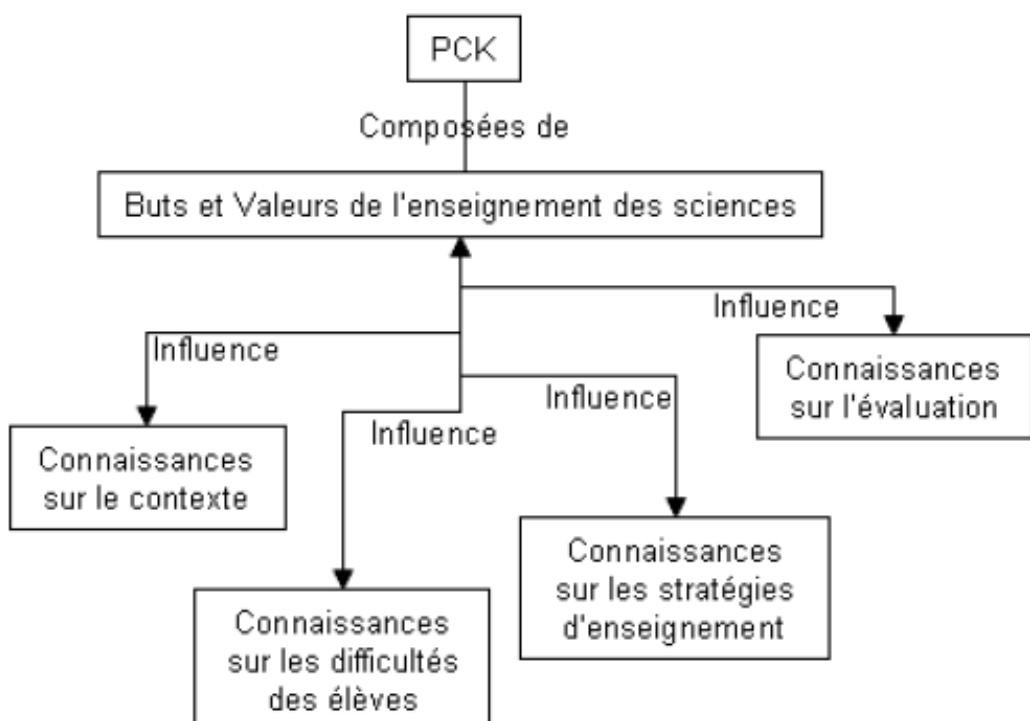


Figure 9 : Modèle développé par Magnusson et al. Sur les différentes composantes des PCK.

- Connaissances sur les difficultés des élèves

La première composante que nous allons envisager concerne les connaissances que les enseignants ont à propos des difficultés des élèves. Elle contient deux sous-catégories :

les connaissances sur les requis nécessaires pour apprendre des concepts scientifiques spécifiques et les connaissances sur les parties difficiles d'un contenu pour les élèves.

- Connaissances sur les requis

Cette sous-catégorie comprend les connaissances que possède l'enseignant à propos des connaissances que les élèves doivent avoir pour apprendre un contenu scientifique.

Par exemple, si le but d'un enseignant est d'illustrer le concept de température par des mesures expérimentales réalisées par les élèves, l'enseignant doit anticiper les connaissances dont les élèves vont avoir besoin (par exemple mesurer la température et interpréter les résultats). Savoir comment leur faire acquérir ces connaissances si les élèves ne les possèdent pas fait aussi partie des connaissances rattachées à cette composante.

Citons également dans cette sous-catégorie les connaissances de l'enseignant vis-à-vis des différences entre élèves, face à l'apprentissage d'un contenu spécifique, en fonction de leurs capacités. Ainsi, lors de l'enseignement d'un phénomène à l'échelle moléculaire en chimie, certains élèves vont être capables de raisonner à partir d'une formule chimique, d'autres auront besoin d'un modèle en trois dimensions etc.

- Connaissances sur les parties difficiles

Cette sous-catégorie fait référence aux connaissances des enseignants à propos des concepts scientifiques ou des sujets que les élèves trouvent difficiles à apprendre. De multiples raisons rendent compte des difficultés des élèves pour apprendre certaines choses. Par exemple on peut noter que le niveau d'abstraction de certains sujets est trop élevé et/ou la connexion avec le monde quotidien des élèves est trop faible. D'autres sujets sont difficiles parce que l'enseignement centre l'activité des élèves sur la résolution de problèmes et que certains d'entre eux éprouvent des difficultés à en planifier la résolution. Enfin, une troisième source de difficulté vient du fait que l'apprentissage du sujet à enseigner nécessite des connaissances en contradiction avec les connaissances naïves des élèves (issues de l'expérience quotidienne des élèves).

- Connaissances sur les stratégies d'enseignement

Les stratégies d'enseignement correspondent à des connaissances de l'enseignant sur ses manières de présenter un savoir (métaphore, analogie, modèle, exemples ...) d'une part, et sur ses connaissances liées aux activités qui peuvent aider les élèves à comprendre un contenu d'autre part.

- Connaissances sur les manières de présenter un savoir

Illustrons cette catégorie à partir de l'une des analogies représentant le courant électrique. Il en existe plusieurs : de l'eau circulant dans un circuit fermé et mue par une pompe, une chaîne de vélo ou encore une foule se déplaçant. Chacune présente des avantages et des inconvénients. Par exemple, l'analogie de l'eau circulant dans un circuit fermé risque de renforcer chez l'élève une vision de l'électricité basée sur le modèle « source-recepteur », et implique que le flux d'électrons se déplace dans une même direction. L'analogie de la chaîne de vélo implique également que le flux d'électrons se déplace dans la même direction, mais par contre évite de renforcer le modèle source-recepteur. L'analogie de la foule se déplaçant permet de distinguer le mouvement d'une personne et celui de la foule illustrant ainsi que le flux de charges dans un circuit électrique a une direction distincte du mouvement aléatoire des électrons. Savoir quel modèle utiliser est une TPC appartenant à cette composante des PCK.

- Connaissances sur les types de travaux

Cette sous-catégorie fait référence aux connaissances à propos des types de travaux qui peuvent être mises en place afin d'aider les élèves à comprendre certains concepts ou relations.

- Connaissances sur l'évaluation

Cette composante se sous-catégorise en connaissances sur les aspects de l'apprentissage des sciences qu'il est important d'évaluer et connaissances relatives à leur évaluation.

- Connaissances sur les aspects à évaluer

L'apprentissage en science peut être évalué suivant différents aspects, par exemple : l'utilisation des concepts, les capacités expérimentales, la résolution de problèmes ... Cette sous-catégorie de connaissances est fortement influencée par les connaissances de la composante « Buts et Raisons » de l'enseignement des sciences. Cependant, certains aspects de l'apprentissage des sciences sont plus ou moins faciles à évaluer en fonction du contenu. Ainsi, les capacités expérimentales des élèves seront plus difficiles à évaluer lors d'un enseignement portant sur la radioactivité (pour des raisons de sécurité) ou sur l'astronomie (pour des problèmes pratiques : faire observer aux élèves le système solaire en plein jour, avec quel matériel ?), que dans le cadre d'un enseignement sur le circuit électrique (matériel facilement disponible, possibilité de travailler à faible puissance). La planification de l'évaluation des différents aspects de l'apprentissage des sciences en fonction du contenu le plus approprié nécessite des TPC appartenant à cette sous-catégorie.

- Connaissances sur les méthodes d'évaluation

Cette sous-catégorie de la composante *Connaissances sur l'évaluation* correspond aux connaissances ayant trait aux manières qui peuvent être employées pour évaluer, de manière spécifique, un certain aspect de l'apprentissage des sciences par un élève. Savoir quelle méthode utiliser en fonction de l'aspect de l'apprentissage à évaluer représente une TPC de la sous-catégorie *Connaissances sur les méthodes d'évaluation*.

- Connaissances sur le contexte

Cette composante est constituée de deux sous-catégories : la connaissance du programme officiel et les connaissances relatives au matériel et objets disponibles pour l'enseignement d'un contenu.

- Connaissances du programme

Cette sous catégories regroupe les connaissances des enseignants à propos du programme officiel dans leur discipline, ainsi que l'articulation de celui-ci avec le programme d'autres disciplines.

- Connaissances du matériel

Nous retrouvons ici les connaissances qu'a l'enseignant sur le matériel disponible dans son lycée et qu'il peut utiliser pour son enseignement, ainsi que l'ensemble des documents existant se rapportant à l'enseignement d'un contenu. Par exemple les enseignants peuvent décider de se servir d'un document mis au point par un collègue, parce qu'il estime que ce document est adapté à l'enseignement d'un contenu.

- Buts et raisons de l'enseignement des sciences

Cette composante des PCK contient les connaissances des enseignants à propos des buts et raisons de l'enseignement des sciences à un niveau donné. Ces connaissances orientent les décisions de l'enseignant à propos de sujets tels que les objectifs à atteindre, l'utilisation du manuel scolaire ou encore l'évaluation de l'apprentissage des élèves. Cette composante chapeaute donc les autres composantes de ce modèle.

Des orientations possibles, directement issues des buts et raisons accordés par l'enseignant à l'enseignement des sciences, ont été répertoriées (Tableau 2 et 3) par Magnusson et al.

Tableau 2 : Buts de l'enseignement des sciences pour les différentes orientations identifiées dans la littérature d'après Magnusson.

Orientation	Buts de l'enseignement.
Process	Aider les élèves à développer la pensée scientifique.
Rigueur Académique	Représenter un domaine disciplinaire.
Didactique ⁷	Transmettre des faits scientifiques.
Changement conceptuel	Faciliter le développement de connaissances scientifiques en confrontant les élèves avec des situations qui remettent en question leurs connaissances naïves.
Conduite par l'activité	Favoriser le contact des élèves avec le matériel, les objets, mettre la main à la pâte.
Découverte	Fournir aux élèves des opportunités de découvrir par eux-mêmes des concepts scientifiques ciblés.
Basée sur des projets	Impliquer les élèves à trouver des solutions à des problèmes authentiques.
Investigation	Représenter la science comme une investigation.
Investigation guidée	Constituer une communauté d'apprenants dont les membres partage la responsabilité de la compréhension du monde physique, en utilisant les outils de la science.

Tableau 3 : Caractéristiques de l'enseignement en fonction de l'orientation de l'enseignant. D'après Magnusson.

Orientation	Caractéristiques de l'enseignement
Process	L'enseignant introduit les élèves aux méthodes de pensé des scientifiques pour acquérir de nouvelles connaissances. Les élèves s'engagent dans des activités afin de développer la pensé scientifique
Rigueur Académique	Les élèves sont confrontés à des problèmes et des activités difficiles. Les séances de TP et les démonstrations expérimentales sont utilisées afin de vérifier les concepts scientifiques en démontrant les relations entre des concepts et des phénomènes.
Didactique	L'enseignant présente des informations, en général sous forme de cours magistral ou de discussion. Les questions posées aux élèves ont pour but de vérifier qu'ils connaissent les faits produits par la science.
Changement conceptuel	Les étudiants sont interrogés sur leurs visions du monde et a propos de la pertinence d'explications alternatives. L'enseignant facilite la discussion et le débat nécessaire pour établir des affirmations valables.
Conduite par l'activité	Les étudiants participent à des activités ou ils mettent la main à la pâte à des fins de vérification ou de découverte.
Découverte	Centré sur l'élève. Les élèves explorent le monde naturel en fonction de leur propre intérêt et découvrent des modèles permettant de décrire comment fonctionne le monde lors de leurs explorations.
Basée sur des projets	L'activité de l'enseignant et des élèves est orientée par une question de fond, qui organise les concepts, les principes et les activités. A travers l'investigation, les élèves développent un certains nombre d'instrument (des productions) qui reflètent leurs compréhension.
Investigation	L'enseignant aide les élèves à définir et investiguer des problèmes, tirer des conclusions et évaluer la validité des connaissances issues de leurs conclusions.
Investigation guidée	L'enseignant et les élèves participent à définir et investiguer un problème, construire des modèles, inventer et tester des explications et évaluer l'utilité et la validité de leurs données et l'adéquation de leurs conclusions. L'enseignant étaye les efforts des élèves pour utiliser le matériel et les outils intellectuels de la science jusqu'à leur autonomie.

Nous présentons l'ensemble de ces deux tableaux comme ils sont proposés dans l'article de Magnusson. Un même enseignant peut avoir différentes orientations en fonction du contenu traité, de la classe à laquelle il enseigne ... Il peut présenter un mélange de différentes orientations, même si celles-ci sont antagonistes, comme par exemple *didactique* et *découverte* (Magnusson et al., 1999).

Cette catégorisation de l'orientation des enseignants nous semble intéressante pour bien comprendre leurs connaissances entrant dans la catégorie buts et raisons de l'enseignement des sciences. Toutefois elle est, à nos yeux, une classification trop artificielle, caricaturale et radicale du « style » ou de la manière d'enseigner d'un enseignant et en gomme toutes les nuances. Nous préférons donc ne pas nous reposer sur ces catégories, mais nous conservons toutefois l'idée qui se dégage de ces tableaux en ce qui concerne le type de composantes qui rentre dans la catégorie buts et raisons de l'enseignement : un fil conducteur, une vue globale qui va orienter les actions de l'enseignant dans sa classe. Nous ajoutons à cette catégorie un élément qui nous semble essentiel mais qui n'apparaît pas dans le modèle de Magnusson : l'épistémologie de l'enseignant. Nous entendons par là ses connaissances sur le fonctionnement des sciences. Ce nouvel élément appartient bien à la catégorie Buts et Valeurs sur l'enseignement puisque cette épistémologie va venir

influencer directement les buts qu'accorde l'enseignant à l'enseignement des sciences et les valeurs d'un tel enseignement et également fournir un fil rouge pour l'enseignant.

Nous venons de voir que les TPC, constituants des PCK, peuvent être catégorisés en cinq catégories. Il nous reste à voir maintenant comment nous prenons en compte la spécificité des TPC par rapport au contenu..

2.2.2.2.3. Spécificités des TPC par rapport au contenu

De la même façon que certains auteurs ont voulu catégoriser les PCK en fonction de leur spécificité au contenu, nous proposons de distinguer deux types de TPC : les TPC locales des TPC globales. Les TPC locales sont définies comme étant liées à un petit élément de savoir, par exemple une TPC liée à l'enseignement de la mesure du pH au pH-mètre sera qualifiée de locale. Les TPC globales sont quant à elles définies comme étant liées à un élément de savoir plus grand, par exemple une TPC liée au concept de concentration sera globale.

Dans cette partie le modèle de catégories des connaissances à été présenté. La conceptualisation des PCK comme une collection de TPC nous permet de ne pas réduire les PCK à des fragments de connaissances, et de garder intacte l'idée de leur complexité. Nous parlerons ainsi dans la suite de ce travail de TPC plutôt que de PCK. Ces TPC peuvent être catégorisées suivant deux dimensions : leur nature et leur spécificité.

2.2.3. Connaissances professionnelles et action

Nous avons présenté dans les pages précédentes notre position par rapport à l'action d'une part et aux connaissances professionnelles d'autre part. Étudier les connaissances professionnelles à partir de l'action de l'enseignant dans sa classe implique l'existence d'une correspondance entre action et connaissances. Altet fait ce lien en notant que l'activité professionnelle « se traduit par la mise en œuvre des savoirs, procédés et compétences en actes d'une personne en situation professionnelle » (Altet, 2002). Nous regroupons sous le terme de connaissances professionnelles les savoirs, procédés et compétences en actes. Notons que cet auteur, sans se positionner explicitement comme tel, adopte un point de vue très proche du nôtre sur l'activité puisque celle-ci est vue comme étant « située, orientée par des fins, des buts et les normes d'un groupe professionnel» (Ibid.). Ce lien entre l'activité de l'enseignant et ses connaissances professionnelles est aussi souligné par van Driel et al. (1998) pour qui ces dernières renvoient aux pratiques professionnelles.

Il nous faut aussi préciser notre interprétation de ce qu'est une connaissance professionnelle à la lumière de notre cadrage théorique de l'action. Partant de l'affirmation que les actions sont situées et dépendantes du contexte, il serait contradictoire de penser les connaissances comme n'étant que ce qui est su par l'enseignant. Il s'agit plutôt pour nous de ce qui permet de rendre compte de l'action de l'enseignant dans un contexte donnée et qui est en jeu au sein d'une situation. Nous parlons donc de connaissances mises en œuvre par l'enseignant plutôt que de base de connaissances. Ce dernier terme implique l'existence de connaissances « telles quelles » que l'enseignant aurait à sa disposition et dans lesquelles il pourrait puiser.

Cette interprétation des connaissances est-elle compatible avec le modèle de Shulman (1986) ? Historiquement, celui-ci a été rattaché au paradigme cognitiviste mais l'auteur ne s'est jamais explicitement prononcé sur ce sujet. Il nous semble que le concept de PCK est transversal et peut être rattaché à différents paradigmes. De fait, le concept des PCK

a été introduit à partir d'une observation ne provenant pas d'un cadrage théorique mais d'un constat. Shulman a analysé les concours de certification des enseignants aux États-Unis à différentes périodes, et a mis en évidence que les concours étaient passés d'une évaluation du contenu seulement (arithmétiques, grammaire ...) en 1875, à une évaluation des connaissances pédagogiques détachées de tout contenu en 1980. Shulman pose donc la question suivante : n'existe-t-il pas un juste milieu entre une approche du métier d'enseignant basée seulement sur les connaissances disciplinaires et une approche basée sur les seules connaissances pédagogiques ? Le concept de PCK permet de répondre à cette demande et de prendre en compte un aspect essentiel de l'activité de l'enseignant qui est d'aider les élèves à apprendre et de transmettre des savoirs sans toutefois imposer de cadre théorique.

2.3. Caractérisation des PCK

Le deuxième point de notre problématique est de caractériser les PCK mises en œuvre dans la classe. Nous nous proposons de caractériser celles-ci par le savoir auquel elles sont liées et par la mise en œuvre de ce savoir dans la classe.

2.3.1. Caractériser les PCK à partir du savoir

Par définition chaque TPC est liée au savoir. Nous faisons donc l'hypothèse que l'analyse du savoir nous permettra de caractériser les PCK. La modélisation (Tiberghien, 1994) offre un moyen de caractériser le savoir.

La modélisation est un aspect fondamental du fonctionnement des sciences (Martinand, 1992). Le rapport entre le concret et l'abstrait et l'articulation entre expérimental et théorique est en effet au cœur de ces disciplines. La recherche en didactique s'est penchée sur cet aspect du fonctionnement des sciences (Tiberghien, 1994, 2000), afin de proposer des séquences d'enseignement ou d'analyser des situations (Buty, Tiberghien, & Le Maréchal, 2004). Ces travaux proposent un modèle du fonctionnement de la physique en considérant deux mondes. Le monde des objets et événements qui correspond aux aspects observables du monde matériel auquel fait écho le monde des théories et modèles dans lequel se trouvent les principes, les paramètres et les quantités. Une adaptation de ce modèle à la chimie (J. F. Le Maréchal, 1999), permet de prendre en compte une particularité de cette discipline : les chimistes ont souvent recours à une explication microscopique du monde matériel, et utilisent de ce fait des notions qui ont un statut d'objets dans un monde qui est non-perceptible (J.-F. Le Maréchal & Béchu-Robinault, 2006) (Figure 10).

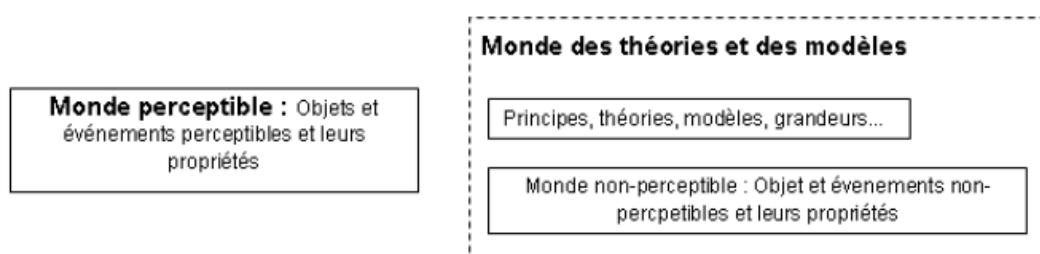


Figure 10 : Représentation des différents mondes.

Ainsi, le changement de couleur d'une solution est un événement du monde perceptif interprétable dans le monde non-perceptible en termes d'ions, de molécules et de chocs entre particules : une solution bleue qui devient incolore peut être interprétée comme la disparition des ions cuivre contenus dans cette solution.

2.3.2. Caractériser les PCK à partir de la mise en œuvre du savoir

Pour Sensevy (2007), l'action didactique est modelée par le savoir mis en œuvre dans la classe. Par mise en œuvre nous entendons la façon dont le savoir a été introduit, par quels instruments, par qui, quand ? Nous faisons l'hypothèse qu'en décrivant cette mise en scène du savoir nous caractériserons les PCK qui sont liées à celui-ci. Sensevy (*ibid.*) propose de décrire cette mise en œuvre à l'aide de trois catégories : la chronogénèse, la mésogénèse et la topogénèse.

2.3.2.1. Chronogénèse

Pour répondre à la question « quand ? » il faut chercher à mettre en évidence comment le savoir évolue avec le temps dans la classe. L'enseignement est vu comme une évolution, les savoirs étant disposés le long d'un axe temporel. D'une classe à l'autre, le rythme d'introduction des savoirs varie (Tiberghien, Malkoun, Buty, Souassy, & Mortimer, 2007). L'avancement du savoir dans la classe est dû autant aux élèves qu'à l'enseignant. Imaginons une classe où les élèves ont des difficultés à comprendre les notions en jeu, ils peuvent adopter deux attitudes :

- ils peuvent interrompre l'enseignant pour demander des explications, et de ce fait ralentir le rythme d'introduction de nouveaux savoirs ;
- au contraire ils peuvent se positionner en retrait, et attendre de voir s'ils vont comprendre « à tête reposée » chez eux ; l'enseignant continue alors à avancer dans le savoir sans être interrompu.

2.3.2.2. Topogénèse

La topogénèse permet de rendre compte de la distribution des rôles entre les acteurs de la classe. Cette répartition est le fruit d'une négociation qui précise les tâches dévolues à l'élève et celles dévolues à l'enseignant. L'ensemble de ces tâches définit la position (le *topos*) de chacun par rapport au savoir. Sensevy (2007) donne l'exemple d'une dictée au cours de laquelle l'enseignant décide d'écrire au tableau un mot de la dictée qu'il juge difficile. En agissant ainsi l'enseignant redéfinit la tâche de l'élève, celui-ci n'a plus à savoir écrire correctement le mot, mais à savoir le recopier.

2.3.2.3. Mésogénèse

La mésogénèse s'intéresse au renouvellement du milieu. Dans les travaux de Piaget le milieu est vu comme un contexte cognitif de l'action. Il s'agit d'un contexte cognitif commun ainsi que des objets matériels grâce auquel l'action d'enseigner et d'apprendre peut avoir lieu. Si l'on reprend l'exemple de la dictée, lorsque l'enseignant annonce aux élèves qu'ils vont faire une dictée, un contexte cognitif commun est instancié. Ainsi les élèves et l'enseignant se retrouvent placés dans un contexte comportant ses règles, codes ... Pour Brousseau (1998) le milieu devrait être, autant que possible, antagoniste, c'est-à-dire que l'élève, pour résoudre un problème (au sens large) agit sur le milieu et reçoit des rétroactions qui lui permettent de trouver la solution au problème.

La mésogénèse est la catégorie permettant de répondre à la question « Comment quoi ? ». C'est-à-dire qu'il s'agit de rendre compte de l'évolution du milieu (dans les deux sens du terme), comment l'enseignant va introduire dans le milieu une signification, avec quel énoncé, avec quel objet.

2.4. Synthèse du cadre théorique

Nous avons défini ce que nous entendions par connaissances professionnelles et ciblé notre objet d'étude : les PCK. Ces PCK sont des connaissances liées au à un élément de savoir à enseigner. Cet élément de savoir peut être plus ou moins grand définissant ainsi des PCK locales, lorsque l'élément de savoir est petit, et des PCK globales lorsque l'élément de savoir est grand. De plus, nous adoptons un point de vue holistique sur les PCK mais nous admettons que celles-ci comportent des parties, les TPC, pouvant appartenir à des composantes, qui sont au nombre de cinq :

1. les connaissances sur les stratégies d'enseignement ;
2. les connaissances sur les difficultés des élèves ;
3. les connaissances sur l'évaluation ;
4. les connaissances sur le contexte ;
5. les buts et valeurs de l'enseignement.

Ces connaissances seront étudiées à partir de l'action didactique de l'enseignant dans sa classe. Par action didactique nous entendons ce que font les individus au sein de lieux dédiés à l'enseignement. Cette action est menée conjointement entre les élèves et le professeur, et a pour objet principal une transaction centrée sur le savoir. Ces transactions peuvent être menées dans différents buts afin d'atteindre des résultats. Dans notre étude nous considérons deux buts, ou finalités, liées à l'enseignement de la chimie : enseigner la chimie, et préparer les élèves à l'épreuve du Bac.

Nous faisons l'hypothèse que les PCK et donc les TPC, peuvent être caractérisées à partir du savoir en jeu d'une part et de la mise en œuvre de ce savoir d'autre part. Le savoir en jeu sera caractérisé par son fonctionnement du point de vue de la modélisation et par sa mise en œuvre grâce au triplet chronogénèse, topogénèse et mésogénèse.

Chapitre 3 : Questions de recherches et méthodologie

Ce chapitre présente nos questions de recherche issues de notre problématique, ainsi que la méthodologie mise au point afin de répondre à celles-ci.

3.1. Questions de recherche

Le cadre théorique présenté dans le chapitre précédent montre notre intérêt pour la reconstruction des TPC à partir de l'action de l'enseignant dans sa classe d'une part, et pour la caractérisation des TPC ainsi reconstruites d'autre part. Ces deux perspectives étant intimement liées, nous ne pouvons aborder l'une en ignorant l'autre : la reconstruction des TPC permet d'affiner leur caractérisation, de la même manière que cette dernière participe aux processus de reconstruction. L'objectif commun de l'ensemble de nos questions de recherche est de participer à la compréhension de la relation entre l'action de l'enseignant et les TPC mises en œuvre dans ses productions verbales lors de l'interaction en classe.

Notre participation se traduit par des questions relatives à la reconstruction des PCK ainsi que par la méthodologie qui nous permet cette reconstruction.

3.1.1. Questions relatives à la reconstruction des TPC à partir de l'action.

Notre cadre théorique articule l'action de l'enseignant avec ses connaissances, ceci dans l'optique d'étudier les connaissances professionnelles à partir de l'action. Comme nous l'avons présenté dans la problématique, ce genre d'études n'est pas courant dans la littérature car il soulève des problèmes, notamment méthodologiques. Il nous semble donc important d'expliquer au mieux notre approche.

Pour ce faire, nous chercherons à répondre aux questions suivantes :

- l'action didactique est modelée par le savoir et sa mise en œuvre. Nous avons posé comme hypothèse de travail (voir cadre théorique) que ces deux dimensions de description de la situation (le savoir et sa mise en œuvre) jouent un rôle dans le processus de reconstruction des TPC. La question essentielle est alors de savoir comment décrire cette situation pour la compréhension de la relation entre l'action de l'enseignant et les TPC mises en œuvre ;
- nous posons également la question de savoir s'il est possible de reconstruire des PCK à partir des TPC reconstruites à partir de l'action.

3.1.2. Questions relatives à la caractérisation des TPC en lien avec le savoir

Les travaux antérieurs sur les TPC proposent de les caractériser en fonction de leurs composantes (connaissances sur les difficultés des élèves, sur les stratégies d'enseignement, sur l'évaluation, sur le contexte, les valeurs et les buts de l'enseignement des sciences) ou de leur caractère local ou global.

Nous chercherons à savoir s'il existe un lien entre la nature d'une TPC et son caractère global ou local lors d'un enseignement de chimie.

La caractérisation des TPC en fonction de leur nature et du caractère global ou local débouche sur ce que nous appelons des types de TPC. De ce fait, nous nous proposons de répondre aux questions de recherche suivantes :

- Existe-t-il un lien entre le type de TPC et le savoir en jeu ?
- Existe-t-il un lien entre le type de TPC et la mise en scène du savoir dans la classe ?

Enfin, nous nous intéresserons aux types de TPC qui sont mises en œuvre lors d'un enseignement de chimie. Cette partie plus descriptive de notre travail aura pour but de décrire quels types et combien de TPC sont mises en œuvre en fonction de l'avancée du savoir dans la classe à un moment donné, de la variété des TPC et du nombre de TPC en jeu sur l'ensemble de l'enseignement suivi.

3.1.3. Questions relatives à la méthodologie de reconstruction des TPC

Les travaux antérieurs sur les TPC proposent de les caractériser en fonction de leurs composantes (connaissances sur les difficultés des élèves, sur les stratégies d'enseignement, sur l'évaluation, sur le contexte, les valeurs et les buts de l'enseignement des sciences) ou de leur caractère local ou global.

Nous chercherons à savoir s'il existe un lien entre la nature d'une TPC et son caractère global ou local lors d'un enseignement de chimie.

La caractérisation des TPC en fonction de leur nature et du caractère global ou local débouche sur ce que nous appelons des types de TPC. De ce fait, nous nous proposons de répondre aux questions de recherche suivantes :

- Existe-t-il un lien entre le type de TPC et le savoir en jeu ?
- Existe-t-il un lien entre le type de TPC et la mise en scène du savoir dans la classe ?

Enfin, nous nous intéresserons aux types de TPC qui sont mises en œuvre lors d'un enseignement de chimie. Cette partie plus descriptive de notre travail aura pour but de décrire quels types et combien de TPC sont mises en œuvre en fonction de l'avancée du savoir dans la classe à un moment donné, de la variété des TPC et du nombre de TPC en jeu sur l'ensemble de l'enseignement suivi.

3.2. Méthodologie

Nous adoptons une méthodologie basée sur une étude de cas « intra-site » (Huberman & Miles, 1991), c'est-à-dire que nous cherchons à établir et à vérifier des conclusions concernant un seul site. Dans notre cas, le site sera l'enseignement d'une partie du programme officiel dans une classe de Terminale. Le mot « site » est à prendre comme « *un contexte circonscrit dans lequel on étudie des événements, des processus, des résultats* » (Huberman & Miles, 1991). Une telle méthodologie présente des avantages qui sont particulièrement adaptés à certaines recherches :

- L'étude de cas présente l'intérêt de permettre une étude en profondeur d'un cas dans son contexte « réel » (Yin, 2006). Au vu de notre cadre théorique sur l'action, qui considère celle-ci comme située dans un contexte, il est important de pouvoir prendre en compte ce site. La mise au point du processus de reconstruction des PCK à partir de l'action de l'enseignant demande une compréhension en profondeur de la situation.
- L'étude de cas est à privilégier lorsque les questions de recherche ont pour objectif de fournir une description de première main des événements et sont de nature descriptive ou explicative (Yin, 2006). Nous visons à décrire la mise en œuvre des PCK par l'enseignant lors d'un enseignement de chimie. L'étude de cas nous semble donc bien appropriée à nos questions de recherche.

De plus, nous sommes dans une démarche exploratoire, c'est-à-dire que nous cherchons à « défricher » un nouvel objet de recherche : la relation entre les actions de l'enseignant et les PCK. Nous ne disposons donc pas d'une méthodologie d'analyse bien assise et ayant fait ses preuves dans ce domaine. La démarche qualitative intra-site est bien adaptée à ce genre de recherche puisqu'elle permet plus aisément des allers-retours entre les données, le cadre théorique et la méthodologie.

3.2.1. Présentation du cas

Dans notre recherche le cas est un enseignement, c'est-à-dire l'activité qui prend place lorsqu'un enseignant enseigne à des élèves un certain contenu de savoir. Cette centration sur le contenu est justifiée par l'objet de notre recherche : les PCK, puisque celles-ci sont liées au contenu. Cet objet de recherche nous amène à étudier l'enseignement dans la classe.

L'enseignement de chimie que nous avons sélectionné concerne la classe de Terminale Scientifique et son programme officiel est découpé en quatre parties qui se déclinent chacune en une question :

1. La transformation d'un système chimique est-elle toujours rapide ?
2. La transformation d'un système chimique est-elle toujours totale ?
3. Le sens spontané d'évolution d'un système chimique est-il prévisible ? Ce sens peut-il être inversé ?
4. Comment peut-on contrôler les transformations de la matière ?

Nous nous sommes appuyés sur ce découpage institutionnel du savoir à enseigner afin de borner notre cas à la partie 2, ce qui correspond à deux mois d'enseignement. Il paraissait en effet trop ambitieux de vouloir suivre et d'analyser un enseignement sur une année scolaire entière. En revanche nous voulions pouvoir suivre l'évolution de la mise en œuvre des PCK en fonction de l'avancée du savoir. Cette unité de découpage du savoir nous a semblé pertinente puisqu'elle correspond à un temps d'enseignement permettant

d'étudier l'avancée du savoir dans la classe. Ce choix d'unité repose sur l'hypothèse que l'enseignement correspondant à une de ces parties du programme est relativement indépendant des autres, c'est-à-dire qu'il serait possible d'analyser et d'interpréter une partie de l'enseignement sans disposer de l'ensemble de l'histoire de la classe. Autrement dit, il est envisageable de comprendre ce qui se déroule dans la classe sans pour autant disposer de données concernant ce qu'il s'est passé avant ou ce qui se passera après l'enseignement de cette partie. Le programme officiel présente, pour chaque partie, une liste de contenus ainsi que des compétences exigibles en relation avec ceux-ci. En ce qui concerne la partie 2 du programme, ces contenus et compétences sont regroupés en trois ensembles :

- L'objectif du premier ensemble : « Une transformation chimique n'est pas toujours totale et la réaction a lieu dans les deux sens », est de présenter aux élèves un nouveau type de réactions chimiques, les réactions non-totales (appelé aussi les équilibres chimiques). En effet, dans les classes précédentes, la réaction chimique était toujours considérée comme totale, c'est-à-dire que l'un au moins des réactifs disparaît complètement, et la réaction a lieu dans un seul sens.
- Ensuite, le deuxième ensemble : « état d'équilibre d'un système », est centré autour de la notion de constante d'équilibre. Il s'agit d'une grandeur, fonction des concentrations à l'équilibre, qui est caractéristique de l'état d'équilibre.
- Finalement, le dernier ensemble : « Transformations associées à des réactions acido-basiques en solution aqueuse », s'intéresse au comportement des acides et des bases dans l'eau et aux différents titrages acido-basiques.

L'enseignante observée est titulaire de l'agrégation de physique, et enseigne depuis quatre ans dont deux en classe de Terminale. Comme nous l'avons signalé dans notre cadre théorique, elle fait partie d'un groupe de travail (le groupe SESAMES) constitué de cinq enseignants et de trois chercheurs en didactique, qui a pour but de permettre aux enseignants d'échanger leurs expériences et de travailler sur la formation des professeurs. Ce groupe, qui se réunit 3 heures par semaine, a beaucoup contribué à la rédaction finale des textes de travaux pratiques (TP) distribués aux élèves.

3.2.2. Données

Les recherches qualitatives nécessitent souvent des données issues de différentes sources. En effet, la variété des sources permet de recourir à la triangulation des données, qui est une étape importante dans l'administration de la preuve (Pourtois & Desmet, 1988). La triangulation des données consiste à étudier un objet en se basant sur des sources variées et à comparer les informations obtenues grâce à ces différentes sources. Les résultats d'une recherche pouvant être un artefact dû à la manière dont les données ont été récoltées, la triangulation en réduit le risque.

Les données que nous avons récoltées sont listées ci dessous :

- Des enregistrements vidéo de l'enseignement sur les réactions non totales. Il s'agit de notre principale source de données.
- Des interviews semi-dirigées de l'enseignante dont le but était de lui faire expliciter sa pratique. Nous présenterons la façon dont ont été conçues ces interviews dans la suite.
- Les annales des exercices de l'épreuve de chimie du Baccalauréat portant sur la partie 2 du programme.
- Le programme officiel de chimie pour la classe de Terminale.

- Les textes des Travaux Pratiques distribués aux élèves avant et après leurs modifications.
- Plusieurs manuels scolaires de chimie.
- Les sujets des devoirs sur table proposés par l'enseignant à ses élèves, ainsi que les photocopies des copies des élèves.

En recherche sur l'éducation, les données peuvent être classées en fonction de leur mode d'obtention (Van Der Maren, 1995) :

- Données invoquées : il s'agit des données qui sont antérieures ou extérieures à la recherche, comme par exemple les extraits du programme officiel, des archives, etc.
- Données provoquées : elles sont produites par des appareillages et procédures spécifiquement construits ou choisis afin de fournir des données dont le format répond à des catégories définies à l'avance. C'est le chercheur qui impose le type et la forme des réponses aux sujets, ceux-ci devant choisir parmi la liste proposée.
- Données suscitées ou d'interaction : ce sont des données obtenues dans une situation d'interaction entre le chercheur et les sujets, autrement dit des données dont le format dépend tant de l'un que de l'autre.

Ainsi, les interviews de l'enseignante sont une source de données suscitées et les autres sources de données sont invoquées. Il nous est donc possible d'envisager une triangulation basée sur le type de données, en comparant les informations issues des données invoquées (notamment les enregistrements vidéo), et les données issues des interviews de l'enseignante.

3.2.3. Présentation de la méthode d'analyse

Notre méthodologie comporte deux niveaux d'analyse. Le premier niveau consiste à affecter, à certains extraits vidéo, des mots clés directement issus de notre cadre théorique. Des TPC sont ensuite reconstruites à partir de ces extraits vidéo, en fonction du sens donné aux acteurs de la classe et des mots clés attribués à l'extrait vidéo. Le deuxième niveau de notre analyse consiste à explorer les liens qui existent entre les mots clés et entre les mots clés et le type de TPC reconstruites. Ces liens seront mis en évidence grâce à un traitement statistique des données. Nous avons choisi la méthode statistique (Gras, Kuntz, & Briand, 2001) qui permet de mettre en évidence des liens d'implication. Nous détaillons dans un premier temps la méthodologie adoptée pour le premier niveau d'analyse puis nous aborderons celle qui concerne le deuxième niveau d'analyse, ainsi que le principe du traitement statistique implicatif.

3.2.3.1. Premier niveau d'analyse

Ce premier niveau d'analyse nécessite plusieurs étapes : recueillir des données vidéo, transcrire les productions verbales des acteurs de la classe à partir de ces données vidéo, structurer les données vidéo, sélectionner les passages à partir desquels seront reconstruites les TPC et enfin d'attribuer des mots clés à ces passages. L'utilisation d'un logiciel de traitement des données vidéo permettra d'obtenir une base de données vidéo dans laquelle les passages vidéo sont indexés grâce aux mots clés.

3.2.3.1.1. Recueil des données vidéo

Ces données couvrent l'intégralité de l'enseignement portant sur la partie II du programme, la durée, le type (Travaux Pratiques en demi-groupes ou séances en classe entière), la date de prise de vue ainsi que l'ordre chronologique de chaque séance sont donnés dans le tableau 4. La durée totale d'enregistrement est de 42 heures. La caméra vidéo était placée au fond de la salle de classe, sur un pied, ce qui nous a permis de suivre l'enseignante dans ses déplacements car elle était équipée d'un micro cravate.

Tableau 4 : durée, date de prise de vue et type de séance pour l'ensemble des enregistrements collecté.

Numéro de la séance	Date de la prise de vue	Type de séance	Durée
1	10/11/06	Travaux Pratiques en demi-groupe	2 heures
2	10/11/06	Travaux Pratiques en demi-groupe	2 heures
3	16/11/06	Séance en classe entière	1 heure et 40 minutes
4	23/11/06	Séance en classe entière	1 heure et 30 minutes
5	24/11/06	Travaux Pratiques en demi-groupe	2 heures
6	24/11/06	Travaux Pratiques en demi-groupe	2 heures
7	30/11/06	Séance en classe entière	1 heure et 30 minutes
8	05/12/06	Séance en classe entière	20 minutes
9	08/12/06	Travaux Pratiques en demi-groupe	2 heures
10	08/12/06	Travaux Pratiques en demi-groupe	2 heures
11	19/12/06	Séance en classe entière	50 minutes
12	21/12/06	Séance en classe entière	1 heure
13	22/12/06	Travaux Pratiques en demi-groupe	2 heures
14	22/12/06	Travaux Pratiques en demi-groupe	2 heures
15	11/01/07	Séance en classe entière	1 heure et 25 minutes
16	16/01/07	Séance en classe entière	40 minutes

Deux attitudes sont souvent mises en avant lorsqu'il s'agit de recueillir des données vidéo : soit celle qui consiste à avoir le champ le plus large afin d'être le plus neutre possible et de filmer le plus de choses possibles, soit au contraire de zoomer sur ce qui semble être important, de s'attarder sur certains gestes, expressions, bref d'avoir une attitude plus active lors de la prise de données. La première stratégie réduit les risques de biais humains, tout en impliquant que l'on perde certains détails, ce qui peut s'avérer critique lors de l'analyse. Avec la deuxième attitude, le chercheur est guidé plus fortement par ses choix théoriques et ses hypothèses. Il peut même revenir sur de tels choix à l'examen des données. Notre attitude lors de la prise de vue peut être considérée comme un mélange des deux méthodes décrites plus haut puisque l'on a cherché à prendre des plans larges le plus souvent possible, tout en

zoomant sur certaines actions de l'enseignante qui nous paraissaient importantes du point de vue des PCK. L'action d'écrire au tableau est la plus représentative de ces actions.

3.2.3.1.2. Transcription des vidéos

Les productions verbales des acteurs de la classe ont été transcrrites. L'ensemble des transcriptions correspondant aux séances en classe entière est donné en annexe. La transcription n'est pas un acte « transparent » ; il s'agit véritablement d'une première analyse (Mondada, 2003). Les transcriptions réalisées, en se limitant aux énoncés verbaux des locuteurs, ne sont pas une représentation de l'ensemble de la communication. Il manque en particulier les gestes, les chevauchements (lorsque deux personnes prennent la parole en même temps) etc. La manière de transcrire a été guidée par le besoin de représenter le savoir qui vit dans la classe, notamment pour pouvoir étudier les dimensions chronogénétique et topogénétique. Ces transcriptions font apparaître chaque locuteur (tour à tour) et son énoncé sous forme de tableau. Elles conservent le séquençage du savoir en jeu dans la classe (c'est-à-dire quel savoir est introduit en premier, lequel arrive ensuite) et la paternité des tours de paroles (le locuteur ainsi que ses productions verbales).

Les transcriptions sont présentées sous forme de tableaux à deux colonnes (voir l'exemple ci-dessous). La première fait apparaître le locuteur, le symbole P désigne l'enseignante (professeur) et E un élève. Nous n'avons pas différencié les élèves, sauf lorsque ceux-ci parlent entre eux. Les élèves sont alors distingués à l'aide de numéro (E1, E2, ...). La deuxième colonne du tableau contient la production verbale du locuteur. Les pauses supérieures à deux secondes sont représentées par le symbole « / ». Lorsqu'il était impossible de comprendre ce qui était dit (inaudible) nous avons fait figurer dans la transcription le symbole « (... ?) ». Chaque tour de parole est représenté par un retour à la ligne et changement de ligne dans le tableau. Ces règles de transcriptions sont inspirées des conventions ICOR.

Prenons un exemple issu de nos données (Tableau 5). Il s'agit d'un début de séance en classe entière lors duquel l'enseignante fait un rappel de ce qu'ils ont vu auparavant sous forme de questions-réponses (l'enseignante pose des questions auxquelles les élèves doivent répondre).

Tableau 5 : Extrait d'une transcription issue des données de la thèse permettant d'illustrer la façon dont ont été construites les transcriptions.

Locuteur	Productions verbales
P	au niveau microscopique il se passe encore des choses au niveau macroscopique on a atteint l'état final un équilibre ça va être caractérisé par quoi //
E	une constante d'équilibre
P	par une constante d'équilibre donc qui est associée /
E	concentration (...?)
E	transformation
P	à la concentration non à la transformation oui une constante d'équilibre c'est toujours associée il faut à coté avoir écrit l'équation d'une transformation et elle dépend oui de la température d'accord les constantes d'équilibre on la note K et on en a rencontré plusieurs K_a K_e et K alors qu'est ce que ça K_a c'est quoi /

Dans cet extrait, nous remarquons que le concept d'état d'équilibre dynamique (présent dans la première ligne du tableau : « *au niveau microscopique il se passe encore des choses au niveau macroscopique on a atteint l'état final* ») est introduit avant le concept

de constante d'équilibre. Ceci illustre que l'ordre d'apparition du savoir dans la classe est reconstructible à partir d'une transcription. En ce qui concerne la paternité de l'introduction des savoirs, cet extrait montre que c'est l'enseignante qui introduit tous les savoirs en jeu, soit directement (« *les constantes d'équilibre on la note K* » dans la dernière ligne du tableau) soit en posant des questions aux élèves (« *par une constante d'équilibre qui est associée* » dans la troisième ligne du tableau).

3.2.3.1.3. Structuration du corpus

L'étape suivante de notre traitement des données vidéo a été le découpage du discours des acteurs de la classe en unités afin de structurer nos données. L'unité choisie est le thème car celui-ci permet de rendre compte de l'avancée du savoir dans la classe autrement dit de la dimension chronogénétique de la mise en œuvre du savoir (Malkoun, 2007).

Définition du thème et du sous-thème

Le thème présente une cohérence du point de vue du savoir en jeu à un certain niveau de granularité qui correspond au discours de la classe dont la durée est de l'ordre d'une ou plusieurs dizaines de minutes (Tiberghien et al., 2007). Un thème est centré sur un objet de savoir et comporte des frontières avec une introduction et une conclusion. Le thème est donc une unité de découpage du discours qui comporte deux dimensions : une dimension de savoir, c'est-à-dire qu'au sein d'un thème il y a cohérence autour d'un même objet de savoir, et une dimension interactionnelle, c'est-à-dire un ensemble d'actions et de sens produits par des acteurs avec des frontières souvent marquées par des marqueurs langagiers ou gestuels. Ces thèmes sont eux-mêmes décomposables en d'autres unités plus petites qui ne sont pas nécessairement délimitées par des caractéristiques discursives. Ces unités peuvent par exemple présenter une introduction et pas de conclusion ou l'inverse. Nous les appelons sous-thèmes. Ils sont centrés sur un objet de savoir plus spécifique que le thème. Notons également qu'un thème est situé dans le temps de la séance et dans le temps de la séquence. C'est un découpage qui va permettre de repérer temporellement des événements.

Le tableau ci-dessous présente un exemple de découpage thématique du discours de la classe. L'extrait utilisé est issu d'une séance en classe entière au cours de laquelle l'enseignante fait un rappel de ce qui a été vu lors de la séance précédente (Travaux Pratiques). Nous reviendrons plus loin sur la façon dont ce découpage a été réalisé.

Tableau 6 : Transcription d'un passage du corpus identifié comme marquant la transition d'un thème à l'autre.

Tour de parole	Locuteur	Productions verbales
1	P	pH égale 7 ça veut dire c'est neutre on est à 10^{-7} ici on est à 8,2 donc la solution elle est basique donc là on a en fait très peu hein 10^{-9} très peu d'ion H_3O^+ qui sont présent en solution d'accord si on à $6 \cdot 10^{-2}$ / 1,2 d'accord là 10^{-2} c'est une concentration importante hein de solution celle qu'on utilise en TP donc on a un pH qui est petit alors si on met pour faire le lien avec le TP / les valeurs que vous aviez trouvées donc normalement pour la première valeur on était aux environs de 2 donc ça veut dire une concentration de combien je vais mettre tout de l'autre coté par ce qu'on voit bien // donc ça 'est les résultats du TP / donc on mesurait un pH à 2 donc ça veut dire quelle concentration /
2	E	10 moins 2
3	P	10 moins 2 // et pour l'autre solution on a mesuré un pH aux alentours je crois de 3,4 ça doit être ou en tout cas en théorie donc ça ferait une concentration alors Charlotte tu as ta calculatrice est-ce que tu peux calculer la concentration si le pH est égal à 3,4 /
4	E	C'est 4 fois 10^{-4}
5	P	4 fois 10^{-4} / d'accord ça c'est les résultats qu'on va utiliser pour la suite c'est ceux du TP /// donc on a la définition on sait maintenant passer d'une grandeur à l'autre c'est-à-dire de la concentration au pH et ce qui nous reste à voir ce qu'on a vu en TP c'est comment est-ce qu'on manipule le pH-mètre donc qu'est-ce qui faut faire quand on veut mesurer le pH d'une solution aqueuse
6	E	il faut l'étalonner

Les tours de parole 1 à 4 ont été analysés comme appartenant à un même thème (que nous avons nommé pH et concentration en ion H_3O^+) alors que le tour de parole 6 appartient au thème suivant (Mesure du pH). Le tour de parole 5 est à cheval sur les deux thèmes. Regardons-le de plus près :

cette partie du tour de parole : « *4 fois 10 moins 4 / d'accord ça c'est les résultats qu'on va utiliser pour la suite c'est ceux du TP* » peut être interprétée comme appartenant au premier thème (pH et concentration en ion H_3O^+).

Ainsi, l'extrait : « *donc on a la définition on sait maintenant passer d'une grandeur à l'autre c'est-à-dire de la concentration au pH* » est la conclusion du thème 1. L'enseignante résume ou synthétise ce qui vient d'être vu (la définition du pH ainsi que comment passer de la grandeur pH à la grandeur concentration en ion H_3O^+).

Par ailleurs, par cette production verbale : « *et ce qui nous reste à voir ce qu'on a vu en TP c'est comment est ce qu'on manipule le pH-mètre* », l'enseignante introduit un nouveau thème (Mesure du pH) en anticipant ce qui va être vu dans celui-ci.

En posant cette question : « donc qu'est-ce qui faut faire quand on veut mesurer le pH d'une solution aqueuse », l'enseignante débute un nouveau thème.

Cet extrait a donc illustré le passage d'un thème, avec sa conclusion, à l'autre, avec son introduction. Comme nous l'avons dit, les thèmes peuvent être divisés en sous-thèmes, eux aussi centrés autour d'un objet de savoir qui leur donne leur unité, mais ne contenant pas systématiquement une introduction ou une conclusion. Ainsi, l'énoncé de l'enseignante (tour de parole 5) : « *d'accord ça c'est les résultats qu'on va utiliser pour la suite c'est ceux du TP* » peut être interprétée comme la conclusion du dernier sous-thème du thème 1. Par contre le premier sous-thème du thème 2 (que nous appelons étalonnage du pH-mètre) n'est pas introduit par l'enseignante. Ce type de découpage est possible lors de cours dialogués car il s'agit d'un découpage du discours des acteurs de la classe. Les séances de Travaux Pratiques ne se prêtent pas à ce genre de découpage car le découpage thématique nécessite une organisation du savoir par un acteur de la classe, ce qui se traduit par une introduction et une conclusion de chaque thème. Or, en Travaux Pratiques les élèves travaillent en relative autonomie et l'enseignante n'organise pas, du moins de façon verbale et pour toute la classe en même temps, le savoir. Ceci nous à conduit à ne prendre en compte que les séances en classe entière dans notre découpage en thème.

Nous avons présenté, dans notre exemple, une transition entre deux thèmes à partir d'une transcription. Dans les faits, la méthode de découpage en thèmes à partir de la seule transcription n'aboutit pas à des résultats satisfaisants, et la vidéo doit souvent être consultée. Il s'agit d'un processus relativement complexe qui mérite d'être explicité. Nous présentons, à cette fin, la méthodologie de découpage en thème ci-dessous avec un regard sur ce qui est du ressort de l'implicite, pour le chercheur ou dans la classe.

Repérage des thèmes

Le découpage en thème n'est pas une opération linéaire, il faut souvent revenir en arrière lors du visionnage de la vidéo, et/ou relire la transcription ou encore reprendre un premier découpage. Les marqueurs langagiers sont des indices importants pour repérer les thèmes, nous donnons un exemple :

P : « alors là je pense qu'on a répondu du coup aux trois premiers exercices (...) donc on passe deuxième partie c'est le vif du sujet »

Ici l'expression « on passe deuxième partie » marque bien une transition entre « un avant » et « un après ».

Le repérage des thèmes ne peut toutefois se faire uniquement à partir de ces marqueurs langagiers, la prise en compte de la thématique autour d'un objet de savoir est essentielle. Les marqueurs langagiers seuls sont insuffisants et peuvent aussi apparaître au sein d'un thème :

P : « Donc ça c'est la démarche de l'étalonnage (...) alors pour faire ça maintenant quel est le mode opératoire »

Dans cet extrait, il serait possible de conclure, en se basant uniquement sur les marqueurs langagiers, qu'il y a une transition entre un thème « démarche de l'étalonnage » et un thème « mode opératoire », seulement une analyse du savoir en jeu conduit à requalifier ces deux thèmes en sous-unités d'un thème.

De plus, la prise en compte du savoir permet de repérer un thème lorsque son introduction ou sa conclusion est implicite. Il s'agit ici d'un implicite de la classe c'est-à-dire qu'il se trouve des cas où il n'y a pas de marqueurs explicites d'une introduction ou d'une conclusion dans le discours ou les gestes des acteurs de la classe. Voici le début et la fin d'un thème où la conclusion n'est pas explicite :

Le tableau ci-dessous (tableau 7) présente le début du thème :

Tableau 7 : Transcription du début du thème.

Locuteur	Productions verbales
P	alors on a dit que dans cette partie on allait s'appuyer sur quel type de transformation
E	acide base
P	acide base donc la première chose à voir /// donc qu'est ce que ça met en jeu une réaction acido-basique /

Le tableau ci-dessous (tableau 8) présente la fin du thème :

Tableau 8 : Transcription de la fin du thème.

Interlocuteur	
P	c'est pas un H_3O^+ ça veut dire que ce H^+ qui est ici c'est pas un H^+ aqueux qu'est ce qu'il représente ce H^+ ici/ c'est le même qu'on retrouve là donc en fait c'est la particule qui est échangée d'accord ici ce H^+ on pourrait dire c'est la particule élémentaire échangée et ici si on voulait mettre H^+ aqueux ça veut dire c'est l'entité chimique qui est en solution d'accord ça c'est l'ion qui est en solution et ça ça serait la particule échangée /
E	mais quand on fait l'équation de dissolution de HCl dans l'eau (...?)
P	oui dissoudre HCl dans l'eau c'est en fait faire réagir HCl avec l'eau / d'accord donc / alors on voulait construire le tableau d'avancement alors l'état avancement

L'introduction, faite sous forme d'une question de l'enseignante (« alors on a dit que dans cette partie on allait s'appuyer sur quel type de transformation »), est explicite et repérable par des marqueurs langagiers (« partie »). La conclusion en revanche ne comporte pas de marqueurs qui permettent de la repérer en tant que telle. Cependant, il est possible de repérer qu'il y a changement de l'objet de savoir sur lequel est centré le discours de la classe, des réactions acide-base au tableau d'avancement. La conclusion de ce thème consiste, ici, en la réponse à la question posée au début du thème : qu'est ce qu'une réaction acido-basique met en jeu, réponse : une particule échangée. Le début du thème suivant est marqué par un marqueur langagier : « donc alors on voulait construire le tableau d'avancement »

Le thème est donc une unité de découpage d'une vidéo qui comporte deux dimensions : une dimension de savoir, c'est-à-dire qu'au sein d'un thème il y a cohérence autour d'un même objet de savoir, et une dimension interactionnelle, c'est-à-dire que les frontières d'un thème sont, souvent, marquées par des marqueurs langagiers.

Il est maintenant possible de comprendre l'apport de la vidéo dans le découpage thématique, par rapport à la seule utilisation de la transcription. Des signes visuels (gestes, déplacement de l'enseignant, ...) qui contribuent au langage non verbal, et qui ont des fonctions de régulation du discours peuvent participer à la lecture du corpus. L'apport de la vidéo est donc essentiellement dans la dimension interactionnelle. Le langage (verbal et non verbal) est intégré dans une culture et une pratique, ici celle de la classe, qui est largement partagée par le professeur et les élèves. Ce langage est en partie implicite. Les

changements de thèmes, pour la plupart, ne sont pas simultanés avec un changement du type de travail effectué dans la classe (correction d'exercice, activité expérimentale ...).

La méthode de découpage en thème repose donc sur des implicites : que ce soit dans le discours, lorsque un thème est introduit ou conclu de façon implicite ; ou lors de la lecture des actions des acteurs de la classe. Le point suivant concerne un autre élément méthodologique essentiel à la compréhension de notre démarche concernant le découpage en thèmes. Il s'agit de la technique choisie pour l'attribution d'un titre au thème repéré.

Attribution d'un titre aux thèmes et aux sous-thèmes

L'étape d'attribution d'un titre aux thèmes est l'occasion d'une réflexion d'ordre méthodologique sur ce découpage. En effet, chaque thème et chaque sous-thème s'est vu attribué un titre. Le choix des termes utilisés pour nommer ces entités soulève souvent des problèmes. En effet, nous avons montré au cours d'une étude sur le découpage en thèmes d'un même corpus par différents chercheurs (Cross, Khanfour-Armalé, Badreddine, Malkoun, & Seck, 2009) que ce choix était vraisemblablement lié au « regard » du chercheur sur le savoir, autrement dit à quel savoir il fait référence lorsqu'il observe une situation de classe. Les différents savoirs de références peuvent être (Chevallard, 1991) : le savoir savant (le savoir faisant l'objet d'un consensus au sein de la communauté scientifique et ayant acquis une légitimité institutionnelle), le savoir à enseigner (prescrit dans le programme et dans une large mesure dans les manuels scolaires) et le savoir enseigné (le savoir qui vit en classe). Ainsi un même thème peut être dénommé différemment selon le chercheur, dans l'étude de Cross et al un thème s'est vu appelé : Interprétation microscopique, Réversibilité et interprétation microscopique, Interprétation au niveau microscopique d'une transformation chimique, et enfin Modèle microscopique. Le début de ce thème est donné dans le tableau 9 ci-dessous :

Tableau 9 : Transcription d'un thème dénommé de façons différentes en fonction des chercheurs.

Locuteur	Productions verbales
P	oui sauf que l'équation de dissolution c'est des équations qui sont totales et donc on a mis flèche et on peut calculer on a taux égale un ça dans le tableau d'avancement état final ou état max c'est la même chose / d'accord ici on va l'écrire plutôt comme ça parce que justement on a un équilibre donc là on a fini le tour du on a repris tout du TP et si vous avez suivi en même temps les le pour commencer il nous reste juste à répondre à quelques questions dans le vrai ou faux d'accord sinon on à répondu à toutes les questions qui étaient avant et pour ça on va faire juste une quatrième partie //// qui fait intervenir il va falloir que je branche ça // donc on en a déjà un peu parlé // microscopique //// bon on peut (...) dans cette salle // donc qu'est ce qui se passe au niveau microscopique une transformation // est ce qu'il est allumé oui non il me semble il a pas l'air du tout centré // alors à quel niveau on se place quand on dis qu'on va faire une interprétation microscopique /
E	au niveau des molécules

Certains noms donnés par les différents chercheurs à ce thème font référence aux productions verbales de l'enseignante (le terme d'interprétation microscopique) reflétant plutôt une approche par le savoir enseigné. Un chercheur a introduit le terme de transformation chimique, qui est présent dans le discours de l'enseignante, mais qui est également un terme central dans le programme de chimie au lycée (Kermen & Méheut, 2008) faisant ainsi référence au savoir à enseigner. Et enfin le terme de modèle, se trouvant

dans le programme officiel apparaît dans un des noms (*Ibid.*), ce qui pourrait être une référence au savoir à enseigner mais aussi au savoir savant.

Pour le découpage en thèmes, nous avons choisi de nous fonder sur le discours des acteurs de la classe et sur une analyse du savoir à enseigner. Nous faisons l'hypothèse que la classe de Terminale est très contrainte par le Baccalauréat, ceci se traduisant par un programme très dense et prescriptif. L'enseignant a peu de liberté s'il s'efforce de respecter le programme. Une analyse basée sur le savoir à enseigner nous paraît donc pertinente pour la classe de Terminale.

Analyse du savoir à enseigner

Pour mener à bien le découpage en thème, nous nous sommes appuyés sur l'analyse du programme (partie 2) : *L'équilibre chimique* de six manuels de Terminale. Une telle analyse a été effectuée par un découpage de plus en plus fin du savoir jusqu'à ce que les fragments découpés ne soient plus les mêmes pour tous les manuels. Par exemple, le découpage le plus grossier est de considérer les chapitres de chaque manuel. Il apparaît que tous les auteurs opèrent le même découpage. Un niveau plus fin consiste à prendre les parties du chapitre, mais là encore, ce niveau reste trop global. Avec un découpage plus fin, celui des paragraphes, des différences apparaissent entre les manuels. Nous choisissons donc ce grain de découpage pour l'analyse du contenu.

3.2.3.1.4. Sélection de moments propices à la reconstruction des PCK

Nous avons choisi de nous intéresser à un type de situation particulier pour reconstruire les PCK : les passages où l'enseignante répond à une question posée par un élève. Nous faisons l'hypothèse que ces passages, que nous avons appelés épisodes interactionnels, sont propices à la mise en œuvre de PCK par l'enseignante. En effet, les deux composantes principales des PCK sont les connaissances sur les difficultés des élèves et les connaissances sur les stratégies d'enseignement (van Driel et al., 1998). Ces deux composantes sont fortement susceptibles d'être sollicitées lorsque l'enseignante répond à une question d'élève. Effectivement, pour pouvoir répondre, l'enseignante doit comprendre et identifier la difficulté de l'élève. Des connaissances sur les stratégies d'enseignement sont sollicitées lorsque l'enseignante répond à l'élève. Ces épisodes, qui constituent des « perturbations » dans le déroulement planifié de la séance, sont donc pressentis pour présenter des moments où les PCK mises en œuvre par l'enseignante seront davantage « visibles » à travers ses actions.

Ces épisodes interactionnels sont constitués de la question posée par l'élève ainsi que de la réponse de l'enseignant. Les débuts de ces épisodes sont marqués par l'interruption de l'avancée du savoir sous la responsabilité de l'enseignante par un élève qui pose une question. La fin de ces épisodes est marquée par un retour à l'avancée du savoir sous la responsabilité de l'enseignante. Ainsi, certains épisodes ne comprennent qu'une seule « question-réponse » alors que d'autres sont constitués d'enchaînement de questions-réponses, comme par exemple :

Tableau 10 : Transcription d'un épisode interactionnel ne comportant qu'un seul couple question/réponse.

TdP	Locuteur	Productions verbales
1	P	c'est pas un H_3O^+ ça veut dire que ce H^+ qui est ici c'est pas un H^+ aqueux qu'est ce qu'il représente ce H^+ ici/ c'est le même qu'on retrouve là donc en fait c'est la particule qui est échangée d'accord ici ce H^+ on pourrait dire c'est la particule élémentaire échangée et ici si on voulait mettre H^+ aqueux ça veut dire c'est l'entité chimique qui est en solution d'accord ça c'est l'ion qui est en solution et ça ça serait la particule échangée /
2	E	mais quand on fait l'équation de dissolution de HCl dans l'eau (...?)
3	P	oui dissoudre HCl dans l'eau c'est en fait faire réagir HCl avec l'eau / d'accord donc / alors on voulait construire le tableau d'avancement alors l'état avancement

Le tour de parole numéro 2 constitue le début de l'épisode interactionnel. La fin de l'épisode interactionnel est marquée par le « *donc* » de l'enseignante (tour de parole 3). Ensuite l'enseignante reprend la progression du cours (« *alors on voulait construire le tableau d'avancement* »). Dans cet épisode interactionnel il n'y a qu'une question-réponse, mais certains épisodes en contiennent plusieurs. L'exemple suivant (Tableau 11) en contient deux.

Tableau 11 : Transcription d'un épisode interactionnel comportant deux couples question/réponse.

Locuteur	Productions verbales
E	enfin ça ressemble quand même beaucoup à un rendement
P	oui
E	c'est quoi la différence
P	heu c'est heu on calcule un rendement quand on fait une synthèse industrielle ça veut que un rendement c'est associé finalement par rapport à un coût ça veut combien on doit mettre et qu'est ce qu'on récupère ça veut dire qu'est ce qu'on récupère

Cet extrait, qui est un épisode interactionnel, est constitué de deux questions de l'élève. Nous avons choisi de regrouper les questions et réponses successives au sein du même épisode lorsqu'elles traitent d'un même objet de savoir.

3.2.3.1.5. Affectation de mots clés aux épisodes

Notre cadre théorique définit des « dimensions » d'analyse à prendre en compte pour la reconstruction et la caractérisation des TPC. Ces dimensions sont :

- Les systèmes d'activités à l'œuvre, autrement dit le but qui oriente l'activité de l'enseignante. Les deux buts retenus sont d'enseigner la chimie et de préparer les élèves à l'épreuve de chimie du Bac.
- La vie du savoir en jeu qui peut s'analyser suivant trois catégories : la chronogénèse qui rend compte du développement du savoir dans le temps, la mésogénèse qui rend compte de l'évolution du milieu et la topogénèse qui rend compte de la position des acteurs de la classe par rapport au savoir.
- L'épistémologie du savoir en jeu, que nous avons choisi d'analyser en termes de niveaux de modélisation.

Nous retenons ainsi cinq dimensions pour notre analyse : systèmes d'activité, chronogénèse, mésogénèse, topogénèse et niveaux de modélisation. L'analyse de chaque

épisode interactionnel en fonction de ces dimensions va nous permettre de construire un ensemble de mots clés regroupés en catégories. Chaque épisode interactionnel se voit affecté plusieurs mots clés. Ces mots clés permettent de décrire l'épisode interactionnel en fonction des cinq dimensions. Nous verrons dans la partie suivante comment nous avons construit ces mots clés ainsi que les catégories de mots clés.

3.2.3.1.6. Reconstruction des TPC

La reconstruction des TPC se fait à partir des épisodes interactionnels affectés des mots clés issus du cadre théorique. Cette reconstruction est basée sur le sens qui est donné aux actions des protagonistes de la classe ainsi que sur la description de l'épisode qui est faite grâce aux mots clés. Il s'agit d'un processus complexe et comportant une part d'implicite assez importante. Nous décrivons plus précisément la méthodologie de reconstruction dans la partie suivante.

Les TPC sont donc reconstruites à partir des épisodes interactionnels affectés de leurs mots clés. Certains épisodes permettent de reconstruire plusieurs TPC, d'autres au contraire n'offrent pas la possibilité de reconstruire des TPC. Les TPC reconstruites se voient à leur tour attribuer des mots clés en fonction de leur spécificité vis-à-vis du contenu (TPC locale ou globale) et de la nature de la TPC (stratégie d'enseignement, connaissance sur les difficultés des élèves, connaissance sur l'évaluation, connaissance du contexte, buts et valeurs de l'enseignement des sciences).

3.2.3.2. Le logiciel Transana

Transana est un logiciel de traitement qualitatif des données vidéo mis au point par le *Wisconsin Center for Education Research*⁸. Il a été utilisé, en tant qu'outil, tout au long de ce travail. Des travaux précédents en didactique des sciences ont utilisé ce logiciel et en ont montré l'intérêt dans le cadre de l'analyse de vidéo (Seck, 2007). L'interface de Transana présente quatre fenêtres : une fenêtre dédiée à la transcription (1), une fenêtre qui permet de visualiser la vidéo (2), une fenêtre de visualisation du son (3) et une fenêtre de base de données (4). La fenêtre de visualisation du son permet de voir défiler le niveau sonore (amplitude) des sons enregistrés. La fenêtre de la base de données permet à l'utilisateur de gérer les « séries » et de créer des « clips » et des « collections ». Transana permet de coordonner la transcription à la vidéo, ainsi lors de la lecture de la vidéo la transcription correspondante défile dans la fenêtre transcription. Cette coordination ou synchronisation entre la vidéo et la transcription se fait à l'aide de balises temporelles placées par l'utilisateur.

⁸ <http://www.transana.org/>

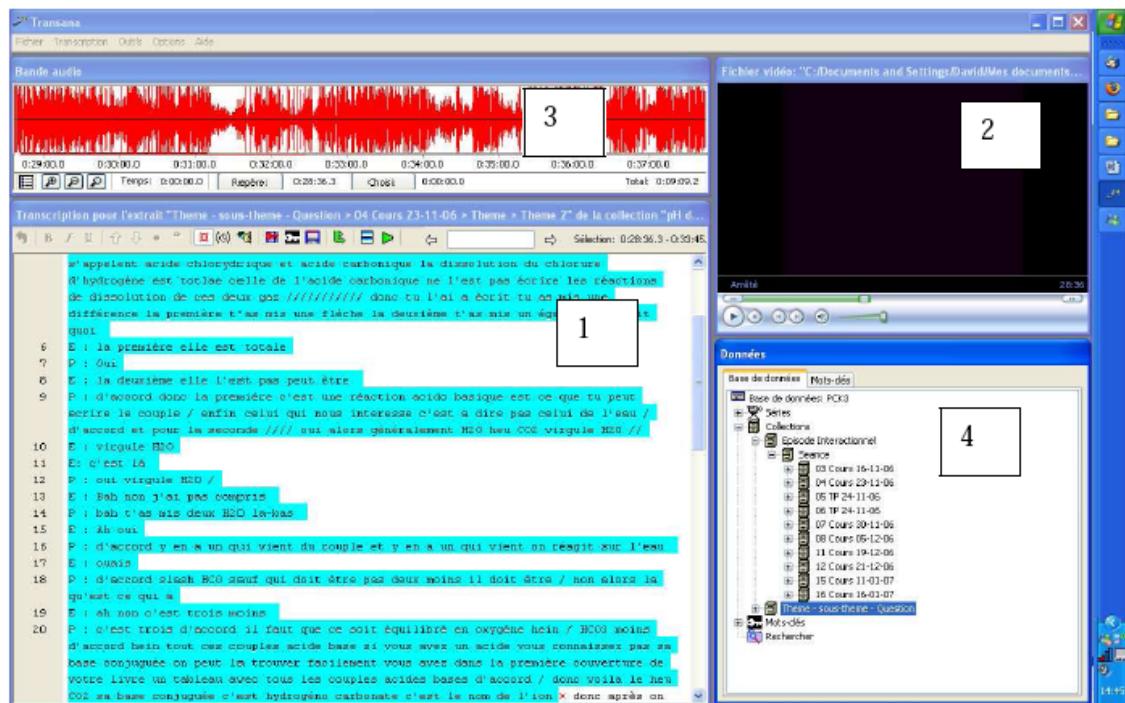


Figure 11 : Les quatre fenêtres du logiciel Transana : en bas à gauche la fenêtre transcription (1), en haut à droite la fenêtre vidéo (2), en haut à gauche la fenêtre audio (3), et en bas à droite la fenêtre base de données (4).

3.2.3.2.1. Collections

Transana permet à l'utilisateur de créer des clips, qui sont des extraits de vidéo de longueur variable. La longueur minimale d'un clip ne peut être inférieure au temps qui sépare deux balises temporelles. Les clips sont organisés dans des collections. Une collection peut elle-même contenir une collection (on parlera alors de collections imbriquées).

L'avantage de ce logiciel par rapport à d'autres est qu'il permet un raffinement progressif des hypothèses et des catégories de description des événements. Ceci n'est pas le cas, par exemple du logiciel Vidéograph qui demande d'avoir des catégories a priori, c'est-à-dire que les catégories d'analyse doivent être fixées avant le codage. Nous avons utilisé le logiciel Transana afin de :

- Transcrire les productions verbales des acteurs de la classe

- Organiser les enregistrements vidéo en séries
- Créer des clips correspondant aux thèmes et aux sous thèmes
- Créer des clips correspondant aux épisodes interactionnels
- Créer une collection rassemblant l'ensemble de ces clips et présentant une vue d'ensemble des données vidéo structurées en thèmes, sous thèmes et épisodes interactionnels.

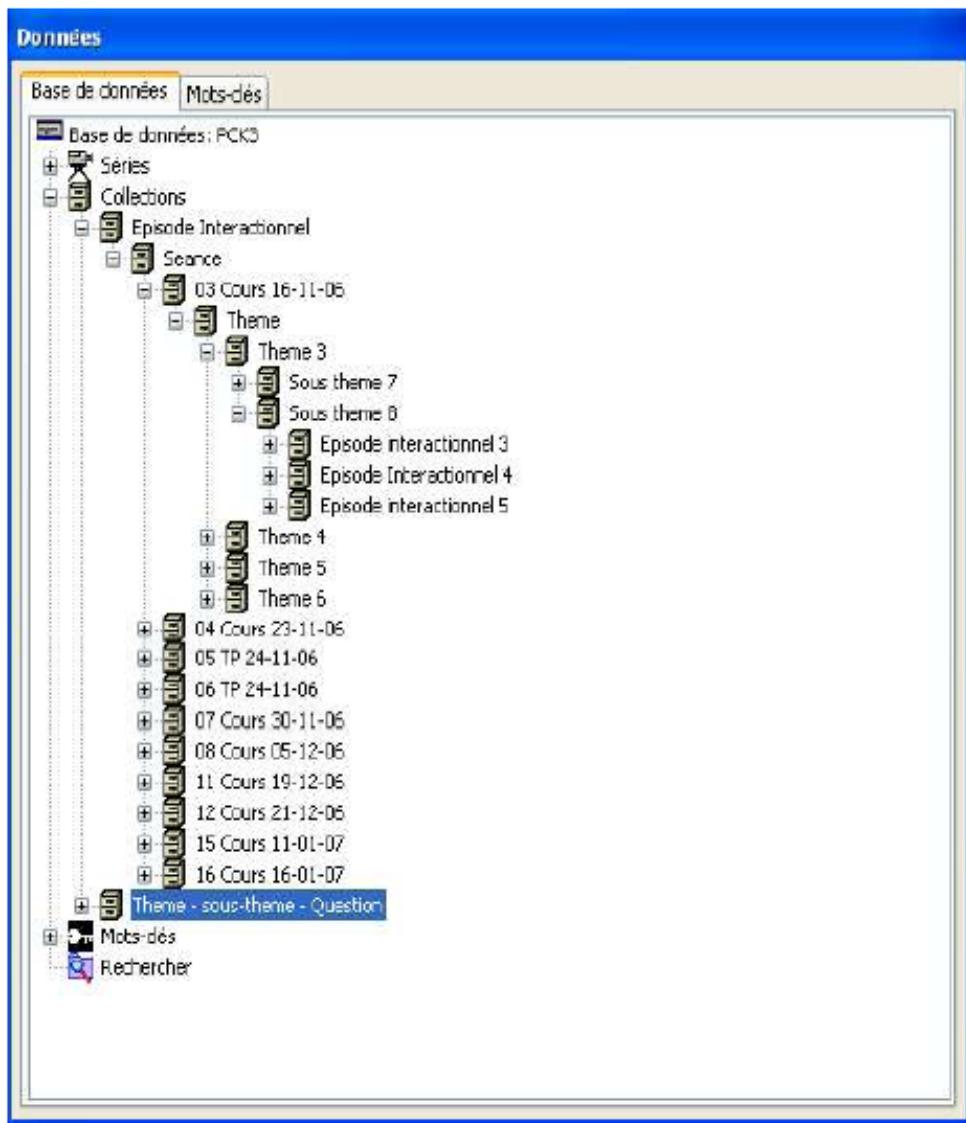


Figure 12 : Image de la base de données construite grâce aux clips correspondant aux thèmes, sous-thèmes et épisodes interactionnelles.

3.2.3.2.2. Mots clés

A chaque clip, un ou plusieurs mots clés peuvent être attribués. Les mots clés sont regroupés au sein de catégories de mots clés. Ces mots clés permettent d'indexer les clips au sein de la base de données. Un module de recherche permet de faire des requêtes sur ces mots clés à l'aide des opérateurs booléens et de créer des collections à partir des clips ayant les mêmes ensembles de mots clés.

3.2.3.2.3. Format de présentation des données

Huberman & Miles (1991) notent que le format de présentation des données et des analyses est primordial pour mener une analyse qualitative valable. Ces formats de présentations doivent permettre de « *rassembler de l'information et l'organiser sous une forme compacte immédiatement accessible, qui permet à l'analyste d'embrasser d'un seul coup d'œil la situation et, soit d'en tirer des conclusions justifiées, soit de passer à une étape suivante d'analyse si besoin est* » (Huberman & Miles, 1991). Un des avantages de ce logiciel de traitement des données réside dans sa capacité à organiser et présenter l'information. Transana permet de visualiser les mots clés affectés aux clips en fonction de l'avancement du temps. Les données issues des analyses effectuées sous Transana peuvent également être exportées vers d'autres logiciels, notamment les logiciels de statistiques.

3.2.3.2.4. Base de données vidéo obtenue à la fin du premier niveau d'analyse

L'utilisation du logiciel Transana nous permet d'obtenir, au terme de ce premier niveau d'analyse une base de données constituée des extraits vidéo (correspondant aux épisodes interactionnels) indexés grâce aux mots clés. Le découpage en thèmes et en sous-thèmes des données vidéo apparaît également dans cette base de données grâce à la création d'une collection regroupant tous les thèmes et sous-thèmes.

3.2.3.3. Deuxième niveau d'analyse

Notre deuxième niveau d'analyse s'appuie sur un traitement statistique des données. L'idée est d'explorer les éventuels liens entre les mots clés de différents épisodes interactionnels d'une part et entre les mots clés d'un même épisode interactionnel et les TPC reconstruites à partir de celui-ci d'autre part.

Le premier type de liens, les liens entre mots clés de différents épisodes interactionnels, va permettre d'offrir une autre approche du corpus. En effet, il ne s'agit plus de regarder chaque épisode interactionnel isolément, mais de chercher des patterns de mots clés entre les épisodes. En partant de l'idée que certains phénomènes ne deviennent visibles qu'à force de les voir se répéter, nous espérons que cette approche différente nous permettra de reconstruire de nouvelles TPC.

Le deuxième type de liens, entre les mots clés de l'épisode interactionnel et les mots des TPC reconstruites à partir de cet épisode a pour but de caractériser les TPC. Certaines TPC sont-elles plus souvent utilisées dans certaines situations ? En fonction de certains types de savoir ? En association avec d'autres TPC ?

En affectant aux TPC reconstruites lors du premier niveau d'analyse des mots clés relatifs au processus de reconstruction nous espérons pouvoir obtenir des résultats sur les facteurs influençant ce processus de reconstruction. Les mots clés que nous avons choisis sont relatifs aux questions suivantes :

- Est ce qu'il y a eu reconstruction de TPC ?
- Combien de TPC ont été reconstruites à partir d'un même épisode ?

Le traitement statistique qui va nous permettre d'explorer ces liens repose sur les statistiques implicatives. Nous présentons l'analyse statistique implicative ainsi que le logiciel de traitement des données CHIC utilisé pour mener cette analyse. Nous conclurons

cette partie sur le deuxième niveau d'analyse par un paragraphe plus technique : comment passer des données fournies par Transana au logiciel CHIC.

3.2.3.3.1. L'analyse statistique implicative

L'analyse statistique implicative se propose de donner un sens statistique et donc une mesure aux expressions du type : « Si a alors b ».

Soit E un ensemble d'objets auquel est affecté un ensemble de variables V. Soit A le sous-groupe de E vérifiant la variable a et B le sous-groupe de E vérifiant la variable b. La relation d'implication $a \Rightarrow b$ (a implique b) est vérifiée si le nombre de contre exemple à cette implication est inférieur à un certain pourcentage (noté α). En règle générale la valeur de α est fixée à 5%. La figure 13 représente la relation d'implication $a \Rightarrow b$. La signification que l'on peut donner à la relation d'implication $a \Rightarrow b$ est que si a est vérifiée alors généralement b l'est aussi.

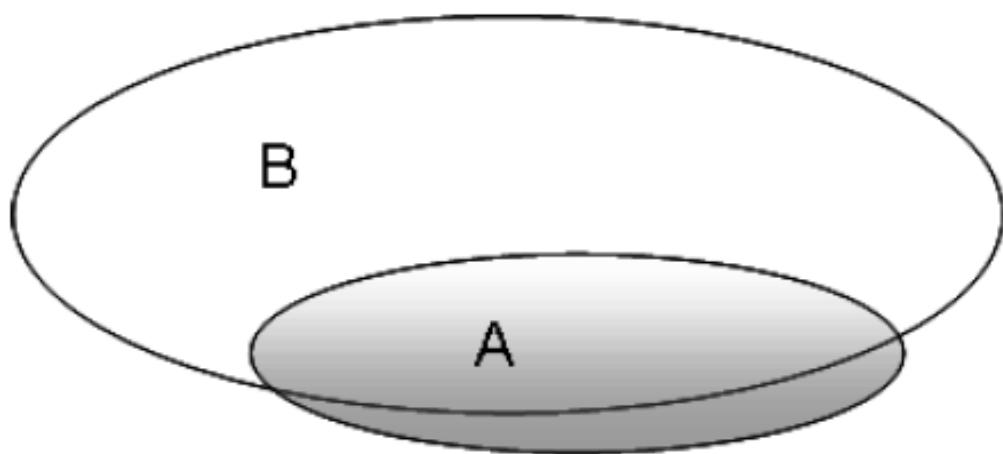


Figure 13 : Représentation de la relation a implique b.

3.2.3.3.2. Le logiciel CHIC

L'analyse statistique implicative a été menée à l'aide du logiciel CHIC (Classification Hiérarchique Implicative et Cohésitive). Ce logiciel permet à la fois de calculer, de mettre en évidence les implications entre variables et de présenter les résultats sous forme de graphe appelé arbre cohésif. Dans cet arbre, des classes de variables ou de règles entre variables sont constituées à partir des implications entre celles-ci. La figure 14 représente un arbre cohésif fictif pour des variables a, b, c, d, e et f. Au premier niveau de la hiérarchie, la classe (b,c) est créée. Elle représente le fait que la variable b implique la variable c avec une intensité plus forte que tous les autres couples de variables. Au second niveau la classe (a,(b,c)) est créée. Cette classe admet la plus forte cohésion parmi celles de toutes les classes possibles à trois composantes et celle de toute autre classe à deux composantes. Remarquons que la classe (d(a(b,c))) et (e,f) ne sont pas liées et forment donc deux classes isolées. L'algorithme construisant l'arbre cohésif arrête son processus de construction dès que la cohésion entre variables ou entre règles devient trop faible.

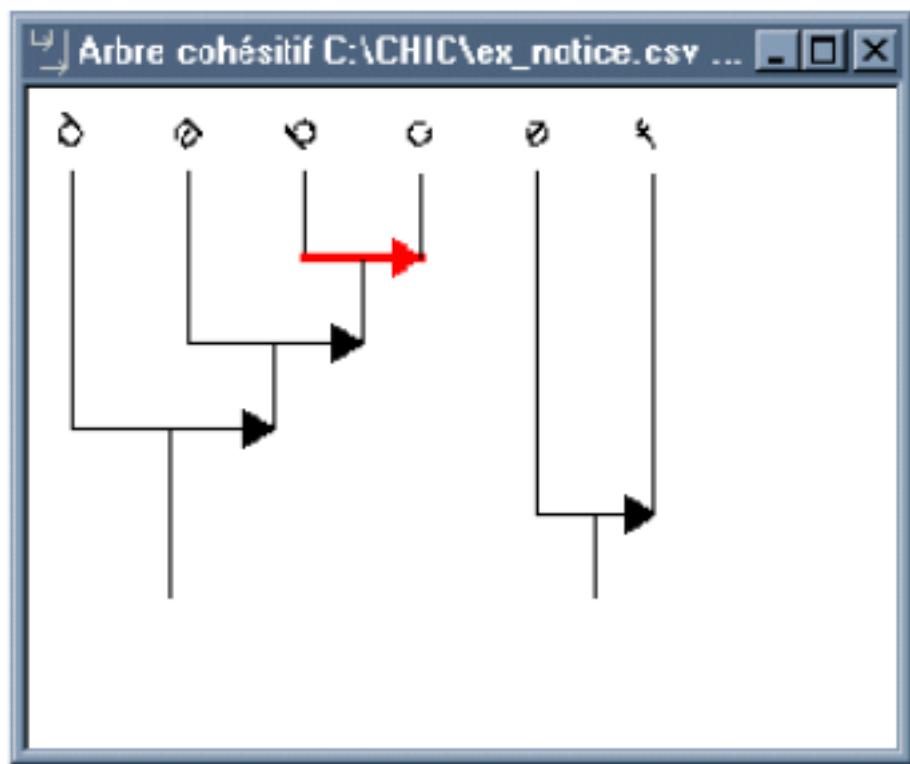


Figure 14 : Exemple d'arbre cohésif pour des variables a, b, c, d, e et f.

3.2.3.3.3. De Transana à CHIC

Le codage des extraits vidéo s'est fait, lors du premier niveau d'analyse. Le deuxième niveau d'analyse nécessite le logiciel CHIC. Nous montrons dans ce paragraphe comment les données issues de l'analyse avec Transana sont utilisées avec CHIC.

Le premier niveau d'analyse mis au point a utilisé le logiciel Transana pour :

- Créer des clips, correspondant aux épisodes interactionnels
- Indexer ces clips en fonction des mots clés
- Indexer les TPC en fonction de leur nature et de leur spécificité

Transana possède une fonction « exporter les données » qui permet d'obtenir pour chaque clip les mots clés clé attribués. Ces données sont organisées sous forme de tableau : chaque ligne correspond à un clip et chaque colonne correspond à un mot clé. Si le mot clé A a été attribué au Clip 1 la valeur 1 apparaît dans la case correspondante, la valeur 0 sinon.

Ce tableau correspond au format des données traitées par le logiciel CHIC. Les seuls changements apportés concernent l'appellation des mots clés, alors que Transana prend en charge des noms de mots clés relativement longs (de l'ordre de la dizaine de caractères), CHIC ne prend en charge que des noms de mots clés de l'ordre de trois ou quatre caractères. Le tableau de l'annexe II donne la correspondance entre les noms de mots clés utilisés dans Transana et dans CHIC.

3.3. Conclusion de ce chapitre

Dans cette partie nous avons présenté les questions de recherche qui sont relatives d'une part à la méthode de reconstruction des PCK à partir des actions de l'enseignante et d'autre part à la caractérisation des PCK reconstruites. Pour répondre à ces questions nous avons adopté une démarche qualitative intra-site et récolté des données. Nous avons présenté ensuite les deux étapes d'analyse de notre méthodologie : dans un premier temps l'analyse des vidéo grâce au logiciel Transana qui nous a permis d'obtenir une base de données d'extraits vidéo indexés suivant des mots clés issus du cadre théorique ; puis le principe de l'analyse statistique implicative ainsi que de l'arbre cohésif permettant d'explorer les liens entre les mots clés.

Chapitre 4 : Analyse des épisodes interactionnels en termes de systèmes d'activité

Comme nous l'avons dit dans notre cadre théorique, nous faisons l'hypothèse que les actions des protagonistes de la classe peuvent être interprétées comme répondant à deux buts : enseigner la chimie, et préparer les élèves à l'épreuve de chimie du Bac. Nous proposons, tout d'abord une analyse permettant de mettre en évidence qu'il y a bien une dualité dans les buts de l'enseignement de chimie en classe de Terminale. Cette analyse s'appuie sur les évaluations écrites proposées aux élèves par l'enseignante. Certaines de ces évaluations sont qualifiées, par l'enseignante, de « type Bac » et d'autres de « type non-Bac ». Cette analyse nous permettra de plus de préciser, en partie, les buts des deux systèmes d'activité. Nous abordons ensuite comment chaque épisode interactionnel a été caractérisé en fonction des systèmes d'activité à l'œuvre.

4.1. Mise en évidence de la cohabitation, au sein de la classe, de deux systèmes d'activité

Dans cette partie nous présentons une analyse de deux types de sujets de devoirs, le type Bac et non-Bac (l'enseignante utilise ces termes pour qualifier les devoirs), afin de montrer qu'il existe une réelle différence, en termes de tâche demandée à l'élève, et que de ce fait ces deux types de sujets ne visent pas le même résultat.

Cadre théorique pour l'analyse des devoirs

La charge cognitive étant un concept pertinent pour étudier la résolution de problème (Ardac & Hasan, 2002; Tasker & Dalton, 2006) nous avons formulé l'hypothèse que ce concept sera donc à même de distinguer des sujets de type Bac des sujets type non-Bac. Nous présentons dans cette partie ce concept de charge cognitive ainsi que les notions de complexité et de structure du contenu qui nous semblent être des descripteurs de certaines dimensions de la charge cognitive.

La théorie de la charge cognitive est construite autour de l'hypothèse d'une architecture cognitive de la pensée, modélisée par une mémoire de travail de capacité limitée, et d'une mémoire à long terme, d'une grande capacité de stockage. Ces deux mémoires possèdent chacune des caractéristiques. La mémoire à long terme stocke l'information sous forme de schémas. Ceux-ci catégorisent des éléments d'information en fonction de leur utilisation, et peuvent être plus ou moins automatisés. L'automatisation d'un schéma est fortement liée à son nombre d'utilisations. Une fois automatisé, un schéma est traité à un niveau non-conscient, et son utilisation n'est alors pas soumise à la limitation de capacité de la mémoire de travail.

La charge cognitive peut avoir trois origines. Nous nous intéressons qu'à une seule d'entre elles appelée charge cognitive intrinsèque (CCI). Celle-ci est corrélée à la nature de la question devant être traitée. Une question contenant un nombre important d'éléments ou d'informations interagissant fortement entre eux entraîne, si les schémas associés ne sont pas automatisés, une CCI importante. La CCI, est donc directement liée aux questions posées dans les sujets.

La CCI nécessaire à la résolution d'une question est liée au nombre d'éléments d'informations, et à leurs niveaux d'interaction. Ces caractéristiques sont prises en compte à partir de ce que demande la question et du nombre d'étapes nécessaires pour répondre à une question et du type de lien entre les éléments qui la constituent, ce que nous appelons la structure du contenu. Chaque élément, en particulier en science quand il s'agit de concepts, peut lui-même articuler un nombre plus ou moins important de concepts en relation ; cette quantité de relations se traduit par la complexité du concept, ce que nous préciserons ci-dessous. Un autre facteur intervenant dans la CCI est le degré d'automatisation des schémas liés à la question. Afin de prendre en compte cette automatisation qui résulte de la fréquence à laquelle le schéma correspondant est convoqué, nous introduisons la notion d'occurrence au bac, qui mesure le nombre de fois où une question a été posée dans une des annales des épreuves de chimie du Bac. Plus cette occurrence est élevée, plus les élèves risquent d'avoir rencontré cette question lors de révisions, et donc plus les schémas associés à sa résolution ont pu s'automatiser.

La complexité a été définie dans différents travaux (Aufschnaiter & Aufschnaiter, 2003; Mansoor, 1987). Nous avons retenu la hiérarchisation d'Aufshnaiter et al. en 10 niveaux, regroupés en 4 types car elle est suffisamment fine pour s'adapter à nos questions de recherche. Le premier type, le moins complexe, s'intéresse aux situations et aux objets.

On y trouve au 1^{er} niveau les **objets**, au 2^e leurs **aspects**, et au 3^e les **opérations** qui correspondent à des variations systématiques de l'aspect des objets. Le 2^e type, plus complexe, concerne les classes invariantes d'objets et de situations. Le 4^e niveau de complexité concerne les propriétés des objets. Une **propriété** est une caractéristique d'une classe d'objets dont les aspects communs ou différents permettent la définition. Le 5^e niveau est celui des **événements** qui sont définis comme le lien entre des propriétés stables de classes d'objets différentes ou identiques. Le 3^e type, encore plus complexe, concerne les classes variables d'objets et de situations. Le 6^e niveau est celui des **programmes**, c'est-à-dire de la variation systématique d'une propriété en fonction d'autres propriétés stables, au sens où ce sont toujours les mêmes. Le 7^e niveau est celui des **principes**, définis comme la construction d'une covariation stable de paires de propriétés. Enfin, au 4^e type, le 8^e niveau est la **connexion**, définie comme l'ensemble des liens entre différents principes mettant en jeu les mêmes propriétés différentes ou variables. Le 9^e niveau est celui des réseaux et le 10^e celui du système rarement impliqué au niveau scolaire que nous considérons ici. Le tableau 12 présente ce modèle de complexité.

Type	Niveau
1 Situations et objets	Objets
	Aspects
	Opérations
	Propriétés des objets
2 Classe d'objets et situations invariants	Événements
	Programmes
3 Classe d'objets et de situations variables	Principes
	Connexions
	Réseaux
4 Covariation de classes d'objets et de situations variables	Systèmes

Tableau 12 : Modèle de la complexité d'après von Aufshnaiter et al.

Des exemples de la plupart de ces définitions en relation avec nos données sont donnés dans la partie méthodologique ci-dessous. La définition adoptée pour la complexité ne fait pas correspondre à chaque notion un niveau de complexité et un seul. Le contexte d'utilisation de la notion est essentiel. Par exemple, une constante d'équilibre chimique sera une propriété d'une classe d'objet dans le cas de la constante d'acidité d'un acide (K_A) : « K_A » est la propriété et « acide » est la classe d'objet. En revanche, quand il s'agit de calculer K_A à partir des concentrations en solution, le niveau de complexité sera celui des programmes puisque sa valeur se calcule toujours de la même façon à partir du rapport des concentrations à l'équilibre. Cette définition de la complexité a été préférée, par exemple à celle de la M-demand (Mansoor, 1987), par la précision de ses définitions et par la rigueur avec laquelle elles peuvent fonctionner lors des analyses. De plus, puisque nous nous intéressons à la chimie, cette hiérarchie basée sur les objets et sur leurs propriétés est appropriée. Cette discipline en met beaucoup en jeu, qu'ils soient microscopiques (ions, molécules, etc.) ou macroscopiques (substances, solution, mélanges, etc.).

En partant de l'hypothèse que de raisonner à propos d'un fait individuel ne présente pas la même difficulté que de raisonner à propos d'une relation, Kauertz et Fischer (2006) ont proposé une échelle représentant la structure du contenu de la question. Cette échelle de « niveau de structure » permet de rendre compte, en partie, de la difficulté de ce qui est demandé aux élèves. Pour chaque échelon nous donnons un exemple ainsi qu'une représentation schématique dans le Tableau 13.

L'échelon A correspond à l'échelon des notions individuelles. L'échelon B est celui de plusieurs notions non reliées, et si elles sont reliées, il s'agit de l'échelon C. Des relations considérées de façon indépendantes constituent l'échelon D. Enfin, l'échelon E est celui des relations reliées entre elles.

Échelon	Définition	Exemple	Visuel
A	Une notion individuelle	Un acide défini comme une espèce capable de céder un ion H^+	
B	Plusieurs notions non reliées	L'unité d'une grandeur et un acide, défini comme une espèce capable de céder un ion H^+	
C	Plusieurs notions en relation	La constante d'équilibre est fonction des concentrations des espèces dissoutes à l'équilibre	
D	Plusieurs relations non reliées	Déterminer plusieurs couples acide/base dans un système	
E	Plusieurs relations reliées	Commenter la dissociation d'un acide en fonction de la constante d'équilibre	

Tableau 13 : Définition et exemple pour chaque échelon de structure du contenu.

4.1.1. Méthode d'analyse des devoirs

Nous avons récupéré six sujets, dont trois sont présents dans des annales et trois ne le sont pas. Pour ces derniers, l'enseignante les qualifie (vis-à-vis de nous, mais aussi de ses élèves) d'énoncé non-BAC, qu'elle estime plus difficile. Par ailleurs, nous disposons également d'une banque de 40 énoncés récupérés dans les annales du BAC des années 2003 – 2007. Pour chacun des énoncés, la méthode d'analyse a consisté à attribuer à chaque question, un score pour chacun des différents critères retenus : complexité, structure, nombre d'étapes, nature des étapes, contenu des questions et occurrence au Bac. Dans la partie suivante nous présentons la méthode d'attribution du score pour chacun des six critères.

4.1.1.1. Analyse en termes de complexité

A partir des définitions de chaque niveau de complexité d'Aufshnaiter & Aufshnaiter (2006), nous avons attribué un score à chaque question des énoncés analysés. Nous allons envisager ici quelques exemples caractéristiques par niveau de complexité en précisant à chaque fois pourquoi la définition du niveau (voir cadre théorique) permet d'attribuer ce niveau de complexité.

- Le niveau *propriété* a été donné quand il était demandé aux élèves, par exemple, de donner la définition d'un acide selon Bronsted. En effet, il est demandé de fournir le critère (un acide de Bronsted est capable de céder un ion H^+) qui permet de construire la classe d'objets *acides*.
- Le niveau *événement* a été attribué à des questions demandant, par exemple, d'écrire une équation de réaction. En effet il est demandé aux élèves de faire le lien entre les propriétés de deux classes d'objets différents (c'est le cas des acides et des bases). Les acides ont la propriété de perdre un ion H^+ et les bases celle de capter cet ion. En écrivant l'équation de la réaction entre un acide et une base les élèves

doivent lier ces deux propriétés. Le niveau événement a aussi été attribué à un autre type de questions énoncées ainsi :

On considère deux solutions obtenues par dissolution du même acide dans l'eau. Cet acide réagit de façon limitée avec l'eau. La première solution a une concentration d'acide en soluté apporté C_1 , la deuxième une concentration d'acide en soluté apporté C_2 ($C_1 \neq C_2$). Grâce à des mesures, la constante d'équilibre (K) ainsi que le taux d'avancement final (#) pour ces deux réactions sont déterminés.

Concentration d'acide en soluté apporté	Constante d'équilibre	Taux d'avancement final
$C_1 = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$	$K = 1,6 \cdot 10^{-5}$	$\tau_1 = 7,40 \cdot 10^{-2}$
$C_2 = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$	$K = 1,6 \cdot 10^{-5}$	$\tau_2 = 1,25 \cdot 10^{-2}$

- La constante d'équilibre K dépend-elle de la concentration initiale en acide éthanoïque ? Justifier la réponse à partir du tableau. - Le taux d'avancement final d'une transformation chimique limitée dépend-il de l'état initial du système chimique ? Justifier la réponse à partir du tableau.

Dans ces questions il est demandé aux élèves de faire le lien entre une propriété (la concentration) de la classe d'objet *solution* et une autre propriété (valeur numérique) de la classe d'objet *constante d'équilibre (K)* ou *Taux d'avancement final (τ)*. C'est donc bien un événement dans l'échelle de la complexité.

1. Le niveau programme a été attribué aux questions du type : Calculer la concentration, si, par exemple la quantité de matière et le volume sont connus. Ces deux propriétés (quantité de matière et volume) sont toujours les mêmes pour un système donné. Un tel calcul d'une concentration (qui est une propriété) revient donc bien à prendre en charge sa variation systématique (car c'est toujours le même calcul) en fonction de deux autres propriétés (volume et quantité de matière).
2. Le niveau des principes a été attribué à des questions du type : exprimer la constante de réaction en fonction du taux d'avancement final. La constante d'équilibre est en effet une propriété d'un équilibre et le taux d'avancement final une propriété d'une réaction. En exprimant la constante d'équilibre en fonction du taux d'avancement final, il est bien demandé de mettre en évidence la variation d'une propriété en fonction d'une autre.
3. Enfin le niveau des connexions est défini comme l'ensemble des liens entre différents principes mettant en jeu les mêmes propriétés différentes ou variables. La question suivante rentre donc dans cette catégorie :

Pour une réaction donnée entre de l'eau et une base, on donne le taux d'avancement final ainsi que l'espèce prédominante du couple acide base considéré. Il est demandé aux élèves si la valeur du taux d'avancement est cohérente avec l'espèce du couple qui prédomine.

Il y a ici deux principes :

1. plus la valeur du taux d'avancement final est grande et moins la base est dissociée,
2. dans un couple acide base, si la base prédomine alors la base est peu dissociée,

Il s'agit bien du niveau *connexion* de l'échelle de complexité.

4.1.1.2. Analyse en termes de niveau de structure

Pour chaque question, le niveau de structure a été attribué. Quelques exemples permettent d'illustrer la façon dont ce critère a concrètement été attribué.

1. Le niveau A (fait individuel) a été attribué aux questions de type :

Donner la définition d'un acide selon Bronsted.

Qu'est ce qu'une solution saturée ?

En effet, dans un cas comme dans l'autre, une seule notion est mise en jeu : celle d'acide de Bronsted ou celle de saturation.

1. Le niveau B est relatif aux questions mettant en jeu plusieurs faits non reliés, il s'applique ainsi aux énoncés suivants :

Citer les espèces ioniques majoritaires dans une solution donnée.

Dans une réaction donnée, identifier les couples acides bases en jeu.

Pour le premier énoncé, les deux notions mises en jeu sont celles d'espèce ionique majoritaire, et celle de solution. Dans un tel énoncé, elles sont indépendantes. Pour le second, les deux notions indépendantes sont celles de réaction et de couple acide base.

Le niveau C concerne les questions ne faisant intervenir qu'une seule relation :

Écrire l'équation de réaction entre un acide et une base.

La relation en jeu est entre les notions d'acide, de base et de réaction. Un autre exemple de ce niveau de structure est l'énoncé :

Connaissant le pH, calculer la concentration en ion oxonium.

Sont en jeu les notions de pH et de concentration, et leur relation est essentiel dans cet énoncé. Il s'agit même d'une relation au sens mathématique du terme.

- Le niveau D a été attribué aux questions où il y a plusieurs relations non reliées :

Exprimer les concentrations de chacune des espèces à l'état final en fonction de la concentration en soluté apporté, du volume de solution et du taux d'avancement final.

- Pour finir, le niveau E est concerné par les questions mettant en jeu plusieurs relations reliées. L'énoncé suivant :

On fait réagir un acide AH avec de l'eau. Le taux d'avancement final de cette réaction est de 0,01. Pourquoi peut-on dire que cet acide est peu dissocié ?

demande de faire le lien entre la relation reliant le taux d'avancement à l'espèce prédominante du couple AH/A⁻ et la relation reliant l'espèce prédominante d'un couple et la notion de dissociation. Cet énoncé a donc été catégorisé comme appartenant à l'échelon E.

4.1.1.3. Analyse des devoirs en termes de nombre d'étapes

La réponse à une question peut nécessiter un certain nombre d'opérations que l'on a appelé des étapes. Il s'agit des étapes indispensables pour la résolution de la question considérée par un élève de Terminale. On peut en effet envisager qu'un expert d'un niveau supérieur pourrait répondre à la question avec moins d'étapes. Ainsi si l'on prend l'énoncé suivant :

Une masse m d'acide AH est dissoute dans un volume V d'eau. Calculer la concentration molaire en soluté apporté d'acide AH. La masse molaire de l'acide AH est égale à M .

Pour répondre à cette question l'élève va devoir calculer la quantité de matière (en mole) d'acide AH dans la masse m en appliquant la relation $n=m/M$, puis la concentration molaire en appliquant $C=n/V$. La résolution de cette question nécessite donc 2 étapes. Ce nombre d'étapes a été évalué à partir des corrections disponibles sur le site internet labolycée⁹, et en vérifiant qu'elle met effectivement en jeu les connaissances exigible au Bac, et que nous ne pensions pas à une démarche plus courte.

4.1.1.4. Analyse en termes de nature des étapes

Chacune des étapes nécessaires pour répondre à une question (cf. paragraphe précédent) a été classée en fonction de sa nature. Le programme officiel présente une liste de compétences scientifiques (Compétences scientifiques exigibles en fin de classe de Terminale) qui aurait pu servir de grille d'analyse pour la nature des étapes. Toutefois il nous a semblé que cette liste était trop générale pour catégoriser finement les étapes et ne permettait pas de distinguer un nombre important d'étapes rencontrées lors de l'analyse. De plus, dans certains cas, aucune compétence de la liste officielle ne semble convenir. Ainsi pour l'énoncé suivant :

Donner la définition d'un acide selon Bronsted

qui ne comporte qu'une seule étape, il n'existe pas de compétence répertoriée dans le programme qui permet de décrire cette étape. Nous avons donc empiriquement construit une liste d'étape en fonction des exemples rencontrés lors de l'analyse. (Tableau 14)

Tableau 14 : grille des natures d'étapes rencontrées lors de l'analyse.

Nature de l'étape	Exemple
Opération	Multiplier un résultat par un nombre
Équation du premier degré	Passer de l'écriture $C=n/V$ à l'écriture $n=C.V$
Équation du second degré	Résoudre une équation du second degré
Se rappeler une définition	Donner une définition d'un acide selon Bronsted
Utiliser un concept	Écrire l'équation de la réaction (utiliser le concept de réaction acide base)
Comparer des valeurs	
Utiliser un graphe	A partir du graphe $y=f(x)$, donner la valeur de y pour une valeur de x donnée
Application numérique	Calculer la valeur numérique
Reconnaitre à partir d'un dessin/schéma	Sur le schéma d'un titrage indiquer les différents appareils et matériels illustrés
Choisir dans une liste	Choisir dans une liste de matériel disponible celui adéquate pour effectuer une dilution de facteur 10

4.1.1.5. Analyse en termes de contenu des questions

Le contenu de l'évaluation, c'est-à-dire le savoir qui s'y trouve en jeu, est un critère pertinent pour caractériser une évaluation avec une approche disciplinaire. Une telle analyse est indispensable pour pouvoir analyser leur occurrence, ce qui est l'objet de la partie suivante. Pour mener à bien une telle analyse didactique, nous avons analysé la partie 2

⁹ <http://labolycée.org/>

du programme : *L'équilibre chimique* de six manuels de Terminale. Une telle analyse a été effectuée par découpage de plus en plus fin du savoir jusqu'à ce que les fragments découpés ne soient plus les même pour tous les manuels. Par exemple, le découpage le plus grossier est de considérer les chapitres de chaque manuel. Il apparaît que tous opère le même découpage. Le niveau plus fin considéré consiste à prendre les parties de chapitre, mais là encore, ce niveau reste trop global. Avec un découpage plus fin, celui des paragraphes des différences apparaissent entre les manuels. Nous choisissons donc ce grain de découpage pour l'analyse du contenu. Cette différence dans la structure des manuels correspond aux différentes interprétations du programme officiel par les concepteurs des manuels (on pourrait dire par une transposition différente du savoir à enseigner). Les catégories de contenu que nous obtenons est donc issue de l'interprétation du programme par les différents concepteurs de manuels et permet de balayer tout le spectre du contenu relatif aux équilibres chimiques à un grain suffisamment fin pour faire apparaître des résultats. Les catégories de savoir issues de l'analyse de manuels de Terminale ont servi de base à l'analyse des exercices et ont permis de décomposer ce savoir en unité élémentaire afin de décrire les questions qui sont posées aux élèves. Ces questions se sont révélées être constituées soit d'une unique unité, soit, le plus souvent, de plusieurs. Chacune de ces unités a été regroupée en catégories de savoir qui sont les suivantes :

- Acide/Base et réaction acido-basique (A/B)
- pH et mesure du pH (pH)
- Réactions s'effectuant dans les deux sens (Réactions)
- Avancement final et maximal/ Taux d'avancement final (Avancement)
- Modèle microscopique et symbolisme (Modèle)
- Quotient de réaction (Q_r)
- Quotient de réaction à l'équilibre (Q_{req})
- Constante d'équilibre (K)
- Taux d'avancement final à l'équilibre (Taux)
- Autoprotolyse de l'eau et Produit ionique (Auto)
- Solutions acide, basique et neutre (ABN)
- Constante d'acidité et pK_a (K_a)
- Diagramme de prédominance et de distribution (Diagramme)
- Titrage Acido-basique (Titrage)
- Autre

La catégorie autre correspond aux questions qui ne sont pas explicitement du programme de Terminale. Il s'agit fréquemment de question portant sur la détermination de concentration ou de masse.

4.1.1.6. Occurrence au BAC

L'occurrence au BAC désigne le nombre de fois où une question est présente dans un corpus d'annales constitué des exercices portant sur l'équilibre chimiques posés au bac entre 2003 et 2007. Nous avons considéré que deux questions différemment formulées, par exemple deux questions qui se réfèrent à deux espèces chimiques particulières, sont identiques quand elles peuvent être reformulées en une même question plus générale équivalente. Par exemple : *Écrire l'équation de réaction entre l'acide éthanoïque et l'eau* peut se généraliser en : *Écrire l'équation de réaction entre un acide et l'eau*.

L'occurrence au Bac est représentative d'une certaine familiarité des élèves face aux questions. Les élèves travaillent régulièrement à partir des annales, et ce très tôt

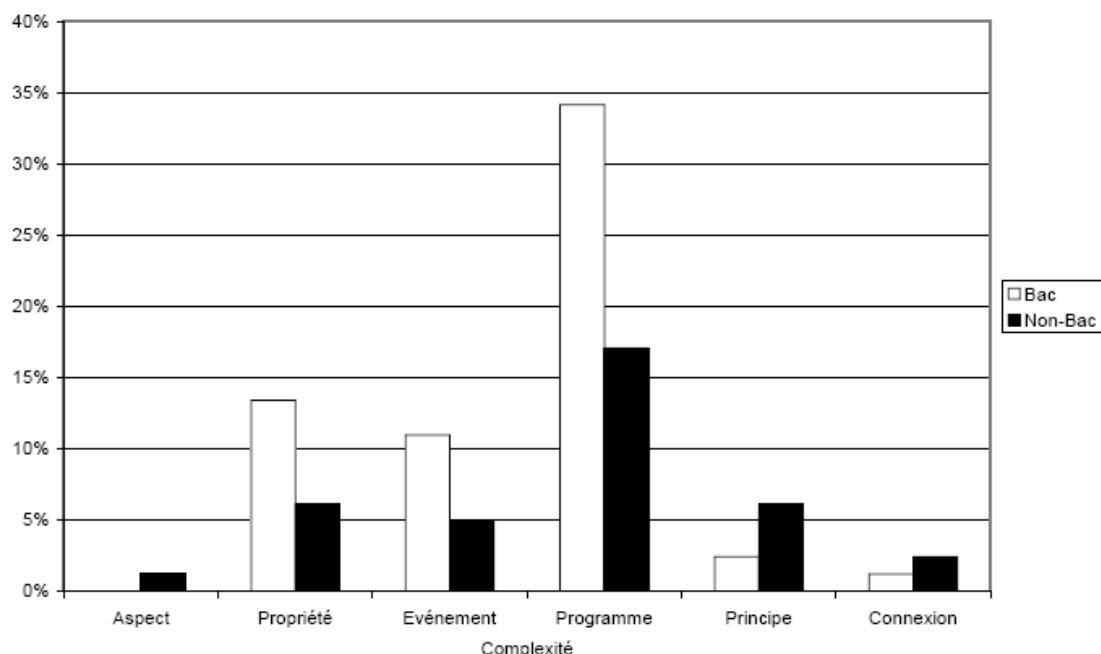
dans l'année afin de se retrouver confrontés, le jour de l'examen, à des questions déjà rencontrées. Nous nous intéressons ici à comparer les trois énoncés issus des annales et les trois énoncés non-Bac à un corpus d'énoncé de Bac dont, bien sûr, les trois énoncés Bac étudiés, ne font pas partie.

4.1.2. Résultats de l'analyse en fonction des six critères retenus

Dans cette partie nous présentons les résultats de l'analyse des devoirs pour chacun des six critères.

4.1.2.1. Résultat de l'analyse en termes de complexité

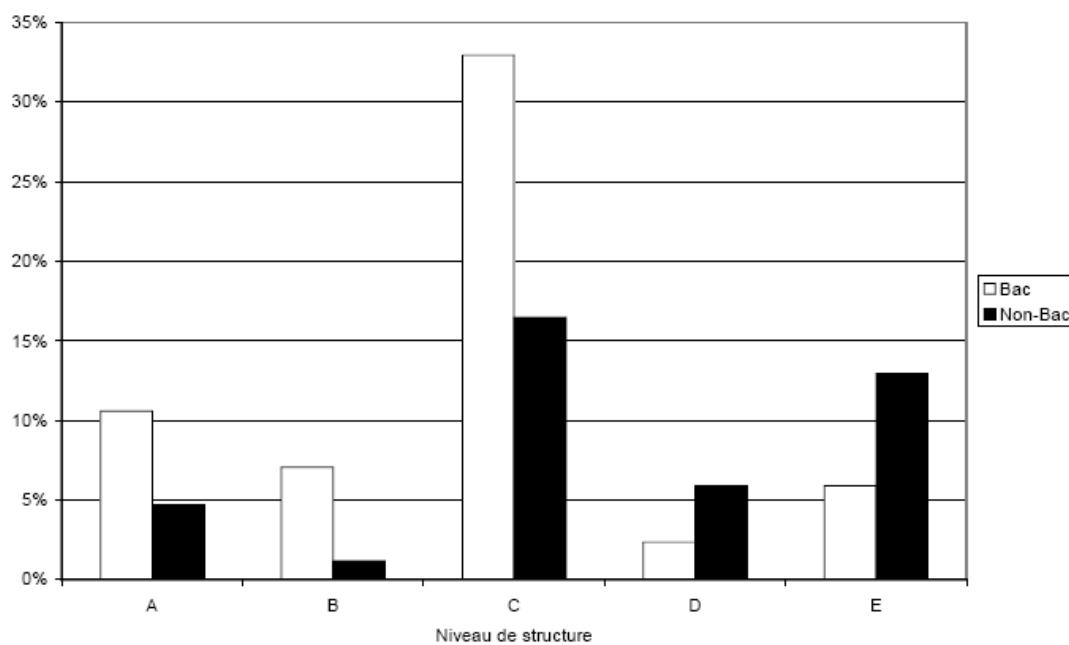
La comparaison de la complexité des questions des sujets de types Bac et non-Bac apparaît dans le graphe 1 où le pourcentage de chaque question en fonction de sa complexité est donné. Ce graphe montre les points communs et les différences entre les distributions de la complexité suivant le type de sujet. Le point commun essentiel concerne l'absence des questions trop simples et trop complexes. Les seuls niveaux de complexité représentés pour les deux types de sujets sont les niveaux propriété, événement, programme, principe et connexion, à part une unique question d'un sujet non-Bac appartenant au niveau aspect qui portait sur la reconnaissance de matériel de laboratoire à partir de leur représentation sous forme de dessin. Pour les deux types de sujets la majorité des questions appartient au niveau programme. En ce qui concerne les sujets de type Bac, 95% des questions se situent aux niveaux programme (55%), propriété (22%) ou événement (18%). En revanche, le spectre des questions des sujets non-Bac s'étend vers les niveaux plus complexes (16% au niveau Principe et 6 % au niveau Connexion), même si le niveau programme domine (45%). Les questions des sujets non-BAC sont donc souvent plus complexes.



Graphe 1 : Pourcentages de questions pour chaque niveau de complexité pour les sujets de type Bac et non-Bac.

4.1.2.2. Résultats de l'analyse en termes de niveaux de structure

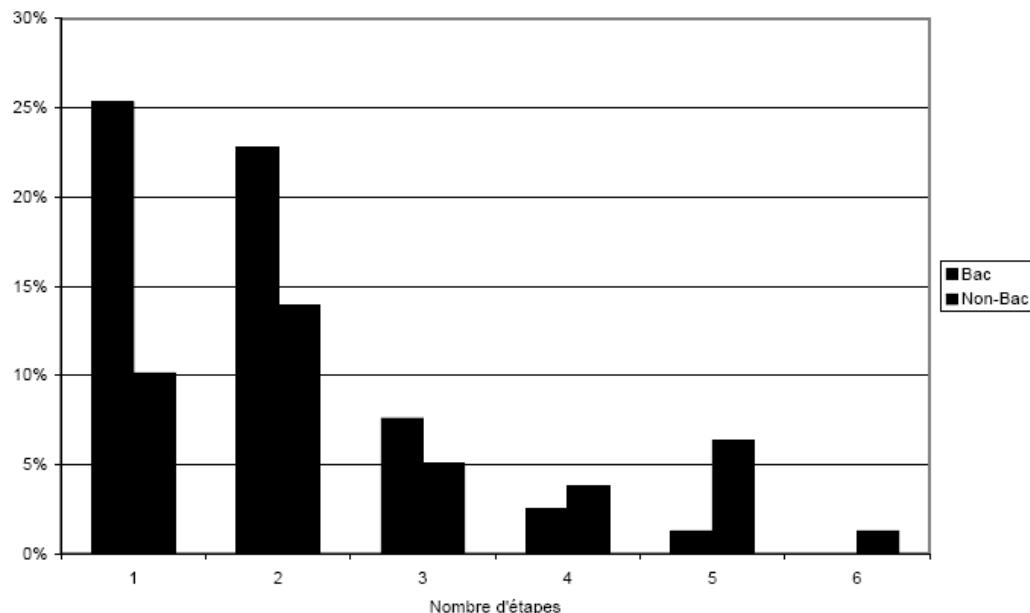
Nous présentons maintenant les résultats de l'analyse des deux types de sujets en fonction du critère de niveau de structure. Le pourcentage du nombre de questions en fonction du niveau de structure, pour les deux types de sujet est représenté dans le graphe 2. Pour les deux types de sujets, l'ensemble des niveaux de structure est représenté. Le niveau de structure 3 (correspondant à une question mettant en jeu une relation) soit majoritaire pour les deux types de sujets, 56% pour les sujets Bac et 40% pour les non-Bac. En revanche, les questions des sujets de type non-Bac sont moins abondantes aux niveaux 1 et 2 et plus aux niveaux 4 et 5. Cet excédent de questions comportant plusieurs relations et ce déficit de questions n'en mettant qu'une seule en jeu sont en accord avec ce qui a été montré précédemment à propos de complexité.



Graphe 2 : Nombre de questions en fonction du niveau de structure du contenu pour les sujets de type Bac et non-Bac.

4.1.2.3. Résultat de l'analyse en termes de nombre d'étapes

Voyons les résultats de l'analyse des deux types de sujets en fonction du critère de nombre d'étapes. Le nombre d'étapes de chaque question des problèmes Bac et non-Bac sont donnés ci-dessous (graphe 3). Les résultats montrent une répartition différente des questions des deux types de sujets : 83% des questions des problèmes Bac ont une ou deux étapes et 4% ont 4 étapes ou plus. Les questions des sujets de type non-Bac, en revanche, offrent une variété plus importante du nombre d'étapes : 59% des questions ont 1 ou 2 étapes et 28% en ont 4 ou plus. En se basant sur l'hypothèse que plus le nombre d'étapes imbriquées dans une question est important, plus difficile elle apparaît aux étudiants, on en déduit que ce critère est à nouveau cohérent avec ce qui a été montré ci-dessus pour la complexité des problèmes et le nombre de relations impliquées.

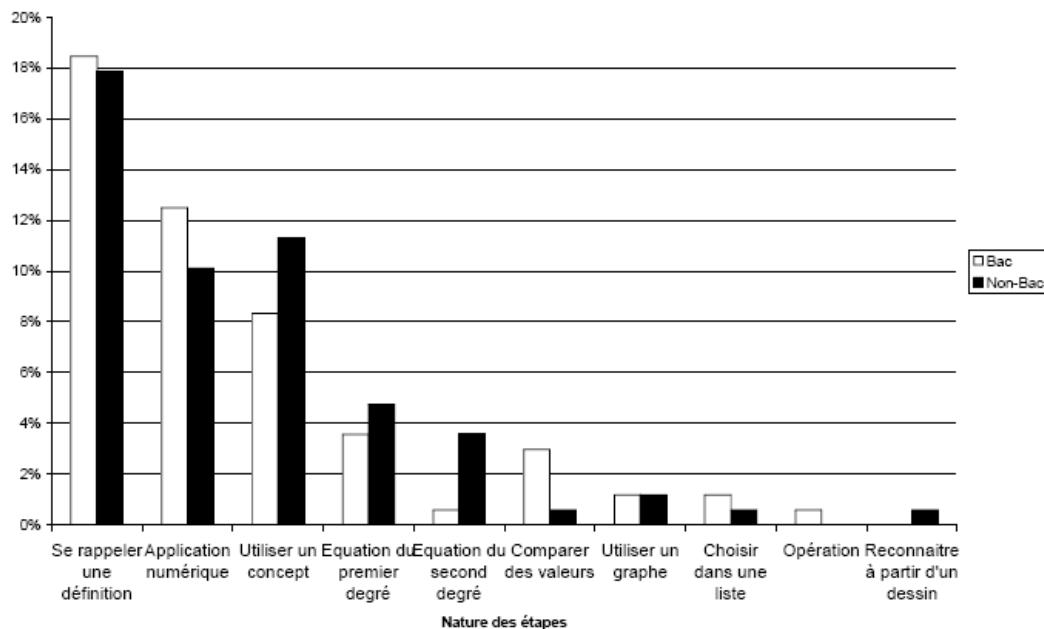


Graphe 3 : Pourcentages de questions en fonction de leur nombre d'étapes pour les sujets de type Bac et non-Bac.

4.1.2.4. Résultats de l'analyse en termes de nature de l'étape

La partie suivante présente le résultat de l'analyse des deux types de sujets en fonction du critère de la nature des étapes. La nature des étapes des questions des deux types

de sujets présentent une forte similitude (graphe 4). La nature des étapes des problèmes qui est la plus mise à contribution est la même pour les deux types de problème, ce qui semble constituer une caractéristique du travail de Terminale. La majorité des étapes sont de type « Se rappeler une définition », « Application numérique » et « Utiliser un concept ». Il se dégage donc un style de travail à ce niveau scolaire : 1) convoquer un concept via sa définition, 2) l'utiliser formellement et 3) l'utiliser numériquement.



Graphe 4 : Pourcentages de questions en fonction de la nature des étapes pour les sujets de type Bac et non-Bac.

4.1.2.5. Résultat de l'analyse en termes de contenu des questions

L'analyse montre qu'il apparaît plusieurs situations :

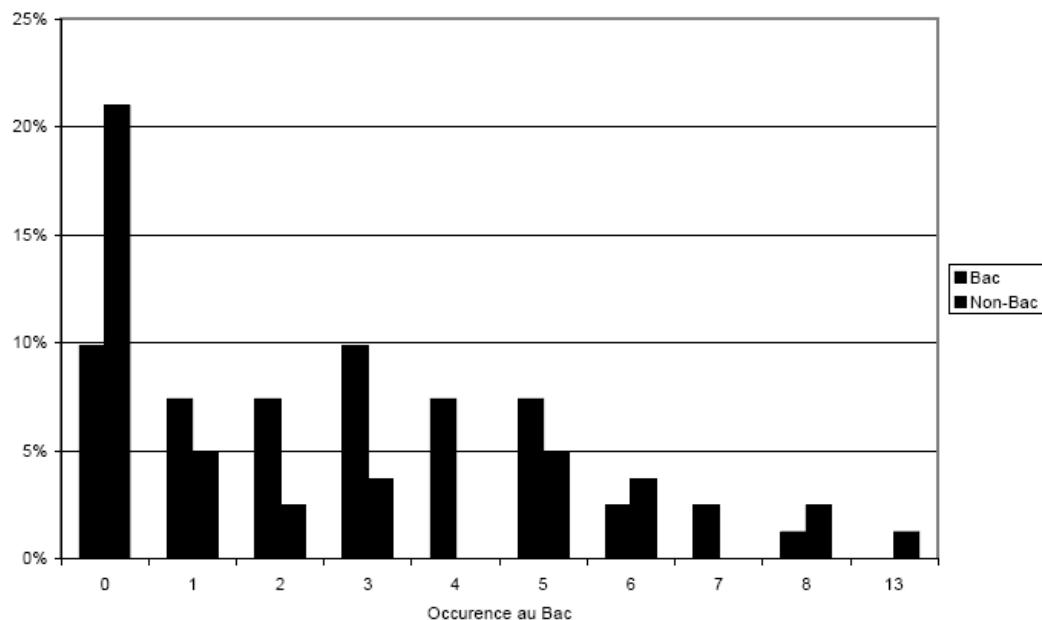
- Certaines catégories de savoir ne sont jamais interrogées. Il s'agit des catégories Modèle, Q_r , $Q_{r,eq}$ ne comporte aucune question, qu'il s'agisse de type Bac ou non Bac.

- Certaines catégories ne sont présentes que dans le type Bac : Taux d'avancement final à l'équilibre, Autoprotolyse de l'eau et produit ionique, Solutions acide, basique et neutre.
- Les questions des exercices de type non-Bac portent plus souvent sur les catégories Titrage, Diagramme et avancement que les questions de type Bac.
- La catégorie Autre est bien représentée par les deux types de questions.

Il apparaît donc avec cette analyse que les sujets de type Bac balayent un plus large spectre de catégories de savoir que les sujets de type non-Bac et que certaines catégories de savoir sont totalement oubliées par les deux types de sujets. Le fait que les problèmes de Bac utilisent un plus large spectre de connaissances que les problèmes non-Bac indique que ces derniers ne vont pas chercher leur difficulté accrue dans des connaissances hors-programme, ou en utilisant des thématiques peu explorées du programme. Ces types d'exercices apparaissent donc, au regard des contenus comme ordinaires.

4.1.2.6. Résultat de l'analyse en termes d'occurrence au Bac

La moyenne des occurrences au Bac pour les questions des sujets de type Bac et non-Bac montre que les questions des trois sujets de type Bac sont plus souvent présentes dans les annales (nous n'avons pas comptabilisé ces trois sujets parmi les annales analysées) que les questions des sujets de type non-Bac (Graphe 6). En effet l'occurrence Bac pour les questions de type Bac est de 3,6 alors qu'elle est de 2,8 pour les questions non Bac. Le graphe 6 confirme qualitativement cette impression puisque la majorité (47%) des questions de ces sujets ont une occurrence nulle, c'est-à-dire n'ont pas de question équivalente dans les annales. Cette analyse par occurrence fait donc apparaître que les sujets non-Bac utilisent beaucoup de questions originales au regard des habitudes de l'examen.



Graphe 6 : Pourcentages de questions en fonction de l'occurrence au Bac pour les sujets de type Bac et non-Bac.

4.1.3. Caractérisation des sujets Bac et non-Bac

Les critères qui permettent de distinguer les sujets de type Bac et non-Bac sont donc le contenu, la complexité, le nombre d'étapes, la structure du contenu et l'occurrence au Bac. La nature des étapes n'est pas discriminante. Les exercices de Terminale en chimie demandent aux élèves, qu'il s'agisse de préparer le Bac ou non, de se rappeler la définition d'un concept, de savoir utiliser un concept et de procéder à des applications numériques. Hulin (Coulaud, 2005) parle, en classe de physique, de « problème type » très orienté vers une mise en équation et un traitement algébrique de la situation. Ces « problèmes types » doivent leur existence à la présence d'une épreuve de physique au Baccalauréat depuis de nombreuses générations (introduit vers 1852). Le « problème type » en chimie serait, à la lumière de nos résultats, très orienté vers l'utilisation des concepts et l'apprentissage de la définition des concepts.

En ce qui concerne le contenu, les sujets Bac balayent un large spectre du contenu à enseigner. Il s'agit d'une particularité du Bac qui est pleinement assumée par l'institution régissant ce diplôme. Effectivement lors d'une discussion avec un chercheur ayant participé à une commission d'élaboration des sujets, nous avons appris qu'il est expressément demandé aux enseignants qui élaborent des sujets que toutes les parties du programme officiel fassent l'objet d'une évaluation. L'enseignante, quant à elle, interroge plus systématiquement certaines parties du savoir à enseigner avec ses sujets non-Bac.

Cette analyse, peut paraître un peu longue, mais il nous semble qu'il est important de montrer précisément en quoi ces deux types de sujets diffèrent car cela permet d'informer en quoi les buts des systèmes Chimie et Bac se distinguent. Les sujets de type Bac présentent une difficulté moins grande que les sujets type non-Bac, et des questions plus classiques (ayant une plus grande occurrence Bac). Préparer les élèves au Bac se traduit donc, en partie, par les entraîner à répondre à des questions pas forcément très difficiles mais ayant une plus forte probabilité d'être présentes à l'épreuve du Bac. Pour que les élèves comprennent la chimie, ou en tout cas pour évaluer leur compréhension de la chimie, l'enseignante propose des sujets présentant une plus grande difficulté aux élèves. Nous verrons dans la partie suivante, consacrée à la façon dont les épisodes interactionnels ont été caractérisés en fonction des systèmes Bac et Chimie, que la distinction entre ce qui relève du Bac ou non est moins évidente que dans le cas des devoirs que l'enseignante propose.

4.2. Caractérisation des épisodes interactionnels en fonction des systèmes d'activité à l'œuvre

La caractérisation des épisodes interactionnels en fonction des systèmes d'activité à l'œuvre – le système Chimie, le système Bac ou les deux à la fois – ne suis pas une méthodologie simple et linéaire. Il s'agit de prendre en compte à la fois la question de l'élève et la réponse de l'enseignante. Il est également nécessaire, pour donner du sens aux actions des protagonistes de la classe, de situer celles-ci par rapport à une compréhension plus global du fonctionnement de la classe, notamment du point de vue de son histoire et de ses habitudes.

4.2.1. Le contrat didactique de la classe

Nous nous appuyons sur le concept de contrat didactique (Brousseau, 1998) pour rendre compte du fonctionnement de la classe du point de vue de son histoire et de ses habitudes. Le contrat didactique peut être défini comme les attentes respectives de l'enseignant vis-à-vis des élèves et des élèves vis-à-vis de l'enseignant. Ces attentes se traduisent par des habitudes de classe. Donner du sens au couple question de l'élève/réponse de l'enseignante nécessite de prendre en compte le contrat didactique de la classe. Notons que chaque couple question de l'élève/réponse de l'enseignante contribue à la construction ou à l'évolution de ce contrat didactique. Le contrat didactique ne peut être reconstruit à partir d'extrait vidéo de l'ordre de quelques minutes (ce qui est l'ordre de grandeur des épisodes interactionnels), mais nécessite une observation de la classe sur une période plus importante. En revanche des effets de contrat peuvent apparaître dans des extraits très courts.

Nous décrivons quelques aspects généraux du contrat didactique de la classe avant de regarder plus spécifiquement les aspects du contrat en lien les systèmes d'activité : Un des aspects gérant le fonctionnement de la classe qui nous intéresse particulièrement est que les élèves ont la permission d'interrompre le cours pour poser des questions, l'enseignante tache de répondre à la question soit tout de suite, soit à un moment plus propice du cours. L'enseignement de chimie en Terminale est consacré à la fois à la préparation au Bac et à l'apprentissage de la chimie. Cette spécificité de la classe de Terminale est bien mise en valeur par la présence de deux types d'évaluation : un pour préparer au Bac, un autre pour évaluer la compréhension en chimie. L'enseignante ne précise jamais si elle donne une réponse visant à atteindre le résultat du système Chimie (les élèves comprennent la chimie) ou du système Bac (les élèves réussissent l'épreuve de chimie au Bac). De la même façon les élèves ne précisent jamais si leur question concerne le Bac ou la chimie. Ainsi, même si la coprésence de ces deux buts dans la classe semble être admise par les protagonistes de la classe et instituée par l'existence de deux types de devoirs, la distinction entre les deux buts est atténuée lors des épisodes interactionnels.

4.2.2. Typologie des questions d'élèves

Le deuxième point de notre méthodologie de caractérisation des épisodes en fonction des systèmes d'activités concerne la distinction de deux types de questions d'élèves :

- Des questions concernant ce qu'il faut savoir, ou savoir faire pour réussir aux évaluations. L'élève demande explicitement à l'enseignante ce qu'il doit apprendre sans préciser s'il pose la question pour le Bac ou pour les évaluations proposées par l'enseignante. Il s'agit ici d'expliciter une partie du contrat didactique, à savoir les éléments de savoir qui sont sous la responsabilité de l'élève. Cette explicitation contribue grandement à la construction du contrat.
- Des questions de compréhension de concepts. Il s'agit ici de questions que l'élève pose lorsqu'il veut une explication concernant un concept qu'il n'a pas compris, ou pour confirmer sa compréhension d'une notion.

4.2.2.1. Questions concernant ce qu'il faut savoir

Les épisodes interactionnels mettant en jeu des questions du premier type sont des épisodes où le système Bac est en jeu. En effet quelque soit la réponse de l'enseignante, et du fait que l'élève ne précise pas s'il pose la question pour le Bac ou non, le système Bac va être à l'œuvre. Le système Chimie par contre peut être à l'œuvre, en coprésence avec le système Bac ou non, en fonction de la réponse de l'enseignante.

Prenons quelques exemples :

- Exemple 1 :

La classe est en train de discuter les résultats expérimentaux obtenus par les élèves lors d'un précédent TP. Il s'agissait d'obtenir la valeur du taux d'avancement final de la réaction entre l'acide chlorhydrique et l'eau ainsi que celle de l'acide éthanoïque avec l'eau. Les élèves ont appris qu'une réaction ayant un taux d'avancement égale à un peut être qualifiée de réaction totale. Une réaction ayant une valeur de taux d'avancement inférieur à un est non totale. La réaction entre l'acide chlorhydrique et l'eau est totale, les élèves auraient donc dû obtenir une valeur du taux d'avancement de un ; or ils ont obtenu un taux d'avancement égale à 0,8. L'enseignante leur dit qu'il s'agit d'un problème de mesure. Un élève demande à l'enseignante si lors d'un devoir surveillé (DS) ils peuvent considérer une réaction ayant un taux d'avancement de 0,8 comme étant totale :

Tableau 15 : Transcription d'un épisode interactionnel mettant en jeu seulement le système Bac.

E	est ce que par exemple sur les DS on voit 0,8 on peut considérer ça comme une (...)
P	non 0,8 dans un DS on vous donne des résultats qu'on a mesurés fin ou sinon après la valeur théorique on vous dit qu'on l'a mesurée donc non c'est pas totale //

L'élève ne précise pas le type de DS : type Bac ou non, mais précise bien qu'il pose la question pour une évaluation. La réponse de l'enseignante est seulement orientée par le système Bac, le système Chimie n'apparaît pas. En effet elle aurait pu intégrer dans sa réponse des éléments concernant, par exemple, la précision d'une mesure en chimie.

- Exemple 2 :

Une réaction chimique peut être caractérisée par la valeur de sa constante d'équilibre. La classe est en train de travailler sur ces constantes.

Tableau 16 : Transcription d'un épisode interactionnel mettant en jeu le système Bac et le système chimie.

E	est ce qu'il faut connaître les constantes d'équilibre
P	on vous les donnera et vous avez pas à les apprendre par cœur

Dans cet exemple l'élève ne précise pas s'il pose la question pour l'évaluation (que ce soit de type Bac ou non). La réponse de l'enseignante peut être interprétée comme répondant aux résultats du système Bac (« on vous les donnera ») ainsi que pour le système Chimie : lorsqu'elle dit « vous n'avez pas à les apprendre par cœur » sa réponse est valable à la fois en ce qui concerne l'évaluation mais aussi pour comprendre le cours. Dans cet épisode les deux systèmes d'activité sont à l'œuvre.

- Exemple 3 :

L'enseignante est en train de corriger un exercice au tableau où il est demandé d'écrire les demi-réactions en jeu. Dans les premiers temps ou les élèves ont eu à répondre à ce genre d'exercice, l'enseignante, lors de la correction, commençait par écrire les couples acide-base impliqué dans ces demi-réactions. Or cette fois ci l'enseignante n'a pas écrit les couples, mais directement les demi-équations. Un élève demande alors s'il ne faut pas écrire les couples.

Tableau 17 : Transcription d'un épisode interactionnel mettant en jeu le système Bac et le système chimie.

E	madame
P	oui
E	faut toujours préciser les couples ou on peut (...?)
P	oh eh bein si tu mets les demi-équations heu a ça donne quasiment les couples quoi donc acide éthanoïque

Dans cet extrait ni l'élève, ni l'enseignante ne précise s'ils parlent de l'évaluation ou non. La réponse de l'enseignante est à la fois dirigée vers le résultat du système Bac, elle prépare les élèves au Bac en leur disant que d'écrire les demi-équations revient à écrire les couples, et vers le résultat du système chimie en leur signifiant qu'ils peuvent sauter une étape sans pour autant que leur compréhension de la chimie ne soit gênée.

Les deux derniers exemples que nous venons de voir sont des épisodes interactionnels dans lesquels les systèmes Chimie et Bac sont à l'œuvre. Tendre vers le résultat de ces deux systèmes s'est fait en suivant une même direction, c'est-à-dire que ces systèmes n'ont pas été opposés. Dans certains cas tendre vers le résultat d'un système nécessite de s'éloigner du résultat de l'autre. Les deux systèmes d'activité sont alors en opposition. Nous présentons deux exemples d'épisodes interactionnels où les systèmes Chimie et Bac sont en opposition :

· Exemple 4 :

Dans le programme précédent, une réaction était qualifiée de totale si sa constante d'équilibre (notée K) était supérieure à une certaine valeur. Ce critère n'est plus pris en compte dans le nouveau programme, et une nouvelle grandeur a été introduite pour qualifier de totale ou de non-totale une réaction (le taux d'avancement). Les enseignants n'ont plus à enseigner qu'une valeur élevée de la constante d'équilibre implique une réaction totale. Cependant l'enseignante observée a choisi d'introduire ce critère aux élèves. Un élève demande si, lorsque l'on a déterminé que la constante d'équilibre à une valeur élevée, il était possible d'en conclure directement que la réaction est totale sans déterminer la valeur du taux d'avancement.

Tableau 18 : Transcription d'un épisode interactionnel opposant le système Bac et le système Chimie.

E	est ce que quand on a un K élevé on peut dire directement que la transformation est totale
P	et bas vous avez plus le droit c'est plus dans le programme mais par contre vous vous pouvez savoir que quand K est élevé à priori là ce qu'il faut montrer quand on nous dis en déduire l'état d'avancement final et conclure a priori on s'attend à ce que la réaction elle soit totale mais il faut faire du coup quand même toute l'étude

La réponse de l'enseignante met en opposition les deux systèmes d'activité :

Du point de vue du système Bac : « vous n'avez plus le droit » il ne faut donc pas utiliser ce critère, « il faut faire du coup quand même toute l'étude » c'est-à-dire déterminer le taux d'avancement de la réaction.

Du point de vue du système Chimie : « vous pouvez savoir que quand K est élevé a priori » elle donne aux élèves un moyen d'anticiper le résultat.

· Exemple 5 :

L'enseignante est en train de finir de corriger un exercice concernant l'eau de javel. Le but de l'exercice est de montrer que lorsque l'eau de javel est en milieu acide, il y a dégagement de chlore (Cl_2). Le chlore est un gaz dangereux, très toxique. La dernière question de l'exercice est de savoir pourquoi il est écrit sur certains détergents contenant de l'acide chlorhydrique de ne pas mélanger avec de l'eau de javel. Les élèves proposent, à l'orale, des réponses, et finissent par donner la bonne réponse (le chlore est dangereux pour l'homme). Un élève pose une question à ce moment là. Nous inférons que la question de l'élève était s'il fallait savoir que le chlore est un gaz toxique.

Tableau 19 : Transcription d'un épisode interactionnel opposant le système Bac et le système Chimie.

E	(...?)
P	Cl_2 je sais pas si c'est dans les exigences peut être que ça serait dit à un moment bon en même temps Cl_2 c'est très toxique

La réponse de l'enseignante met en opposition les deux systèmes :

- Du point de vue du système Bac : L'enseignante ne semble vraiment pas convaincu que de savoir que le chlore est un gaz toxique fasse partie des exigences au bac
- Du point de vue de la chimie : le « en même temps » montre que pour l'enseignante, même si de savoir que le chlore est un gaz toxique ne fait pas partie des exigences du Bac, elle estime que les élèves devraient le savoir.

4.2.2.2. Questions de compréhension de la chimie

Les questions du deuxième type sont des questions relatives à la compréhension de concepts ou de mise en œuvre de ces concepts. Le système chimie est forcément en jeu dans les épisodes contenant ce type de question, puisque la compréhension de concepts est en jeu. Afin de déterminer quels systèmes étaient à l'œuvre, nous nous sommes appuyés sur la partie "compétences exigibles en fin de classe de Terminale", ainsi que sur les annales du Bac. Ainsi, si le concept en jeu dans la question de l'élève ou dans la réponse de l'enseignante relevait explicitement des compétences du programme, ou de concepts évalués dans les annales, alors le système Bac est à l'œuvre, en coprésence du système Chimie, dans l'épisode interactionnel. Si les concepts en jeu dans la question de l'élève et dans la réponse de l'enseignante ne font ni partie des compétences du programme, ni partie des concepts évalués dans les annales, alors le système chimie uniquement est à l'œuvre. Quelques exemples permettent de mieux comprendre :

- Exemple 6 :

La constante d'équilibre est indépendante de l'état initial, c'est-à-dire que sa valeur sera inchangée si les concentrations des réactifs au départ changent.

Tableau 20 : Transcription d'un épisode interactionnel où les systèmes Bac et chimie sont à l'œuvre.

E	Et madame (...?) pour un acide donné K heu est indépendant de l'état initial
P	oui qu'est ce qu'on va dire effectivement si on a cette relation là on va pouvoir dire cette relation est associé à une constante K/

Nous retrouvons dans les compétences du programme la compétence suivante : « Savoir que le quotient de réaction dans l'état d'équilibre d'un système, $Q_{r,\text{éq}}$, prend une

valeur indépendante de la composition initiale qui est la constante d'équilibre associée à l'équation de la réaction. »

Dans un annale du Bac nous retrouvons la question suivante : « La constante d'équilibre K dépend-elle de la concentration initiale en acide éthanoïque? Justifier la réponse à partir du tableau. »

Le système Bac et le système chimie sont donc à l'œuvre dans cet épisode.

- Exemple 7 :

Les élèves viennent de découvrir que certaines réactions ne sont pas totales, c'est-à-dire qu'à l'état d'équilibre il y a présence à la fois de réactifs et de produits. L'enseignante propose comme explication qu'il y a présence de deux réactions en sens inverses et dont les vitesses de réactions sont égales. L'élève commence par se tromper en disant que les ions H_3O^+ vont réagir avec les molécules H_2O puis demande si, dès que les ions H_3O^+ sont formés ils vont réagir dans « l'autre sens ».

Tableau 21 : Transcription d'un épisode interactionnel mettant jeu seulement le système Chimie.

E	est ce que dès qu'y a des H_3O^+ formé il reréagissent avec des H_2O
P	non dès qu'y a des H_3O^+ formés ils réagissent avec quoi
E	avec CH_3
P	avec l'ion éthanoates /
E	dans l'autre sens
P	voila ça veut dire que eux ils réagissent donc ils reforment l'acide éthanoïque et l'eau // donc si on rempli ce tableau d'avancement //

Les connaissances relatives aux modèles utilisés pour expliquer l'équilibre chimique ne sont pas présentes dans les annales du Bac ni dans les compétences du programme. Seul le système chimie intervient dans cet épisode.

4.2.3. Mots clés issus de la caractérisation des épisodes interactionnels en fonction des systèmes d'activité.

Une liste de mots clés a pu être construite à partir de l'analyse des épisodes interactionnels en fonction des systèmes d'activité à l'œuvre.

Concernant la question de l'élève, nous avons distingué les questions relatives à ce qu'il faut savoir des questions de compréhension. Nous avons aussi distingué les questions faisant référence à une compétence du programme, une annale du Bac, ou aucune de ces catégories.

Concernant l'épisode interactionnel, nous avons, pour chaque cas (seule le système Chimie intervient, seul le système Bac intervient, les deux systèmes interviennent, les deux systèmes interviennent en opposition) affecté un mot clé.

Catégorie de mot clé	Mot clé
Question de l'élève	Concerne ce qu'il faut savoir
	Compétence du Bac
	Annale du Bac
Système d'activité	Chimie uniquement
	Bac uniquement
	Bac et Chimie
	Bac et Chimie opposés

Tableau 22 : Mots Clé relatif à l'analyse en termes de systèmes d'activité.

Nous avons vu dans cette partie d'une part qu'il existe bien une dualité dans les buts accordés, par l'enseignante, à l'enseignement de chimie en Terminale ; et d'autre part comment nous avons caractérisé chaque épisode interactionnel en fonction de ces systèmes. Cette analyse a débouché dans la construction de deux catégories de mots clé relatives à la question de l'élève et aux épisodes interactionnels.

Chapitre 5 : Analyse des épisodes interactionnels en fonction du savoir

Nous faisons l'hypothèse, comme nous l'avons mentionné dans le cadre théorique, que la caractérisation du savoir en jeu dans les épisodes interactionnels nous permettra de caractériser les TPC. Pour cette caractérisation le savoir en jeu sera analysé de deux points de vue : comment ce savoir est mis en œuvre dans la classe, et quel est ce savoir du point de vue de la modélisation.

5.1. Analyse en fonction de la vie du savoir dans la classe

La vie du savoir dans la classe peut être décrite suivant trois dimensions : la chronogénèse, la mésogénèse et la topogénèse. Nous présentons ci-dessous la façon dont nous avons analysé les épisodes interactionnels en fonction de ces trois dimensions, ainsi que les mots clés qui ont dérivé de ces analyses.

5.1.1. Chronogénèse

La chronogénèse est la dimension de description de la vie du savoir qui se réfère à l'axe temporel. Pour pouvoir analyser chaque épisode interactionnel en termes de chronogénèse nous nous appuyons sur le découpage en thèmes car ce découpage permet de rendre compte de l'avancée du savoir dans la classe. Notre catégorisation chronogénétique de la vie du savoir contient deux aspects. Un premier aspect est relatif à la gestion, par l'enseignante, de l'avancée du savoir dans la classe. Nous cherchons à décrire comment l'enseignante « intègre » le savoir en jeu dans l'épisode interactionnel par rapport à l'avancée du savoir. En effet l'enseignante ne peut prévoir quel savoir va être en jeu dans l'épisode interactionnel, puisque c'est l'élève qui pose la question. Il lui appartient donc de gérer ce savoir du point de vue de sa planification. Ainsi l'enseignante dispose de plusieurs choix : elle peut décider de ne pas répondre tout de suite à la question de l'élève et d'attendre un moment plus propice (par exemple lorsqu'elle aura introduit, entre temps, de nouveaux objets de savoir). Elle peut également décider de répondre tout de suite à la question de l'élève. Pour rendre compte de cet aspect de l'action de l'enseignante, il nous faut prendre en compte le savoir en jeu dans la question de l'élève par rapport au savoir en jeu dans le thème et le sous-thème dans lequel s'inscrit l'épisode interactionnel. En effet nous faisons l'hypothèse que l'enseignante ne va pas gérer de la même façon l'avancée du savoir selon que le savoir en jeu dans l'épisode appartient au thème ou au sous-thème, ou au contraire n'y appartient pas. Nous différencions donc d'une part les épisodes interactionnels dont le savoir appartient au thème et au sous-thème dans lequel l'épisode apparaît, des épisodes dont le savoir en jeu n'appartient pas au thème ou au sous-thème. Les exemples suivants illustrent les différents cas de figures mentionnés ci-dessus :

Exemple 1 :

Cet épisode interactionnel se situe dans le troisième thème de la séance 03. Le thème à pour titre : Acide base et réactions acido-basiques.

Tableau 23 : Transcription d'un épisode interactionnel où l'enseignante reporte sa réponse à plus tard.

Locuteur	Productions verbales
P	acide chlorhydrique oui
E	j'ai pas bien compris le couple H_3O^+ H_2O / parce qu'en fait c'est H_2O égale heu non c'est H_2O plus H^+ égale H_3O^+
P	oui on va l'écrire juste maintenant
E	mais c'est vrai qu'il y a un H^+ déjà de (...) parce qu' H_3O^+ c'est pas (...) /
P	donc ici on va voir justement c'est les problèmes d'écriture de l'ion oxonium / alors on va écrire déjà ça et je réponds à ta question juste après donc dans le cas de l'acide chlorhydrique ça veut dire ce qu'on a fait en TP la première mesure quel est le premier couple mis en jeu qu'est ce qu'on a dissous

Dans cet exemple l'enseignante répond à l'élève qu'ils traiteront de cette question par la suite et qu'elle veut d'abord finir ce qu'ils sont en train de faire. Le savoir en jeu dans la question (l'ion oxonium) fait partie du thème (Acide, base et réaction acido-basique) et du sous thème (Équation de réaction acido-basique). Vraisemblablement l'enseignante avait prévu de traiter cette question. Elle décide de reporter la réponse à la question de l'élève.

Exemple 2 :

Cet épisode se situe dans le thème

Tableau 24 : transcription d'un épisode interactionnel où l'enseignante ne développe pas sa réponse.

Locuteur	Productions verbales
E	y a le pH qui correspond au point d'équivalence c'est le pK_a non
P	non pas force heu non je crois pas pas forcement

Dans cet exemple l'enseignante ne développe pas sa réponse (elle aurait pu donner un exemple). Le savoir en jeu dans l'épisode interactionnel fait partie du thème et du sous-thème.

Le deuxième aspect de la chronogénèse que nous prenons en compte est la position du savoir en jeu dans la réponse de l'enseignante par rapport à l'histoire du savoir dans la classe. En effet le savoir qui vit dans la classe s'inscrit dans le temps. Du point de vue des élèves, certains savoirs sont nouveaux, d'autres sont plus anciens ayant déjà été introduits dans la classe. Enfin d'autres savoirs peuvent faire le lien entre des savoirs anciens et nouveaux. Nous distinguons les savoirs anciens qui ont été introduits dans des classes précédentes (en classe de seconde ou de première par exemple) des savoirs anciens introduits dans un thème précédent. L'épisode dont la transcription est donnée dans le tableau 25 montre un exemple où l'enseignante fait un lien entre un savoir nouveau et un savoir ancien.

Tableau 25 : Transcription d'un épisode interactionnel lors duquel l'enseignante fait le lien entre un savoir ancien et un savoir nouveau.

Locuteur	Productions verbales
E	madame
P	oui
E	ça veut dire c'est pas possible d'avoir une solution neutre avec une concentration de 10 moins 3 et 10 moins 3 pour heu
P	pas à 25 degré / d'accord à 25 degré on va avoir si y a une solution neutre HO^- égale H_3O^+ et donc K_e qui vaut H_3O^+ fois HO^- c'est 10 moins 14 donc si on a 10 moins 3 et 10 moins 3 on est pas à l'équilibre

Dans une solution contenant des ions H_3O^+ et HO^- le produit de la concentration en ion H_3O^+ par la concentration en ion HO^- est égale à une constante notée K_e . Cette constante ne dépend que de la température. Ainsi à 25 degré cette constante à une valeur de 10^{-14} . Dans une solution neutre la concentration en ion H_3O^+ est égale à la concentration en ion OH^- .

Les élèves ont vu que la constante K_e ne dépend que de la température et que sa valeur à 25 degré est de 10^{-14} .

L'élève veut savoir s'il est possible de disposer d'une solution neutre dont les concentrations en ion H_3O^+ et OH^- sont égales à 10^{-3} mol par litre. L'enseignante rappelle qu'à 25 degré K_e , qui est égale au produit des concentrations en ion H_3O^+ et OH^- , est égale à 10^{-14} (savoir ancien). Elle finit sa réponse en disant que si les concentrations sont égales à 10^{-3} le système n'est pas à l'équilibre (savoir nouveau).

Mots clés : Nous avons ainsi construit une catégorie de mots clés suivant les deux aspects retenus, l'intégration du savoir en jeu dans l'épisode par rapport au savoir en jeu dans le thème et le statut du savoir en jeu par rapport à l'histoire du savoir dans la classe. Cette catégorie est centrée sur l'action de l'enseignante. Une catégorie de mots clés a également été créée pour tenir compte de la « place » du savoir dans la question de l'élève par rapport au découpage thématique. Ces catégories ainsi que les mots clés sont données dans le tableau 26.

Catégorie	Mot clé
Chronogénèse (réponse de l'enseignante)	Ne développe pas la réponse Reporte la réponse à plus tard Lien savoir nouveau-ancien (quelque soit le savoir ancien) Savoir nouveau sans lien Savoir ancien, autre classe sans lien Savoir ancien, autre thème sans lien
Chronogénèse (question de l'élève)	Appartient au sous-thème Appartient au thème Appartient au thème et au sous-thème N'appartient ni au thème ni au sous-thème

Tableau 26 : catégories de mots clés et mots clés construits à partir de l'analyse en termes de chronogénèse.

5.1.2. Mésogénèse

La mésogénèse est la dimension de la vie du savoir dans la classe qui s'intéresse aux éléments du milieu, utilisés pour faire vivre le savoir. Pour notre analyse nous regardons s'il y a évolution du milieu dans l'épisode interactionnel par rapport au milieu présent dans le thème. Nous regardons plus précisément l'utilisation de deux ressources matérielles du milieu : le tableau et le manuel scolaire. Il s'agit là d'observables facilement accessibles pour décrire l'évolution d'une facette du milieu.

Ainsi nous qualifions de trois façons l'action de l'enseignante vis-à-vis de l'utilisation des éléments retenus du milieu pour répondre à la question de l'élève :

- Le milieu sur lequel s'appuie l'enseignante pour répondre évolue très peu par rapport au milieu instauré lors du thème dans lequel apparaît l'épisode interactionnel.
- Le milieu sur lequel s'appuie l'enseignante pour répondre comporte de nouveaux éléments par rapport au milieu instauré lors du thème dans lequel apparaît l'épisode interactionnel.
- Le milieu sur lequel s'appuie l'enseignante pour répondre utilise des éléments d'un milieu instauré lors d'un thème précédent celui dans lequel apparaît l'épisode interactionnel.

Les exemples suivants illustrent les différents cas de figure :

Exemple 1 :

Tableau 27 : Transcription d'un épisode interactionnel où l'enseignante introduit de nouveaux éléments dans le milieu.

Locuteur	Productions verbales
E	mais ça représente quoi en fait K
P	bah ça représente l'équilibre
E	c'est pareil pour n'importe quel acide
P	non c'est pas pareil enfin chaque acide va avoir sa constante d'équilibre d'accord donc si vous regardez justement dans votre livre dans le rabat de couverture le premier vous avez / les couples acide base en solution aqueuse/ on vous donne leurs noms et leurs formules /et on vous donne K_a / d'accord c'est K

Dans cet exemple l'enseignante utilise une liste de valeurs des constantes de réactions, présente dans le rabat du livre pour montrer aux élèves qu'à chaque réaction chimique est associée une valeur de constante d'équilibre. Il s'agit d'un élément du milieu qui n'avait pas été introduit jusque là.

Exemple 2 :

Tableau 28 : Transcription d'un épisode interactionnel lors duquel l'enseignante s'appuie sur des éléments déjà introduits dans le milieu lors du thème précédent.

Locuteur	Productions verbales
E	je me demande pourquoi c'est toujours inférieur à 0/
P	heu (...) pas toujours j'crois pas / faut que je réfléchisse mais //
E	ah oui parce qu'il y a pas de heu (...)
P	parce que si t'écris si t'écris la con la on a dit c'est réversible donc si t'écris HF^- plus H_3O^+ donne HF plus de l'eau / c'est aussi une transformation K tu le calculeras pas comme ça ça s'ras dans l'autre sens et donc si c'est l'inverse ça sera plus grand que 1 donc ça dépend ici c'est parce qu'on l'écrit dans ce sens là
E	d'accord //

L'élève demande à l'enseignante pourquoi la constante d'équilibre est toujours inférieure à zéro. Or la constante d'équilibre peut être supérieure à zéro. Pour le démontrer l'enseignante prend comme exemple l'équation d'une réaction inscrite au tableau lors du précédent thème.

A partir de cette analyse nous avons construit trois mots clé pour la catégorie mésogénèse, présentés dans le tableau 29.

Catégorie	Mot Clé
Mésogénèse	Nouveaux éléments
	Pas de nouveaux éléments
	Anciens éléments

Tableau 29 : Mots clé pour la catégorie mésogénèse.

5.1.3. Topogénèse

La topogénèse peut être définie comme la position des acteurs de la classe par rapport au savoir, c'est-à-dire à qui incombe la responsabilité de faire évoluer le savoir dans la classe. Nous avons choisi de rendre compte de la topogénèse en analysant les interactions entre l'élève et l'enseignante dans les épisodes interactionnels. Pour cela nous avons utilisé le modèle de Sinclair et Coulthard (1975) qui a été conçu pour analyser le langage oral, en particulier dans les situations de classe.

5.1.3.1. Modèle de Sinclair et Coulthard

Ce modèle définit plusieurs niveaux d'analyse, mais nous n'en avons retenu que trois : l'acte, le mouvement et l'échange. Un échange est composé de mouvements, et un mouvement est composé d'actes. Nous ne détaillerons pas l'ensemble du modèle, mais seulement les points qui se sont révélés pertinent pour notre étude.

Pour Sinclair et Coulthard les échanges en classe peuvent être modélisés par une structure ternaire notée IRF (Initiation, Response, Feedback). L'initiation, la réponse et le feedback sont des mouvements qui peuvent être caractérisés par leur acte principal. Le tableau 30 présente les actes que nous avons retenus pour nos analyses parmi les vingt deux identifiés par Sinclair et Coulthard :

Tableau 30 : Mouvements et actes de la classification de Sinclair et Coulthard retenus.

Mouvement	Acte	Description
Initiation	Incitation	Mouvement qui demande une réponse
	Informer	Mouvement qui fait part d'une information
Réponse	Informer	Mouvement qui fait part d'une information
	Accepter	Mouvement qui valide une information
	Incitation	La réponse se fait sous forme de question
Feedback	Acknowledge	Signe que la réponse a été entendue
	Accepter	La réponse est acceptée

Les échanges sont constitués d'un enchainement de mouvements. Sinclair et Coulthard décrivent plusieurs types d'échange, mais là encore nous présentons seulement ceux qui ont été utilisés dans le cadre de ce travail.

- L'échange de sollicitation a pour but d'obtenir une réponse, il est très souvent caractérisé par une structure IRF si c'est l'enseignant qui pose la question, et par une structure IR si c'est l'élève qui pose la question.
- L'échange d'information a pour but de valider une information. Il a la plupart du temps une structure IR.

Le tableau 31 montre les catégories que nous avons rencontrées lors de notre analyse :

Tableau 31 : Catégorie d'échanges rencontrées lors de l'analyse.

Échange	Description
Sollicitation élève	L'élève pose une question, l'enseignante répond.
Sollicitation enseignant	L'enseignante pose une question, les élèves répondent, l'enseignante valide la réponse.
Information élève	L'élève donne une information, l'enseignante la valide.
Information enseignante	L'enseignante donne une information, les élèves peuvent donner une rétroaction

5.1.3.2. Caractérisation des épisodes interactionnels

Un épisode interactionnel est, la plupart du temps, composé de plusieurs échanges. Nous avons caractérisé les épisodes interactionnels en fonction du type d'échange :

Une seule sollicitation d'élève.

Un exemple est donné dans le tableau 32.

Tableau 32 : Exemple d'un épisode interactionnel composé d'un échange de sollicitation d'élève.

Locuteur	Production verbale	Échange	Mouvement	Acte
E	il sert à quoi en fait heu K	Sollicitation élève	Initiation	Incitation
P	alors à quoi sert K /alors Taux on a compris à quoi ça servait K bah en fait donc K on a dit c'est indépendant / d'état initial ça veut dire si on a la transformation on connaît la valeur de K / et K ça relie les concentrations à l'état final / donc ça va nous permettre aussi de revenir à taux		Réponse	Information

Plusieurs sollicitations d'élève.

Un exemple est donné dans le tableau 33.

Tableau 33 : Épisode interactionnel constitué de plusieurs échange de sollicitations d'élèves les uns à la suite de l'autre.

Locuteur	Production verbale	Échange	Mouvement	Acte
E	mais ça représente quoi en fait K	Sollicitation élève	Initiation	Ellicitation
P	bah ça représente l'équilibre		Réponse	Information
E	c'est pareil pour n'importe quel acide	Sollicitation élève	Initiation	Ellicitation
P	non c'est pas pareil enfin chaque acide va avoir sa constante d'équilibre d'accord donc si vous regardez justement dans votre livre dans le rabat de couverture le premier vous avez / les couples acide base en solution aqueuse/ on vous donne leurs noms et leurs formules /et on vous donne K_a / d'accord c'est K		Réponse	Information

Sollicitations d'élève et information de l'enseignante : l'épisode interactionnel est composé d'une ou plusieurs sollicitations d'élève les unes à la suite des autres suivies d'une information de l'enseignante.

Un exemple est donné dans le tableau 34, nous n'analysons pas le début de l'épisode où l'enseignante demande à l'élève de répéter sa question.

Tableau 34 : Épisode interactionnel composé d'une sollicitation d'élève suivie d'une information de l'enseignante.

Locuteur	Production verbale	Échange	Mouvement	Acte
E	est ce que (...) vu que (...) comme on a V toujours un litre on va (...?) toujours pareil (...?)			
P	de quoi			
E	comme V c'est un litre même si on divise à chaque fois par le volume on va trouver	Sollicitation élève	Initiation	Ellicitation
P	ah bah oui mais la valeur oui c'est la même		Réponse	Informér
E	oui la valeur oui c'est la même		Feedback	Acknowledge
P	mais si on avait pris 500 millilitres du coup on aurait eu des valeurs qui changent mais comme on cherche des concentrations autant prendre un litre comme ça c'est plus simple	Information enseignante	Initiation	Informér
E	ouais//		Feedback	Accepter

Sollicitation d'un élève et sollicitation de l'enseignante : L'épisode est composé d'une ou plusieurs sollicitations d'élève les unes à la suite des autres suivies d'une sollicitation de l'enseignante.

Voici un exemple (tableau 35) :

Tableau 35 : Épisode interactionnel composé d'une sollicitation d'élève suivie d'une sollicitation de l'enseignante.

Locuteur	Production verbale	Échange	Mouvement	Acte
E	est ce que ça pourrait être possible aussi une courbe dans l'autre sens	Sollicitation élève	Initiation	Incitation
P	oui		Réponse	Informer
P	ça veut dire quoi si on a une courbe dans l'autre sens //	Sollicitation enseignante	Initiation	Ellicitation
E	(...?)		Réponse	Informer
P	on pourrait avoir ça là ça veut dire on a une solution au départ qui est basique ça veut dire on dose en fait une solution basique et on ajoute de l'acide d'accord donc après quand le réactif limitant c'est la base on a une solution acide d'accord donc on peut avoir ça ça va nous dire la forme de la courbe qu'elle espèce chimique on dose ça veut dire qu'est ce qui est présent au départ dans le Becher /		Feedback	Informer

Sollicitation d'un élève et sollicitation de l'enseignante enchâssée : l'épisode est composé d'une sollicitation d'élève dans laquelle est enchâssée une sollicitation de l'enseignante. Un exemple (Tableau 36) permet de mieux comprendre :

Tableau 36 : Épisode interactionnel composé d'une sollicitation de l'enseignante enchâssée dans une sollicitation de l'élève.

Locuteur	Production verbale	Échange		Mouvement	Acte
E	madame quand on a un pK_a on dit heu à 7,5 on place à pH 7 égale à 7,5	Sollicitation élève		Initiation	Ellicitation
P	à pH égale à 7,5 ça sera la séparation des domaines de prédominances			Réponse	Informer
E	pourquoi avec l'eau pourquoi le pK_a est égal à 14 si c'est neutre à 7 à pH égal 7	Sollicitation élève		Initiation	Ellicitation
P	parce qu'avec l'eau on n'a pas écrit K_a on a écrit quoi		Sollicitation enseignante	Réponse	Ellicitation
E	pK_e			Réponse	Informer
P	$K_e/$			Feedback	Accepter

Nous avons ainsi caractérisé les épisodes interactionnels, du point de vue de l'analyse de la conversation, en cinq types : une seule sollicitation d'élève, plusieurs sollicitations d'un élève, sollicitation d'un élève suivie de sollicitation de l'enseignante et sollicitation de l'enseignante enchâssée dans une sollicitation de l'élève. Nous faisons l'hypothèse que cette analyse en termes de conversation permet de rendre compte de la topogénèse des épisodes interactionnels. Si, par définition de l'épisode interactionnel, l'élève est toujours l'initiateur, l'action de l'enseignante quant à elle peut être variée. Lorsque l'épisode est de type une seule ou plusieurs sollicitations d'élève, l'enseignante prend en charge de donner la réponse ; les élèves sont en charge de l'objet de la question c'est-à-dire quel va être l'élément de savoir en jeu dans l'épisode interactionnel. Lorsque l'épisode interactionnel est de type sollicitation d'élève suivie de sollicitation de l'enseignante ou sollicitation de l'enseignante enchâssée dans une sollicitation d'élève, l'enseignante renverse la situation : les élèves sont en charge de fournir une réponse, et l'enseignante oriente les élèves vers la réponse. Le cas des épisodes de type sollicitation d'élève suivie d'une information de l'enseignante montre un autre partage des rôles : l'enseignante est en charge de la réponse mais ne veut pas se contenter de la seule réponse à la question de l'élève, elle ajoute une information, reliée à l'élément de savoir en jeu dans l'épisode interactionnel, et qui complète la réponse.

Mots clés :

Cette analyse nous a permis de créer une catégorie de mots clés liée à la topogénèse. Les mots clés de cette catégorie sont présentés dans le tableau 37 :

Catégorie	Mot clé
Topogénèse	Une seule sollicitation d'élève
	Plusieurs sollicitations d'élève
	Sollicitations d'élève suivie de sollicitation de l'enseignante
	Sollicitation d'élèves suivie d'information de l'enseignante
	Sollicitation de l'enseignante enchaînée dans sollicitation élève

Tableau 37 : Mot clé de la catégorie topogénèse.

Au terme de ces trois analyses nous avons obtenu quatre catégories de mots clés : deux relatives à la chronogénèse (du point de vue de la réponse de l'enseignante et du point de vue de la question de l'élève), une relative à la mésogénèse et enfin une relative à la topogénèse. L'attribution de ces mots clés aux épisodes interactionnels va nous permettre, dans une certaine mesure, de rendre compte comment le savoir est mis en jeu dans chaque épisode.

5.2. Analyse des épisodes interactionnels en termes de la nature du savoir en jeu

Nous avons vu dans le cadre théorique que le fonctionnement de la chimie peut être modélisé en distinguant plusieurs mondes, le monde visible et le monde des théories et modèles, auquel correspond un monde non-perceptible. Au sein de ces mondes il est possible de distinguer des objets et des événements ainsi que leurs propriétés. Nous présentons dans ce chapitre comment nous avons analysé les épisodes interactionnels en fonction du niveau de modélisation du savoir en jeu.

Nous distinguons le savoir en jeu dans la question de l'élève et dans la réponse de l'enseignant. Ceci pour deux raisons : tout d'abord il n'y a pas de raisons de penser que le niveau de modélisation dans la question de l'élève soit le même que celui du savoir dans la réponse de l'enseignante. Si ces niveaux de modélisation sont différents il devient alors problématique de caractériser l'épisode. Deuxièmement le passage d'un niveau de modélisation à un autre est au cœur de l'apprentissage de la chimie. La distinction entre le niveau de modélisation du savoir dans la question de l'élève et dans la réponse de l'enseignante nous permettra de mettre en évidence d'éventuels liens entre le niveau de modélisation du savoir dans la question de l'élève et celui du savoir dans la réponse de l'enseignante.

Les différents niveaux de modélisation sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 38 : Niveaux de modélisation.

Monde perceptible	Monde non-perceptible	Monde des théories et modèles
Objet	Objet	Grandeur
Événement	Événement	Théorie
Propriété	Propriété	

Le savoir peut aussi mettre en œuvre plusieurs niveaux de modélisation. Nous avons dans ce cas considérer que la question ou la réponse faisait le lien entre ces niveaux de modélisation.

Nous présentons un exemple pour chaque niveau de modélisation que nous avons rencontré lors de l'analyse :

- Événement du monde perceptible

Le tableau 39 présente un épisode interactionnel au court duquel un élève pose une question mettant en jeu un élément de savoir du niveau des événements du monde perceptible (changement de couleur) :

Tableau 39 : Transcription d'un épisode interactionnel mettant en jeu un élément de savoir appartenant au niveau des événements perceptible.

Locuteur	Productions verbales
E	et ça l'équivalence c'est à partir du moment où ça change de couleur ou on attend que ce soit vert
P	alors l'équivalence ça va être à quel moment / au moment où a changé de couleur / d'accord en fait qu'est ce qu'on a fait dans le TP on avait versé vraiment quasiment juste avant l'équivalence par très petit volume d'accord

- Propriétés du monde perceptible

Le tableau 40 présente un épisode interactionnel dans lequel un élève pose une question dans lequel le savoir appartient au niveau des propriétés du monde perceptible. La propriété du monde perceptible est l'état de la matière (solide).

Tableau 40 : Transcription d'un épisode interactionnel mettant en jeu un élément de savoir appartenant au niveau des propriétés perceptibles.

Locuteur	Productions verbales
E	Madame AH pourquoi il est (...) il est pas solide
P	Non il est pas solide / beh même si tu prends AH pur pour l'acide éthanoïque c'est liquide à température ambiante/

- Objet du monde non perceptible

Le tableau 41 présente un épisode interactionnel dans lequel le savoir en jeu dans la réponse de l'enseignante appartient au niveau des objets non-perceptibles. L'objet du monde non perceptible est l'ion propanoate.

Tableau 41 : Transcription d'un épisode interactionnel dans lequel la réponse de l'enseignante met en jeu un élément de savoir du niveau des objets du monde non-perceptible.

Locuteur	Productions verbales
E	c'est quoi les ions propanoate
P	propanoate bah tu prends l'acide propanoïque et tu lui enlèves H c'est la base conjuguée

- Événement du monde non-perceptible

Le tableau 42 présente un épisode interactionnel au cours duquel l'élève pose une question dont le savoir appartient au niveau des événements non-perceptibles. L'événement du monde non-perceptible en jeu est le fait que les ions H_3O^+ réagissent, dès qu'ils ont été formés, avec les molécules H_2O .

Tableau 42 : Transcription d'un épisode interactionnel mettant en jeu un élément de savoir appartenant au niveau des événements non perceptibles.

Locuteur	Productions verbales
E	est ce que dès qu'y a des H_3O^+ formés ils reréagissent avec des H_2O
P	non dès qu'y a des H_3O^+ formés ils réagissent avec quoi
E	avec CH_3
P	avec l'ion éthanoate /
E	dans l'autre sens
P	voila ça veut dire que eux ils réagissent donc ils reforment l'acide éthanoïque et l'eau // donc si on remplit ce tableau d'avancement //

- Propriété du monde non-perceptible

Le tableau 43 présente un épisode au cours duquel le savoir en jeu appartient au niveau des propriétés du monde non-perceptible. La propriété en jeu est le degré de dissociation de l'acide

Tableau 43 : Transcription d'un épisode interactionnel mettant en jeu un savoir appartenant au niveau des propriétés du monde non-perceptible.

Locuteur	Productions verbales
E	heu madame
P	oui
E	j'ai pas compris ce que ça veut dire un acide plus ou moins dissocié /
P	ça c'est l'acide moins y en a en solution plus on va avoir de ça en solution d'accord donc l'acide quand il est dissocié c'est quand on a en solution sa base conjuguée et puis H_3O^+ d'accord ça veut dire en fait dissocié ça veut dire il a réagit avec l'eau si il est pas dissocié ça veut dire il est entier il a cette forme là / s'il est dissocié il a réagi avec l'eau

- Grandeur

L'épisode, dont la transcription est donnée dans le tableau 44, montre une question d'élève dont le savoir appartient au niveau des grandeurs. La grandeur en jeu est le pK_a .

Tableau 44 : Transcription d'un épisode interactionnel dont le savoir en jeu dans la question appartient au niveau des grandeurs.

Locuteur	Productions verbales
E	heu je comprends pas trop ce que c'est pK_a
P	pK_a alors pK_a c'est quoi là on a la définition donc ça re(...)
E	ça m'aide pas trop sur le coup
P	K_a c'est la constante d'acidité d'accord / heu utiliser pK_a ça nous permet en fait de relier la constante d'acidité du couple au pH de la solution K_a c'est la constante d'acidité pK_a c'est un autre nombre qui va être caractéristique aussi du couple

- Théorique

Le tableau 45 présente un épisode interactionnel dont le savoir en jeu appartient au niveau théorique.

Tableau 45 : Transcription d'un épisode interactionnel dont le savoir en jeu appartient au niveau théorique.

Locuteur	Productions verbales
E	une fois que on a (...) ouais le truc avec le pH on trouve heu la concentration à ça faut juste dire que la concentration en (...) c'est la même et après on calcule direct heu K
P	ouais / ça veut que ici là cette ligne là elle est pas demandée là
E	ouais ça a rien à voir
P	par contre elle permettrait de calculer
E	taux
P	taux
E	ouais // OK
P	d'accord

- Lien entre plusieurs niveaux de modélisation

Nous finissons cette série d'exemple par un épisode interactionnel (tableau 46) au cours duquel l'élève pose une question qui fait le lien entre un événement du monde non-perceptible (la réaction chimique) et une propriété du monde non-perceptible (le fait qu'un acide soit totalement dissocié ou non).

Tableau 46 : Transcription d'un épisode interactionnel illustrant le lien entre événement et propriété du monde non-perceptible.

Locuteur	Productions verbales
E	le fait que l'acide soit totalement dissocié ça veut dire que la réaction est pas totale
P	ici ça veut dire voilà il reste de l'acide donc il reste un réactifs en majorité par rapport aux produits donc la réaction n'est pas totale / ça veut dire ça l'acide n'est pas totalement dissocié chut

Mots clés :

L'analyse du savoir en termes de modélisation a débouchée sur deux catégories de mots clés : une relative au savoir en jeu dans la question de l'élève et l'autre à la réponse de l'enseignante. Le tableau 47 présente ces deux catégories ainsi que les mots clés de chacune d'entre elles.

Catégorie	Mot clé		
Modélisation question de l'élève	Monde perceptible	Objet	
		Événement	
		Propriété	
	Monde non-perceptible	Objet	
		Événement	
		propriété	
	Monde théorie et modèle	Grandeur	
		Théorie	
		Liens entre niveaux	
Modélisation réponse de l'enseignante	Monde perceptible	Objet	
		Événement	
		Propriété	
	Monde non-perceptible	Objet	
		Événement	
		propriété	
	Monde théorie et modèle	Grandeur	
		Théorie	
		Liens entre niveaux	

Tableau 47 : Catégorie de mots clé et mots clés issues de l'analyse du savoir en jeu dans les épisodes interactionnels.

Nous avons vu dans ce chapitre comment nous avons analysé le savoir en jeu dans les épisodes interactionnels suivant le niveau de modélisation ainsi que la mise en œuvre du savoir. Ces analyses ont permis la construction de six catégories de mots clés : deux relatives au niveau de modélisation du savoir, une pour la question de l'élève et l'autre pour la réponse de l'enseignante ; et quatre relatives à la vie du savoir dans la classe, une pour la topogénèse, une autre pour la mésogénèse et deux pour la chronogénèse.

Chapitre 6 : Reconstruction des TPC

Nous rappelons que les TPC sont reconstruites à partir de moments spécifiques de la classe, les épisodes interactionnels, car nous faisons l'hypothèse que ces moments sont à la fois propices à la mobilisation de PCK (ces moments sont donc riches en TPC) et que cette mobilisation est plus apparente au sein de ces épisodes. Nous tâcherons dans cette partie d'expliciter, à l'aide d'exemples, le processus de reconstruction des TPC pour chacune des catégories de TPC : Connaissances sur les difficultés des élèves, Stratégies d'enseignement, Buts et valeurs de l'enseignement des sciences et Curriculum. La méthode de reconstruction a été construite a posteriori. Cependant un regard a priori sur les différentes catégories de TPC permet de déceler que les catégories « Difficultés » « Évaluation » et « Curriculum » sont des catégories qui sont bien bornées et contenant un type de savoir relativement spécifique. Au contraire de la catégorie « Stratégies » dont les limites sont plus floues : qu'est ce qu'une connaissance sur une stratégie, qu'est ce qu'une stratégie ? L'explicitation de la méthode de reconstruction des TPC appartenant à cette dernière catégorie va donc nécessiter une analyse un peu plus fouillée. Nous verrons ensuite qu'un autre processus de reconstruction des TPC est envisageable : il s'agit, au lieu de reconstruire une TPC à partir d'un seul épisode interactionnel, de reconstruire des TPC à partir de caractéristiques d'ensembles d'épisodes.

6.1. Méthode de reconstruction pour chaque type de TPC

Dans cette partie nous allons expliciter, pour chacune des catégories de TPC la méthode de reconstruction

6.1.1. Connaissances sur les difficultés des élèves

Lors des épisodes interactionnels les élèves prennent la parole pour exprimer leurs difficultés. Cependant ils expriment celles-ci de manière plus ou moins explicite. Si la difficulté est exprimée de manière implicite, l'enseignante devra interpréter la question de l'élève pour en dégager la difficulté. Pour ce faire l'enseignante doit mettre en jeu une TPC de la catégorie « connaissance sur les difficultés des élèves ». La façon dont l'enseignante a interprété la question de l'élève peut faire l'objet d'une inférence à partir de sa réponse. Deux exemples permettent d'illustrer ce qui vient d'être dit :

Dans l'épisode interactionnel suivant (Tableau 48) l'élève explicite bien sa difficulté, l'enseignante n'a donc pas besoin d'interpréter la question de l'élève pour lui répondre. L'élève demande à l'enseignante une confirmation d'une règle qu'il a mise au point à partir de données d'un exercice : plus la chaîne de carbone d'un acide est longue et moins la réaction de cet acide avec l'eau sera totale.

Tableau 48 : Transcription d'un épisode interactionnel au cours duquel la question de l'élève est explicite vis-à-vis de sa difficulté.

Locuteurs	Productions verbales
E	heu et madame
P	oui
E	heu d'une manière générale plus la chaîne elle est grande et plus ça se et moins ça se dissocie
P	heu je sais pas non mais parce que HF c'est pas le même type d'acide que les autres
E	d'accord
P	faudrait regarder justement là on va classer an fonction des pK_a il faudrait regarder les pK_a

Cet épisode ne nous a pas permis de reconstruire de TPC de la catégorie « connaissances sur les difficultés des élèves. Remarquons que dans cet épisode la question de l'élève est précise, et que l'enseignante ne semble pas avoir identifiée de difficultés puisque sa réponse est très « collée » à la question de l'élève, et qu'elle ne développe par particulièrement sa réponse. Dans d'autres épisodes la question de l'élève est beaucoup moins précise, et demande de la part de l'enseignante une part d'interprétation beaucoup plus grande.

L'exemple suivant (Tableau 49) illustre le cas où la question de l'élève nécessite d'être interprétée car la difficulté n'apparaît pas clairement.

Tableau 49 : Transcription d'un épisode interactionnel mettant en avant une question d'élève qui comporte de l'implicite sur la difficulté éprouvée.

Locuteurs	Productions verbale
E	Il sert à quoi en fait heu K
P	Alors à quoi sert K /alors Taux on a compris à quoi ça servait K bah en fait donc K on a dit c'est indépendant / d'état initial ça veut dire si on a la transformation on connaît la valeur de K / et K ça relie les concentrations à l'état final / donc ça va nous permettre aussi de revenir à taux

La question de l'élève est générale, et peut être interprétée de différentes façons : dans quel but a-t-on introduit cette constante d'équilibre (K) dans la classe, en quoi est-ce un concept scientifique utile ... La réponse de l'enseignante laisse comprendre qu'elle a interprété la question comme « comment va être utilisé K dans les exercices » puisqu'elle répond en expliquant à l'élève les situations où K sera utilisé : pour déterminer des concentrations et le taux d'avancement. L'enseignante a donc fait un choix de la façon dont elle interprète la question de l'élève. C'est la présence d'un choix de la part de l'enseignante, qui nous permet de reconstruire une TPC. Cette TPC est formulée de la façon suivante : « Les élèves ont besoin de savoir à quoi va servir K dans les exercices ». Dans cet épisode la question de l'élève est beaucoup moins précise que dans l'exemple précédent.

D'autres épisodes permettent de reconstruire des TPC de la catégorie « Connaissances sur les difficultés des élèves » car l'enseignante exprime le fait qu'elle a identifié la difficulté. Ainsi dans l'exemple ci-dessous (Tableau 50), l'enseignante identifie la difficulté comme provenant des « problèmes d'écritures de l'ion oxonium ». L'écriture de l'ion oxonium est donc source de difficulté.

Tableau 50 : Transcription d'un épisode interactionnel au cours duquel l'enseignante exprime qu'elle a identifié une difficulté.

Locuteurs	Productions verbales
E	madame
P	acide chlorhydrique oui
E	j'ai pas bien compris le couple H_3O^+ H_2O / parce qu'en fait c'est H_2O égale heu non c'est H_2O plus H^+ égale H_3O^+
P	oui on va l'écrire juste maintenant
E	mais c'est vrai qu'il y a un H^+ déjà de (...) parce qu' H_3O^+ c'est pas (...) /
P	donc ici on va voir justement c'est les problèmes d'écritures de l'ion oxonium / alors on va écrire déjà ça et je réponds à ta question juste après donc dans le cas de l'acide chlorhydrique ça veut dire ce qu'on a fait en TP la première mesure quel est le premier couple mis en jeu qu'est ce qu'on a dissous

La TPC reconstruite à partir de cet épisode est formulé comme ceci : « l'écriture de l'ion oxonium est source de difficultés pour les élèves ».

D'autres indices permettent de reconstruire des TPC de cette catégorie tel les marqueurs langagiers (« ah », « d'accord » ...) ou encore un changement par rapport à ce qu'elle est en train de dire dans la manière qu'a l'enseignante de répondre (changement de stratégie, de l'élément de savoir sur lequel porte la réponse de l'enseignante ...). Le tableau 51 présente un exemple où une TPC difficulté à reconstruite à partir de l'observation de la mise en œuvre, par l'enseignante, d'une stratégie pour répondre aux élèves. L'élève demande si les ions H^+ se fixent sur une molécule lors d'une réaction acido-basique.

Tableau 51 : Transcription d'un épisode interactionnel à partir duquel une TPC « Difficultés » à été reconstruite.

E	heu les H^+ après ils se fixent sur une autre molécule
P	oui /
E	ça fait une molécule alors
P	oui après ça fait une molécule ça veut dire que H^+ il forme une liaison avec un autre atome et donc en partageant un doublet d'électrons on a bien un atome d'hydrogène qui appartient à une molécule d'accord alors j'écris quand même proton par ce que dans votre livre on vous dit des fois écrire les demi-équations protonique ça veut dire ça fait bien intervenir un proton et en oxydoréduction on avait écrit on disait écrire les demi-équations électroniques par ce qu'on échange des électrons d'accord donc on a des acides et des bases

Dans sa réponse l'enseignante montre que l'ion H^+ va participer à une réaction chimique en se comportant comme n'importe quelle espèce chimique : l'ion H^+ va se fixer à une autre molécule en partageant un doublet d'électrons. Elle cherche en fait à différencier le comportement de l'ion H^+ participant à une réaction chimique, du proton (l'ion H^+ est en fait constitué d'un seul proton) participant à une réaction nucléaire. Notons que la classe est entrain d'étudier les réactions nucléaires en classe de physique en parallèle à cet enseignement de chimie. Elle justifie l'utilisation du terme de proton, car c'est le terme utilisé dans leur manuels ; enfin elle termine en faisant le parallèle entre demi-équations protoniques (c'est-à-dire une réaction au cours de laquelle un proton H^+ est

échangé) et demi-équations électroniques, réactions vues en classe de première à propos de l'oxydoréduction (réactions au cours desquelles des électrons sont échangés). Ce qui nous a permis dans cet épisode, de reconstruire une TPC « Difficultés », est la mise en place d'une stratégie de la part de l'enseignante, stratégie qui cherche à différencier le comportement de la particule H⁺ au cours d'une réaction nucléaire du comportement de cette même particule au cours d'une réaction acido-basique. Cette stratégie s'accompagne d'une justification de l'emploi, par l'enseignante, du terme de proton. A partir de là nous avons reconstruit la TPC suivante: « l'utilisation du terme de proton pour désigner la particule H⁺ dans une réaction acido-basique induit chez les élèves une confusion entre le comportement de H⁺ au cours d'une réaction nucléaire, et au cours d'une réaction acido-basique. » Cet épisode a aussi conduit à la reconstruction de plusieurs TPC « Stratégie » que nous détaillerons dans la partie suivante.

Ainsi les TPC de la catégorie « Difficultés » peuvent être reconstruites à partir de plusieurs cas de figures :

- Lorsque la question de l'élève n'est pas précise, et que l'enseignante doit effectuer un choix dans l'interprétation qu'elle fait de la question. La TPC reconstruite permet d'expliquer le choix effectué par l'enseignante.
- Lorsque l'enseignante nomme la difficulté.
- Lorsque l'enseignante met en place une stratégie de réponse. La TPC reconstruite permet d'expliquer le choix de cette stratégie.

L'écart entre la TPC reconstruite et l'épisode interactionnel, c'est-à-dire le « saut » d'inférence n'est pas le même en fonction de ces trois méthodes de reconstruction : lorsque l'enseignante nomme la difficulté le saut est petit. Par contre lorsque la TPC est reconstruite à partir d'une stratégie de réponse, c'est-à-dire que l'on considère la TPC comme étant une explication au choix de la mise en œuvre de cette stratégie, ou lorsque la TPC est reconstruite à partir de l'explication d'un choix effectué par l'enseignante l'écart est beaucoup plus grand.

Notons, pour conclure, que nous n'avons pas rencontré de cas où l'enseignante demande confirmation à l'élève si elle a bien interprété la difficulté de l'élève.

6.1.2. Connaissances sur les stratégies d'enseignement

La méthode de reconstruction des TPC de cette catégorie prend appui sur deux approches :

La première a été de se poser la question : « Dans quelle mesure l'enseignante a le choix de répondre ainsi ? » Autrement dit, est ce que l'enseignante avait d'autres possibilités de réponse ? Est-ce que la situation (la question de l'élève, le savoir en jeu, le programme officiel ...) la contraint à donner ce type de réponse ? Si la marge de manœuvre de l'enseignante est grande alors il y a d'autant plus de chances qu'une TPC de cette catégorie soit mis en œuvre.

La deuxième a été de prendre en considération plusieurs indices, certains liés aux mots clés affectés aux épisodes comme par exemple le type de discours, d'autres non comme par exemple le contrat didactique de la classe. Ces indices sont une construction a posteriori qui nous permet d'expliquer la méthode de reconstruction des TPC. Nous présentons dans la suite les indices.

Notons qu'il s'agit de la seule catégorie de TPC pour laquelle nous avons eu recours à ce procédé.

Certaines TPC de cette catégorie ont également été reconstruites en prenant en compte les TPC de la catégorie « Difficultés ». Le raisonnement est le suivant : si l'enseignante a détecté une difficulté, ou sait que telle ou telle objet de savoir présente des difficultés, alors comment s'y prend-t-elle dans sa réponse pour réduire ces difficultés ? Sa réponse peut être interprétée comme la mise en œuvre d'une stratégie d'enseignement, à partir de laquelle une ou plusieurs TPC « Stratégies » peuvent être reconstruites.

6.1.2.1. Types de discours

Nous avons montré dans la partie précédente comment le discours des épisodes interactionnels était analysé pour rendre compte la topogénése. Nous obtenons plusieurs types de discours ce qui nous a guidé dans le processus de reconstruction des TPC. Ainsi, les épisodes interactionnels comportant une sollicitation de l'enseignante, c'est-à-dire où l'enseignante pose à son tour des questions aux élèves, sont, pour nous, signe qu'une TPC de la catégorie « Stratégies d'enseignement » est fortement susceptible d'être mobilisée. L'exemple 3 (Tableau 52) illustre ce cas.

Tableau 52 : Épisode interactionnel où l'enseignante pose à son tour des questions aux élèves et met en œuvre une TPC de la catégorie « Stratégies d'enseignement ».

Locuteur	Productions verbales
E	madame je croyais qu'il y avait que des électrons qui pouvaient être échangés /
P	alors / oui parce que là c'est / alors donc la question elle est intéressante lui il va pas aller dans le noyau mais pourquoi est-ce qu'on dit que H^+ c'est un proton H c'est quoi par quoi c'est caractérisé /
E	par Z égale un
P	Z égale 1 /
E	et A égale 2 (...?)
P	et A égale 1 ça veut dire un atome d'hydrogène qu'est ce que c'est
E	(...?)
P	c'est un proton / dans le noyau et / pas de neutron et un électron qui gravite autour donc H^+ qu'est ce que c'est
E	un proton
P	/ c'est H qui a perdu
E	son électron
P	son éléctr fin un électron et y en avait qu'un d'accord donc H^+ c'est uniquement un noyau d'hydrogène et dans un noyau d'hydrogène y a simplement un proton d'accord mais par contre ce proton faut pas confondre c'est pas une réaction nucléaire c'est une réaction chimique donc on va l'écrire comme un élément
E	(...?)
P	d'accord qui va être capté / donc par la base d'accord ça veut dire va apparaître en dehors oui

Les élèves sont en train de découvrir les réactions acido-basiques. Ces réactions peuvent être modélisées comme étant un échange d'ion H^+ entre un acide et une base. Or l'ion H^+ n'est constitué que d'un proton. L'enseignante a inscrit au tableau qu'une

transformation chimique est un échange de proton H^+ . L'élève fait remarquer à l'enseignante qu'une réaction chimique ne peut mettre en jeu que des électrons, il s'agit ici de différencier la réaction chimique d'une réaction nucléaire mettant en jeu le noyau des particules. L'enseignante demande donc aux élèves la composition de l'atome d'hydrogène puis de l'ion H^+ . Elle inscrit au même moment le symbole de l'atome d'hydrogène avec le nombre de proton (numéro atomique Z) et le nombre de masse (nombre de proton et de neutrons A). Elle inscrit ensuite le symbole de l'ion H^+ . Elle conclut en montrant qu'il s'agit bien d'un ion mais que celui-ci est constitué que d'un seul proton. La stratégie mise en œuvre ici pour différencier le proton de l'ion H^+ était de revenir à ce que les élèves connaissaient (la structure de l'atome d'hydrogène) pour montrer qu'un proton peut être considéré comme un ion H^+ . La TPC reconstruite a été formulée ainsi : « Montrer qu'un proton peut être considéré comme un ion H^+ en utilisant l'écriture symbolique de l'atome H ainsi que le numéro atomique et le nombre de masse. »

6.1.2.2. TPC « Stratégies » liées à des TPC « Difficultés »

Nous avons vu dans la partie consacrée aux TPC « Difficultés » que certaines de ces TPC sont associées à des TPC « Stratégies ». Ainsi dans l'exemple que nous avons montré nous avons vu comment la mise en place d'une stratégie par l'enseignante nous a permis de reconstruire une TPC « Difficultés ». Bien sûr la question qui se pose est « qu'est ce qu'une stratégie ? » Comme nous l'avons dit dans l'introduction de ce chapitre, une question que nous nous posons lorsque l'on regarde un épisode est de savoir si l'enseignante aurait pu répondre autrement. C'est-à-dire que l'on cherche à savoir si l'enseignante a fait un choix lorsqu'elle donne sa réponse. Si l'on reprend notre exemple, l'enseignante répond à l'élève en lui expliquant comment réagit l'ion H^+ lors d'une réaction acido-basique, puis en expliquant pourquoi elle emploie le terme de proton pour parler de l'ion H^+ . L'enseignante aurait pu répondre par oui à la question de l'élève «ça fait une molécule alors ». Or on voit que l'enseignante développe une réponse permettant de prendre en compte la difficulté des élèves à propos de l'ion H^+ (« l'utilisation du terme de proton pour désigner la particule H^+ dans une réaction acido-basique induit chez les élèves une confusion entre le comportement de H^+ au cours d'une réaction nucléaire, et au cours d'une réaction acido-basique »). Les réponses de l'enseignante qui prennent en compte des difficultés des élèves comportent ce que nous appelons une stratégie, et nous permettent par conséquent de reconstruire des TPC « Stratégies ». Dans notre exemple les TPC reconstruites sont :

« Pour montrer que la particule H^+ est bien une espèce chimique dans le cadre d'une réaction acido-basique, l'enseignante décrit la façon dont réagit cette particule. »

« Pour justifier l'emploi du terme de proton pour la particule H^+ au sein d'une réaction acido-basique, même si cette particule ne se comporte pas comme un proton, l'enseignante dit aux élèves que ce terme se rencontre dans leur manuel ».

6.1.2.3. Prise en compte des gestes

Les gestes participent à la communication non verbale et jouent un rôle dans la construction des concepts. Ainsi certains gestes de l'enseignante ont particulièrement attirés notre attention. L'association notamment d'un geste avec un concept fait partie des TPC de la catégorie « Stratégies d'enseignement ». Ainsi nous avons pu observer que l'enseignante associait le concept de déplacement de l'équilibre avec un geste des mains de la droite vers la gauche et de la gauche vers la droite. Ceci est cohérent avec l'écriture sous forme

d'équation de réaction d'une réaction chimique. Dans l'équation les produits et les réactifs sont de part et d'autre d'un signe égal. Le geste des mains vers la gauche correspond à un déplacement de l'équilibre de la réaction dans le sens direct et un geste vers la droite à un déplacement de l'équilibre dans le sens indirect. D'autres associations ont pu être mises en évidence.

6.1.2.4. Prise en compte du registre sémiotique

« Des représentations sémiotiques sont des productions constituées de signes appartenant à un système de représentation qui a ses propres contraintes de signification et de fonctionnement » (Duval, 1991). Ainsi nous pouvons distinguer plusieurs registres sémiotiques dans la classe de chimie : la langue naturelle, les équations de réaction, les graphes ... La façon dont sont utilisés ces registres sémiotiques par l'enseignante, quel registre est préféré en fonction du contenu sont des indices pertinents pour la reconstruction de TPC. Ainsi nous avons pu observer que le tableau d'avancement était une construction centrale dans la stratégie d'explication de l'enseignante en ce qui concerne le taux d'avancement d'une réaction ainsi que les quantités de matière. Ce tableau d'avancement représente l'équation de la réaction et le nombre de mole de chaque espèce participant à la réaction en fonction de l'avancement de la réaction. Il met donc en jeu plusieurs registres sémiotiques.

6.1.2.5. Prise en compte du contrat didactique

La façon dont l'enseignante gère le contrat didactique peut permettre de mettre en avant des TPC. Ainsi l'enseignante peut parfois se servir du contrat didactique pour justifier une réponse. Prenons un exemple (Tableau 53). Une réaction chimique peut être représentée par une équation de réaction $aA+bB \rightarrow cC+dD$. Les élèves viennent de voir qu'une réaction non totale (équilibre chimique) pouvait être représentée par une équation de réaction dont la flèche a été remplacée par un signe égal. L'élève demande à l'enseignante comment ils peuvent savoir s'il faut représenter l'équation de la réaction avec une flèche ou un signe égal s'ils ne savent pas si la réaction est totale ou non. Notons que la première question des exercices est pratiquement toujours de donner l'équation de la réaction sans que les élèves puissent savoir s'il s'agit d'une réaction totale ou non.

Tableau 53 : Transcription d'un épisode interactionnel à partir duquel une TPC de type « Stratégies d'enseignement » a été reconstruite.

Locuteurs	Productions verbales
E	madame
P	oui
E	mais on peut pas le deviner quand on peut mettre un signe égal ou non
P	bah ça veut dire que dans un exercice ça sera heu écrire la réaction de l'équilibre entre telle chose et telle chose ou ça veut dire on fera une expérience on arrivera à un X_{final} vous en déduirez la réaction n'est pas totale donc on met un signe égal alors de toute façon le plus ce qu'on va faire en fait c'est qu'on écrira toutes les réactions avec un signe égal d'accord et puis on verra après comment on le caractérise

L'enseignante décrypte pour les élèves le « scénario » des exercices qui leur seront proposés, et laisse entendre que toutes les réactions rencontrées seront des équilibres. Elle précise ensuite le contrat aux élèves « ce qu'on va faire en fait c'est qu'on va écrire toutes

les réactions avec un signe "égal" ». Ainsi elle construit un élément du contrat, dans cet épisode pour répondre aux élèves. Il s'agit ici d'une stratégie que met en place l'enseignante pour répondre aux élèves quand elle ne peut pas fournir une réponse clair, en effet il n'y a pas de moyen pour les élèves de savoir à l'avance, c'est-à-dire avant d'avoir calculer le taux d'avancement final de la réaction, si la réaction est totale ou non. La TPC reconstruite à été formulé comme ceci : « Lorsqu'il n'y a pas de réponse claire à donner aux élèves, le contrat permet de choisir entre deux réponses possibles ».

6.1.3. Connaissances sur les buts et valeurs de l'enseignement

La façon dont l'enseignante présente le fonctionnement de la science nous a permis de mettre à jour un certain nombre de TPC. Ce fonctionnement concerne essentiellement la gestion de l'écart entre les valeurs expérimentales obtenues par les élèves lors de séances de TP et les valeurs obtenues par des calculs théoriques. De plus l'observation de la façon dont l'enseignante justifie ses réponses nous a permis de reconstruire certaines TPC. Par exemple lors d'un épisode interactionnel, l'enseignante assume que sa justification est d'ordre théorique, et ne prend pas du tout en compte de justifications d'ordre expérimental. Dans l'exemple ci-dessous (Tableau 54) l'enseignante fait clairement une différence entre un résultat d'ordre théorique et un résultat expérimental. Elle n'aborde pas du tout la question de la précision de la mesure. La réponse se situe seulement dans le cadre du résultat théorique.

Tableau 54 : Transcription d'un épisode à partir duquel une TPC de la catégorie « Buts et valeurs de l'enseignement des sciences » à été reconstruite.

Locuteurs	Productions verbales
E	y a quelqu'un qui a trouvé ça
P	non c'est le résultat théorique au mieux vous avez trouvé 2,1 ceux qui étaient le plus proche / donc ça on l'a vu l'acide chlorhydrique le chlorure d'hydrogène sur l'eau c'est une réaction totale //
E	et heu totale en théorie c'est quand on arrive exactement au même nombre mais enfin en pratique c'est quoi
P	totale ça veut dire ici 0
E	ouais mais est ce que ça arrive des fois (..?)
P	oui on va pouvoir considérer qu'elle est totale

Il s'agit ici d'une connaissance qui a trait à l'épistémologie de l'enseignante : comment gérer la différence de valeur d'une grandeur entre le résultat expérimental et ce que le résultat théorique prédit. L'enseignante aurait pu développer sa réponse en parlant par exemple de la précision de la mesure, et montrer aux élèves comment on estime l'erreur commise sur une mesure. Au lieu de cela elle parle de résultat théorique, puis elle dit aux élèves que même si la mesure expérimentale n'est pas égale à ce que prévoit la théorie, on va considérer que c'est le cas. La TPC reconstruite ici est : « l'enseignante montre un fonctionnement de la science où les valeurs théoriques sont prépondérantes sur les valeurs expérimentales : l'expérience ne vient pas remettre en cause la théorie ».

6.1.4. Connaissances sur le curriculum

Les questions d'élèves portant sur ce qu'il faut savoir ou non ont bien évidemment été plus propices à la reconstruction de ce type de TPC. L'exemple suivant (Tableau 55) montre un épisode interactionnel à partir duquel une TPC de la catégorie Curriculum a été reconstruite.

Tableau 55 : Transcription d'un épisode interactionnel à partir duquel une TPC de la catégorie Curriculum a été reconstruite.

Locuteur	Productions verbales
E	madame est ce qu'on peut savoir si enfin les ions spectateurs ils nous le disent ou /
P	ah bah non ils le disent ça veut dire il faut que tu regardes heu par exemple dans un dosage conductimétrique si tu doses avec la soude il faut que tu penses que la soude c'est HO- qui va participer à la réaction de dosage

La TPC reconstruite ici est : « les élèves doivent savoir lister, lors d'une analyse par conductimétrie, tous les ions spectateurs. »

6.1.5. Connaissances sur l'évaluation

Aucune TPC de cette catégorie n'a été reconstruites. La principale explication de ce fait nous semble venir d'un biais méthodologique : les TPC sont reconstruites à partir d'épisodes interactionnels. Il s'agit de moments particuliers de la classe où l'élève prend l'initiative de poser une question à l'enseignante. Rappelons que les TPC de la catégorie évaluation sont les connaissances de l'enseignante relative à ce qui doit être évalué et comment évaluer. Les connaissances relatives à ce qui doit être évalué ont très peu de chance de pouvoir être reconstruites à partir des épisodes, il s'agit de connaissances qui vont apparaître au travers par exemple des choix d'exercices, des sujets de devoir etc. et non pas dans les réponses aux questions d'élèves. Les connaissances relatives à la façon d'évaluer auraient pu apparaître dans les épisodes interactionnels, sous forme de questions de l'enseignante aux élèves pour préciser sur quoi porte la difficulté ou pour évaluer les connaissances des élèves afin d'adapter sa réponse. Or nous n'avons que très peu d'exemple de ces questions, et elles ne nous ont pas permis de reconstruire de TPC. Un exemple d'une telle question est donné dans le tableau 56.

Tableau 56 : Transcription d'un épisode interactionnel dans lequel l'enseignante pose des questions aux élèves mais qui n'a pas permis de reconstruire des TPC « Évaluation ».

E	c'est pas faux de mettre aqueux à (...?) /
P	bah le aqueux il traduit quoi est ce que vous vous rappelez ça c'est important c'est le début de la première S
E	c'est dans l'eau
P	ça veut dire que c'est dans l'eau et ça veut dire aussi que l'ion il est solvaté ça veut dire il est entouré par des molécules d'eau d'accord donc cet ion là il est quand même entouré aussi par des molécules d'eau
E	et dans la dernière de l'eau le H^+ il est dans quel état
P	alors ici ce H^+ maintenant il représente quoi /
E	c'est pas un H_3O^+
P	c'est pas un H_3O^+ ça veut dire que ce H^+ qui est ici c'est pas un H^+ aqueux qu'est ce qu'il représente ce H^+ ici/ c'est le même qu'on retrouve là donc en fait c'est la particule qui est échangée d'accord ici ce H^+ on pourrait dire c'est la particule élémentaire échangée et ici si on voulait mettre H^+ aqueux ça veut dire c'est l'entité chimique qui est en solution d'accord ça c'est l'ion qui est en solution et ça ça serait la particule échangée /

Dans cette épisode l'enseignante pose, à deux reprises, une question aux élèves : « bah le aqueux il traduit quoi est ce que vous vous rappelez ça c'est important c'est le début de la première S » et « alors ici ce H^+ maintenant il représente quoi ». Il s'agit plus, pour nous, de questions visant à faire évoluer la topogénése que de questions permettant à l'enseignante de détecter d'éventuelles difficultés chez les élèves.

6.2. Triangulation des TPC issus de la méthode de reconstruction

Afin de trianguler les résultats de la reconstruction des TPC nous disposons d'un entretien avec l'enseignante. Des épisodes interactionnels, à partir desquels des TPC avaient été reconstruites ont été montrés à l'enseignante, il était ensuite demandé à celle-ci de commenter l'épisode. Si l'enseignante n'évoquait pas les TPC reconstruites nous lui demandions si elle pensait que la TPC reconstruite permettait d'expliquer ses actions. Cette triangulation a été effectuée sur six épisodes. Nous donnons ici deux exemples de cette démarche.

- Exemple 1

La transcription de l'épisode interactionnel est donnée dans le tableau 57. La question de l'élève concerne l'équilibre dynamique. L'équilibre chimique est dit dynamique car, si au niveau macroscopique le système n'évolue plus, au niveau microscopique des réactions, en sens inverse, continuent d'avoir lieu. Le fait que le système n'évolue plus à l'état macroscopique est modélisé par deux réactions en sens inverse et dont les vitesses sont égales.

Tableau 57 : Transcription de l'épisode interactionnel montré à l'enseignante.

Locuteurs	Productions verbales
E	C'est pour savoir heu les conditions d'état d'équilibre dynamique si on passe à l'échelle macroscopique on croit qu'on a atteint l'état final alors qu'à l'échelle microscopique
P	Bah c'est pas on croit qu'on atteint c'est on va dire qu'on a atteint parce que le système n'évolue plus d'accord

Dans cet épisode l'enseignante coupe la parole à l'élève et ne lui laisse pas finir sa question. La TPC que nous avons reconstruite était que le verbe croire était rejeté par l'enseignante, elle donne l'argument qui permet de justifier que le système est à l'état final (le système n'évolue plus) ; elle montre ainsi aux élèves que la science n'est pas basée sur des croyances mais sur des observations. Il s'agit d'une TPC de la catégorie « Buts et valeurs sur l'enseignement des sciences ».

Voici maintenant la transcription du passage de l'interview correspondant à ce que l'enseignante pense de cet épisode (Tableau 58).

Tableau 58 : transcription du passage de l'interview correspondant au visionnage de l'épisode interactionnel.

Locuteur	Productions verbales
P	bah là c'est sur le on croit fin l'utilisation du verbe quoi elle dit et puis je sais pas si elle fait une pause ou pas mais elle dit on croit qu'on a atteint ça veut dire elle pour moi elle a bien conscience que qu'il se passe des choses
C	oui
P	mais on dit que c'est fini fin on croit alors c'est peut être le problème du verbe heu employé ou je pense je réponds c'est pas on croit on affirme
C	ouais
P	on peut pas le remettre en cause je sais pas si c'est là dessus que tu
C	si si justement c'est vraiment la dessus c'est que l'élève dit on croit et que toi tout de suite tu dis c'est pas on croit ça veut dire que si tu veux ma question moi je me suis dis bah Hélène elle est prof de science on croit c'est pas de la science quoi en science on croit pas et voilà du coup est ce que ce genre de chose tu y fais très attention c'est à dire
P	ah tu veux dire est ce que c'est le vocabulaire le fait qu'elle dise on croit
C	oui et à ce que ça renvoie derrière sur la science peut être
P	heu alors je sais pas si j'en ai conscience (...?) peut être mais
C	et pourquoi est ce que le on croit il te gène de toute façon
P	parce que pour le coup heu au niveau macroscopique c'est même accessible pour eux fin que la couleur évolue plus heu c'est un fait
C	d'accord
P	au niveau macroscopique dans leur Becher ils peuvent attendre pas 10 ans parce sûrement ça changerait mais
C	un certain temps
P	les choses parasites mais fin je pense enfin c'est pas par rapport à des croyances pour moi c'est important que ce qu'il y a de l'ordre de l'hypothèse ils l'identifient comme hypothèse et ce qui est de l'ordre du fait ils l'identifient comme un fait

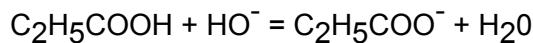
L'emploi du verbe croire par l'élève est ce que remarque en premier l'enseignante. Elle insiste ensuite sur le fait que les élèves puissent faire l'observation du fait que le système n'évolue plus à l'échelle macroscopique. Enfin dans la dernière partie de l'extrait on peut

voir que l'enseignante vocalise une TPC : "c'est important que ce qu'il y a de l'ordre de l'hypothèse ils l'identifient comme hypothèse et ce qui est de l'ordre du fait ils l'identifient comme un fait".

La TPC que nous avions reconstruite n'est pas exactement la même mais nous semble assez proche : l'idée d'une TPC concernant le fonctionnement de la science est conservée ainsi que la notion d'observation ou de faits.

- Exemple 2

L'exemple suivant concerne la reconstruction d'une TPC de la catégorie « Connaissances sur les difficultés des élèves ». La classe a étudié l'équilibre suivant :



La constante d'équilibre de cette réaction en fonction des concentrations s'écrit :

$$K = \frac{[\text{C}_2\text{H}_5\text{COO}^-]}{[\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}][\text{HO}^-]}$$

Il est possible de faire apparaître les expressions de K_a :

$$K_a = \frac{[\text{C}_2\text{H}_5\text{COO}^-] \times [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}]}$$

et de K_e :

$$K_e = [\text{HO}^-] \times [\text{H}_3\text{O}^+]$$

En multipliant l'expression de K par $[\text{H}_3\text{O}^+]$:

$$K = \frac{[\text{C}_2\text{H}_5\text{COO}^-] \times [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}] \times [\text{HO}^-] \times [\text{H}_3\text{O}^+]}$$

K_e est la constante d'équilibre liée à la réaction d'autoprotolyse de l'eau : $2 \text{ H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HO}^-$. Or cette équilibre n'apparaît pas dans la réaction que la classe est en train d'étudier : $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH} + \text{HO}^- = \text{C}_2\text{H}_5\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O}$

L'élève pose une question à ce propos.

Tableau 59 : Transcription de l'épisode interactionnel montré à l'enseignante.

Locuteurs	Productions verbales
E	heu je comprends pas quand est ce qu'on peut utiliser le K_e dans une réaction du moment qu'il y a H_2O et H_3O^+ on peut l'utiliser /
P	heu oui bah en fait K_e on va l'avoir si on retrouve ça c'est son expression en fait K_e on va l'avoir à chaque fois qu'il y a le couple / dès qu'il y a ce couple là qui intervient y a K_e qui intervient /
E	mais il intervient pas forcément direct c'est peut être en multipliant là heu
P	oui

La TPC que nous avons reconstruite est donc que l'élève éprouve des difficultés du fait que les espèces qui sont liées à la constante K_e n'apparaissent pas dans l'équation de la réaction $C_2H_5COOH + HO^- = C_2H_5COO^- + H_2O$. Le passage du monde des théories et modèles au monde non-perceptible est alors très difficile, voire impossible. Le tableau 60 montre l'extrait de l'entretien avec l'enseignante qui fait suite au visionnage de cet épisode.

Locuteurs	Productions verbales
P	le problème de si on fait des maths ou si on fait de la chimie
C	voila donc je voulais te demander d'interpréter la question de l'élève mais je crois que t'as bien compris c'est à dire que là l'élève il essaye de rattacher ça à ce qu'il se passe
P	bah oui pour moi l'élève il a en tête le fait que K_e on a vu c'était associé à un équilibre là on est en train d'en étudier un autre et en fait y a quand même K_e qui arrive par une espèce de tour de passe passe mathématique quoi clairement
C	et ça c'est une difficulté que t'identifies facilement chez les élèves enfin c'est quelque chose que tu connais chez les élèves
P	heu c'est même pas fin je sais pas si on peut dire que c'est une difficulté en fait il va y avoir deux types l'élève a très bien identifié que K_e c'est associé à l'équilibre de l'eau et donc là il voit pas l'équilibre de l'eau ça lui pose un problème
C	lui il cherche à raccrocher à la réalité enfin à la chimie derrière
P	bah voila ouais et du coup heu oui c'est compliqué d'expliquer pourquoi y a K_e qui apparaît d'un point de vue chimique quoi

Tableau 60 : Transcription de l'entretien correspondant aux commentaires de l'enseignante suite au visionnage de l'épisode interactionnel.

L'enseignante réagit tout de suite en identifiant le problème comme étant de savoir « si on fait des maths ou de la chimie ». Le reste de l'entretien montre que notre reconstruction de TPC s'avère être valide.

A travers ces deux exemples nous avons montré que notre méthode de reconstruction des TPC est validée par les entretiens avec l'enseignante. Ces entretiens étant très chronophages nous n'avons pu les réaliser pour l'ensemble des TPC reconstruites. Notre but était plutôt de vérifier que nous ne faisions pas fausse route.

6.3. Quelques réflexions d'ordre méthodologique

Précisons tout d'abord que la séquence comporte 134 épisodes interactionnels, et que 85 d'entre eux ont permis de reconstruire au moins une TPC c'est-à-dire 63% des épisodes interactionnels. Au-delà de ces chiffres nous cherchons dans cette partie, à partir de réflexions méthodologiques, à comprendre plus en profondeur ce processus de reconstruction.

Nous commencerons par caractériser le processus de reconstruction, en le comparant à la méthode d'attribution des mots clés aux épisodes. Ensuite nous verrons que l'interprétation du chercheur de la définition des catégories est un point important de la reconstruction. Ce point fait écho à ce qui a été dit dans l'introduction à propos de la catégorie « Stratégie ». Nous verrons que la mise en mots des TPC soulève des problèmes, liés eux aussi à la définition des catégories. Enfin nous verrons quelles caractéristiques du savoir en jeu dans les épisodes favorisent la reconstruction des TPC.

6.3.1. Caractérisation de la méthode de reconstruction

La reconstruction des TPC nécessite de donner du sens aux actions des protagonistes de la classe ; il s'agit de reconstruire « l'intrigue ». Deux approches peuvent être envisagées :

- Une approche narrative permet de rendre compte de ce qui se passe dans l'épisode. Dans ce cas l'analyse obéit à une logique « analogique » à la situation elle-même. C'est ce type d'approche qui est utilisé si l'intrigue de l'épisode est reconstruite à partir d'un récit (L'élève pose une question concernant ... L'enseignante se dirige vers le tableau ...).
- La deuxième approche consiste à affecter des mots clés à l'épisode, permettant de décrire l'intrigue cette fois-ci sous forme « digitale » (par analogie avec les 0 et 1 des systèmes numériques : soit l'épisode contient le mot clé soit il ne le contient pas). Cette approche implique comme hypothèse de départ de considérer que deux événements se produisant dans deux épisodes interactionnels différents peuvent être considérés comme appartenant à la même catégorie. Deux épisodes interactionnels différents qui sont codés à l'aide du même mot clé contiennent un événement considéré comme étant équivalent.

L'affectation des mots clés à un épisode interactionnel peut, en fonction du mot clé, relever de deux logiques :

- Soit le mot clé code un événement auquel il est possible de donner du sens à partir de l'épisode. Par exemple le type de discours est codé en regardant uniquement l'épisode interactionnel. Il est possible de faire correspondre les frontières de l'événement avec les frontières de l'épisode. Un autre exemple est le niveau de modélisation dans la réponse de l'enseignante ou la question de l'élève.
- Soit le mot clé code un événement auquel il est impossible, à partir de ce qui se passe dans l'épisode seul, de donner du sens, ou de rendre compte de cet événement. L'exemple le plus parlant est la chronogénèse. Rendre compte de la chronogénèse d'un épisode n'a pas de sens. Il faut prendre en compte la chronogénèse sur un temps plus long, pour pouvoir situer ce qui se passe dans l'épisode par rapport à l'avancée du savoir dans la classe. Ce type de mot clé correspond en quelque sorte au codage d'une analyse « narrative ».

Si l'on revient à la méthode de reconstruction des TPC, nous pouvons qualifier celle-ci d'analogique. L'attribution des mots clés, présentée dans la partie précédente, relève quant à elle d'une approche digitale. Prenons un exemple afin d'illustrer la nécessité, dans le processus de reconstruction des TPC, de prendre un point de vue analogique : Deux épisodes se voient affectés le même mot clé : l'enseignante ne répond pas tout de suite à la question de l'élève. En fonction du contexte, deux TPC différentes ont été reconstruites :

- Le premier épisode se situe dans une séance qui fait suite à une séance de TP. Le thème dans lequel se trouve l'épisode est consacré à revoir ce qui a été fait en TP. A partir du fait que l'enseignante ne répond pas tout de suite à l'élève (codé sous forme de mot clé), nous avons, en fonction du contexte, reconstruit la TPC suivante : l'enseignante ne répond pas tout de suite pour pouvoir calquer la progression du cours sur la feuille de TP.
- Le deuxième épisode se situe dans une séance où l'enseignante reprend ce qui a été vu en TP (même cas que précédemment). Le thème dans lequel se situe l'épisode est l'avant- dernier thème de la séance. Au cours du dernier thème l'enseignante va introduire un modèle particulaire de l'équilibre chimique grâce à un simulateur. L'épisode est affecté du même mot clé relatif à la chronogénèse que l'épisode décrit ci-dessus (l'enseignante ne répond pas tout de suite à la question de l'élève). La TPC reconstruite dans ce cas là est : L'enseignante ne répond pas tout de suite aux questions portant sur l'interprétation microscopique parce qu'elle désire introduire le modèle microscopique de l'équilibre chimique à l'aide d'un simulateur et reporte toutes les questions afférentes à ce modèle au moment où les élèves auront la simulation sous les yeux, ...

Cet exemple nous montre que le codage des épisodes à l'aide seulement de mots clés ne permet pas de reconstruire les TPC. Ou alors il faudrait disposer d'un nombre très important de mots clés, en espérant que ceux-ci vont permettre de décrire toutes les dimensions nécessaires à la reconstruction des TPC. L'approche analogique permet de se dispenser d'une analyse a priori des dimensions de description d'un épisode nécessaire à la reconstruction des TPC.

La reconstruction de chacune des TPC est très dépendante de la définition des catégories de TPC. Or ces catégories ont des frontières plus ou moins floues. Ainsi pour les catégories « Buts et valeurs de l'enseignement des sciences » et « Curriculum », certaines TPC sont difficiles à classer. Par exemple la TPC : les élèves n'ont pas à apprendre par cœur les constantes de réactions appartient à la fois à la catégorie curriculum, mais peut aussi être classée dans la catégorie « Buts et valeurs ». En effet il s'agit là d'une instantiation d'une

TPC plus globale qui est que le but de l'enseignement de la chimie n'est pas d'apprendre des valeurs par cœur. Dans ces cas- là nous avons choisi de retenir la TPC « Curriculum » ainsi que de reconstruire la TPC « Buts et valeurs ». En effet il s'agit bien de deux éléments de connaissances qui sont liés au même élément de savoir. Nous avons soulevé ce problème de définition et de frontière des catégories dans l'introduction de ce chapitre. Dans la partie consacrée au processus de reconstruction nous avons vu que les TPC de la catégorie « Stratégies » ont nécessité pour être reconstruites, de préciser ce qui pouvait être envisagé comme relevant de stratégies. Nous avons identifié quelques pistes, correspondant à ce que nous avons appelé des indices : la mise en jeu de registres sémiotiques, la gestuelle ...

6.3.2. Communiquer les TPC reconstruites

Le dernier problème posé par ce processus de reconstruction réside dans la communication des résultats. La première difficulté vient de ce que la reconstruction se fait à partir d'extraits vidéo. Il est impossible de décrire tout ce qui se passe dans une vidéo, ni d'en conserver la temporalité, à l'écrit. La contestation, la remise en question ou la validation, par une tierce personne, de la reconstruction d'une TPC par la seule transcription de l'épisode interactionnel reste problématique La solution à ce problème est donnée par la méthode des juges, qui consiste à demander à plusieurs personnes de coder les données en se basant sur une règle de codage commune. Les résultats du codage sont ensuite comparés. La règle de codage est validée lorsque les différences entre codages des différents participants est inférieur à un certain seuil. Nous n'avons pas appliqué la méthode des juges qui est une méthode très chronophage. Toutefois nous avons échangé, avec deux autres chercheurs, à propos des TPC reconstruites. Les trois chercheurs, après visionnage d'un épisode et prise en compte du contexte de l'épisode, ont discuté des TPC reconstruites. Cette étape nous a permis de nous assurer que la méthode de reconstruction n'est pas purement subjective, puisque les TPC reconstruites ont fait l'objet d'un consensus au sein des trois chercheurs. Notons que plus de TPC sont reconstruites lorsque les chercheurs travaillent en groupe.

La deuxième difficulté vient de ce qu'il faut mettre en mot une TPC pour pouvoir en discuter. Nous avons choisi plusieurs façons de procéder, en fonction de ce qui nous semblait rendre compte le plus fidèlement de ce que nous avions reconstruit. Nous procérons par phrases qui peuvent commencer par « l'enseignante fait ceci ... », parfois par une description de la situation, parfois la TPC est représentée par une phrase ayant une portée plutôt générale et décontextualisée.

La catégorie « Curriculum » présente une bonne homogénéité de la façon dont sont formulées les TPC, il s'agit de phrases courtes et concernant un élément de connaissance très précis, par exemple « Connaissant la formule de l'acide les élèves doivent savoir trouver la formule de la base conjuguée ».

La catégorie « Buts et valeurs », en plus de contenir le même type de phrases que les deux catégories précédentes est également constituée de TPC dont la mise en mots demande plusieurs phrases. Par exemple la TPC suivante : « Pour expliquer à la fois les différences de mesures du pH entre les élèves de la classe, la valeur de 0,8 comme taux d'avancement pour une réaction totale et que dans un DS on considère que 0,8 ne correspond pas à une réaction totale, l'enseignante admet que les expériences menées par les élèves ne sont pas précises (à cause du matériel apparemment). On peut en déduire des résultats par comparaison (0,8 est beaucoup plus grand que 0,04) ».

La catégorie « Difficultés » présente une hétérogénéité dans la formulation des TPC. Certaines TPC sont centrées sur la difficulté en jeu, comme par exemple les TPC suivantes :

« L'écriture de l'ion oxonium est problématique pour les élèves » ; « Les logarithmes sont sources de difficultés ». D'autres TPC sont centrées sur ce dont les élèves ont besoin pour comprendre la chimie comme par exemple la TPC suivante : « Les élèves ont besoin de savoir à quoi va servir K dans les exercices ». Comment expliquer ces deux types de formulations ? Pour nous il s'agit de la façon dont l'enseignante perçoit la difficulté en jeu : est-ce qu'il s'agit d'une difficulté conceptuelle ou d'une difficulté de mise en œuvre du savoir. La TPC « L'écriture de l'ion oxonium est problématique pour les élèves » se réfère à une difficulté d'ordre conceptuelle alors que la TPC « Les élèves ont besoin de savoir à quoi va servir K dans les exercices » se réfère à une difficulté liée à la mise en œuvre du savoir.

Enfin la catégorie « Stratégies » comporte de nombreuses TPC qui ont nécessité plusieurs phrases qui sont, de plus très encrées dans le contexte de l'épisode. Par exemple : « L'enseignante utilise un exemple pour montrer que K n'est pas toujours inférieur à 0. Elle prend l'équation de la réaction déjà écrite au tableau et calcul K pour la réaction inverse. Les élèves ont déjà calculé le K de la réaction directe, il suffit juste de prendre son inverse. L'enseignante reprend ce qui est déjà au tableau, même si la réaction n'est pas la plus familière aux élèves ». Ce type de TPC correspond à une démonstration, comportant une ou plusieurs étapes. D'autres TPC « Stratégies » sont formulées grâce à des phrases moins proches de la description de l'action de l'enseignante, par exemple : « L'enseignante fait référence au « flacon », objet du monde visible, lorsqu'elle parle de l'état initial, propriété du monde non visible. » Contrairement à la TPC précédente, il ne s'agit pas d'une démonstration mais de donner un sens à l'état initial en le rapprochant de ce que les élèves ont fait en TP. Alors que le premier type de TPC correspond en fait à une description d'une stratégie, le deuxième type laisse plus de place, au chercheur, à l'interprétation.

Ces différences dans la formulation des TPC révèlent également, en plus de nature de connaissances différentes au sein de chaque catégorie de TPC, l'hétérogénéité des catégories de TPC. Nous l'avons vu, la catégorie « Stratégies » est à part des autres : la définition de ce qu'est une stratégie est laissée au soin du codeur ce qui, pour nous, a entraîné des frontières floues. Cette différence apparaît aussi dans la mise en mot. La nécessité de prendre en compte, en partie, le contexte est probablement dû au fait que les TPC de cette catégorie sont moins des connaissances déclaratives, que des connaissances dans l'action. Ainsi s'il est facile de faire une liste des connaissances ayant trait au programme, cela se démontre être plus compliqué pour certaines connaissances sur les stratégies.

6.3.3. Caractéristiques du savoir en jeu dans les épisodes ayant permis de reconstruire des TPC

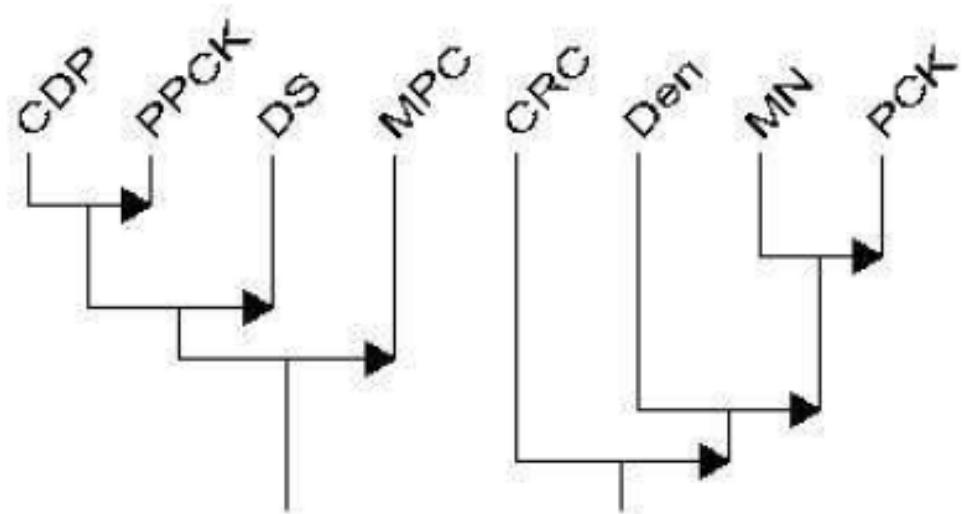
Nous partons du principe que tous les épisodes sont riches en TPC mais que certaines caractéristiques de la mise en œuvre du savoir et du niveau de modélisation du savoir en jeu peuvent aider dans le processus de reconstruction. Dans cette partie nous allons mettre en évidence les caractéristiques ayant permis de reconstruire les TPC.

La mise en évidence des caractéristiques du savoir ayant permis de reconstruire des TPC est réalisée grâce à l'analyse implicative des mots clés des épisodes. Nous cherchons d'une part les liens implicatifs entre les mots clés relatifs à la mise en œuvre du savoir et la reconstruction ou non d'une TPC ; et d'autre part les liens implicatifs entre les mots clés relatifs au niveau de modélisation du savoir en jeu dans la question de l'élève et dans la réponse de l'enseignante et la reconstruction ou non d'une TPC.

Si l'on regarde (graphe 7) l'ensemble des caractéristiques qui définissent la mise en œuvre du savoir dans la classe en fonction de la reconstruction ou non d'une TPC (le mot clé PPCK correspond à un épisode interactionnel n'ayant pas donné lieu à la reconstruction d'au moins une TPC, le mot clé PCK correspond à un épisode ayant donné lieu à au moins une TPC) nous observons que :

Les épisodes ou l'enseignante ne développe pas sa réponse (réponse par oui, ou par non) ne permettent pas de reconstruire une TPC. Ce résultat montre qu'un des facteurs important dans le processus de reconstruction est la production verbale de l'enseignante.

Une configuration de la mise en œuvre du savoir semble être propice à la reconstruction des TPC : l'enseignante utilise de nouveaux éléments du milieu, elle pose des questions aux élèves lors de l'épisode interactionnel et elle fait des rappels d'une autre classe. Cette configuration correspond à un engagement de l'enseignante dans la réponse, dans le sens où elle met en place de nouveaux éléments du milieu pour étayer sa réponse, elle guide l'avancée du savoir en posant des questions aux élèves et elle fait des rappels d'autres classes.

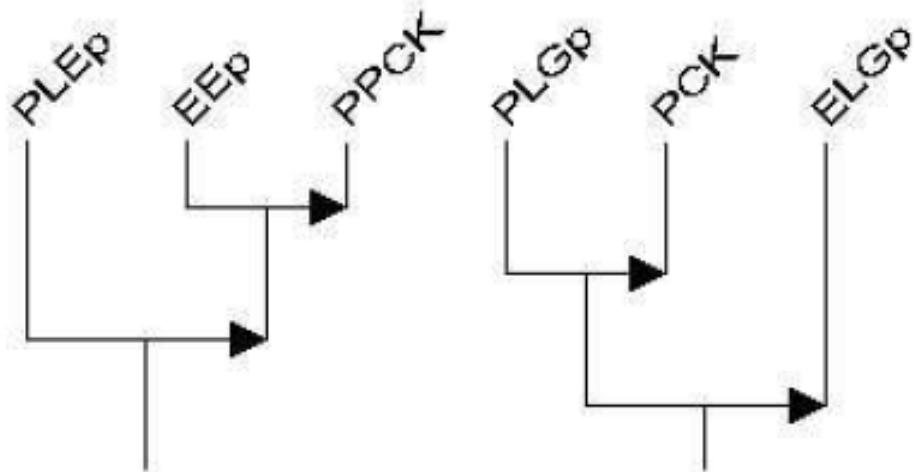


Arbre cohésif : C:\Documents and Settings\David\Bureau\CHI\

Graphe 7 : Caractéristiques de la mise en œuvre du savoir dans la classe en fonction de la reconstruction ou non d'une TPC.

En ce qui concerne le type de savoir permettant, ou non, de reconstruire des TPC (graphe 8) nous pouvons dire que :

- Les épisodes contenant des questions d'élèves où le savoir en jeu appartient au niveau des événements du monde perceptible n'ont pas permis de reconstruire de TPC. Ce type d'épisodes est caractérisé par des réponses relativement courtes de l'enseignante.
- Les épisodes contenant une réponse de l'enseignante où le savoir en jeu fait le lien entre une grandeur et une propriété du monde non-perceptible ont permis la reconstruction d'une TPC.



Arbre cohésif : C:\Documents and Settings\David\Bureau\CH

Graphe 8 : Liens entre type de savoir et reconstruction ou non de TPC.

Notre analyse des caractéristiques du savoir en fonction de la reconstruction ou non de TPC à montré que ce processus de reconstruction est très dépendant sur les actions de l'enseignante :

- Les épisodes où l'enseignante reste en retrait, c'est-à-dire où elle ne développe pas sa réponse, elle ne met pas en jeu de nouveaux éléments du milieu et où elle ne guide pas l'avancée du savoir sont peu propices à la reconstruction de TPC.
- Les épisodes où l'enseignante, au contraire, s'engage en guidant l'avancée du savoir, en introduisant de nouveaux éléments du milieu sont des épisodes propices à la reconstruction de TPC.

Le processus de reconstruction mis au point s'appuie sur l'analyse d'un seul épisode à la fois, alors que certaines TPC sont susceptibles d'apparaître dans l'observation de répétition de certains comportements. Nous présentons donc dans la partie suivante une autre façon de reconstruire des TPC à partir de caractéristiques d'un ensemble d'épisodes.

6.4. Reconstruire des TPC à partir des caractéristiques d'un ensemble d'épisodes interactionnels

Comme nous venons de le dire, donner du sens à certaines actions de l'enseignante ne peut se faire à partir de l'observation d'un seul épisode interactionnel. Certaines actions ne prennent sens que dans l'observation de la répétition de celles-ci. Notre approche consiste à regarder les liens d'implication pour l'ensemble des épisodes et l'ensemble des mots clé

affectés à ceux-ci. L'objectif est de repérer des regroupements de mots clés dont les liens d'implication peuvent s'expliquer par la mise en œuvre d'une TPC.

Le graphe 9, qui montre les liens d'implication pour l'ensemble des mots clés, permet de voir que :

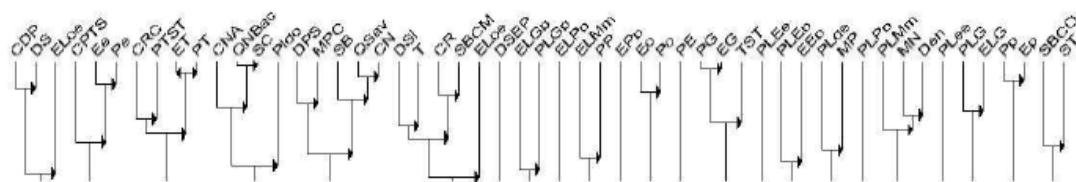
- L'enseignante ne change pas de niveau de modélisation du savoir en jeu dans sa réponse par rapport à celui en jeu dans la question de l'élève. Le graphe 10 montre, plus en détail, les liens entre le niveau de modélisation du savoir en jeu dans la question de l'élève et dans la réponse de l'enseignante. La seule exception est : « Lorsque le savoir dans la question de l'élève concerne le lien entre le monde perceptible et le monde non-perceptible, alors le savoir dans la réponse de l'enseignante concerne une propriété du monde perceptible », mais ce cas ne se produit qu'une seule fois

Le savoir n'est pas mis en œuvre de la même façon en fonction des systèmes d'activité en jeu dans l'épisode. Ainsi lorsqu'il y a plusieurs sollicitations d'élèves et que l'enseignante n'introduit pas de nouveaux éléments du milieu alors le système Bac est seul en jeu (deux épisodes vérifient ce cas). Lorsque l'enseignante fait un lien entre un savoir nouveau et ancien alors le système Chimie seul est en jeu (onze épisodes vérifient ce lien). Enfin lorsque l'enseignante fait des rappels et que le discours de l'épisode est composé de sollicitations d'élèves suivies d'une information de l'enseignante alors les systèmes Bac et Chimie vont dans le même sens (trois épisodes vérifient ce lien). Remarquons qu'à une conformation de système d'activité (système Bac, Chimie, ou les deux en opposition ou dans le même sens) en jeu ne correspond pas une mise en œuvre du savoir, alors que l'inverse est vérifié.

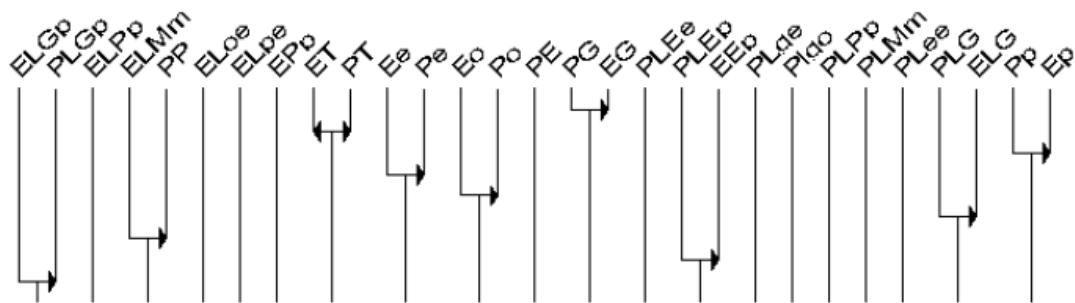
Enfin le troisième point que nous dégageons du graphe 10 est que la mise en œuvre du savoir est liée, généralement, au niveau de modélisation du savoir en jeu. Cette relation est orientée : pour une conformation du savoir en jeu, un niveau de modélisation du savoir est en jeu. Les deux seules exceptions sont :

Lorsque l'enseignante fait un lien entre une grandeur et un événement du monde non-perceptible alors l'enseignante utilise des éléments du milieu mis en place précédemment.

Lorsque l'enseignante fait le lien entre le monde perceptible et le monde non-perceptible. Le nombre d'épisode où l'enseignante fait ce lien est très faible.



Graphe 9 : Liens d'implication pour l'ensemble des mots clés affectés aux épisodes interactionnels



Graphe 10 : Liens d'implication entre les mots clés relatifs au niveau de modélisation dans la question de l'élève et dans la réponse de l'enseignante.

Les TPC que nous proposons, en vue des graphes 9 et 10, sont :

- L'enseignante répond, généralement, en conservant le même niveau de modélisation du savoir que celui dans la question de l'élève. Il s'agit d'une TPC de la catégorie « Stratégies ».
- La deuxième TPC que nous pouvons reconstruire concerne la façon dont l'enseignante gère les deux systèmes d'activité. Lorsque le système Bac est en jeu dans l'épisode, l'enseignante est en retrait, elle laisse aux élèves le soin de faire avancer le savoir. Lorsque le système Chimie est en jeu, seul ou avec le système Bac, l'enseignante fait avancer le savoir, fait des liens entre des savoirs nouveaux et anciens etc. Elle occupe une position beaucoup plus « active ». La TPC reconstruite appartient à la catégorie « Buts et valeurs », et concerne ce qu'est l'objectif de l'enseignement de la chimie en Terminale : d'une part préparer au Bac, mais surtout que les élèves apprennent la chimie.
- Enfin la troisième TPC reconstruite est de la catégorie « Stratégies » : le niveau de modélisation du savoir en jeu influe sur la façon dont l'enseignante met en œuvre le savoir. Elle s'adapte donc au type de savoir. Certaines conformations de la mise en œuvre du savoir sont utilisées pour certains types de savoir.

Cette technique de reconstruction offre l'avantage de présenter un autre point de vue sur le corpus : il ne s'agit plus, à partir d'un épisode précis de reconstruire une TPC par induction mais plutôt, à partir de patrons de comportement d'en déduire une TPC.

Nous avons vu dans ce chapitre l'explicitation de notre méthode de reconstruction. Le premier processus de reconstruction s'appuie sur l'analyse d'un seul épisode interactionnel, la liste des TPC reconstruite ainsi est donnée dans le tableau 61. En prenant un peu de recul par rapport à cette méthode nous avons dégagé plusieurs points d'ordre méthodologique : premièrement il s'agit d'une approche différente de celle utilisée pour le codage des épisodes. Dans le cas des TPC il s'agit d'une approche analogique, alors que dans le cas des épisodes l'approche est digitale. Deuxièmement nous avons vu que les catégories de TPC sont très influentes sur le processus de reconstruction, que ce soit la délimitation des frontières ou de ce que les catégories contiennent ou pas. Ce problème de la définition des catégories se retrouve dans la mise en mots des TPC, il en ressort que la catégorie « Stratégies » se distingue par rapport aux catégories « Difficultés » et « Curriculum ». Le deuxième processus de reconstruction s'appuie sur des ensembles d'épisodes. Nos données ne nous ont permis de reconstruire seulement trois TPC par ce processus, mais il nous semble qu'il s'agit d'une approche intéressante dans le sens où elle offre une autre

lecture du corpus, et ainsi de reconstruire des TPC qu'il n'est pas possible de reconstruire par la première approche.

Tableau 61 : Liste des TPC reconstruites directement à partir des épisodes.

Difficultés
Les élèves ont besoin de faire le passage du monde des théories au monde non perceptible pour donner du sens aux concepts
Les élèves ne différencient pas les états de la réaction facilement
Les élèves éprouvent des difficultés à différencier les grandeurs extensives des grandeurs intensives
Les élèves ont besoin de savoir à quoi vont servir les grandeurs qu'ils étudient en classe pour les comprendre
Le fait que l'atome d'hydrogène qui a perdu son électron soit nommé proton induit une confusion entre réaction nucléaire et réaction chimique.
L'écriture de l'ion oxonium est problématique pour les élèves
Le terme de solvaté est problématique pour les élèves
Les élèves ont besoin de savoir à quoi va servir K dans les exercices
La prise en compte des coefficients stœchiométriques dans le calcul de la valeur de K pose problème aux élèves
Les élèves oublient que la constante d'équilibre s'écrit à l'état final
Les élèves éprouvent des difficultés à comprendre une relation mathématique lorsque celle-ci n'est pas écrite au tableau
Il est plus simple pour les élèves d'identifier des cas (exercices type ?) et de savoir quelles formules peuvent être appliquées en fonction de ces cas.
Les élèves ont du mal avec les inégalités
Les logarithmes sont sources de difficultés
Les élèves pensent que le pH d'une solution ne peut être supérieur à 14
Stratégies
Pour savoir si une réaction est totale ou non sans avoir calculé le taux d'avancement final, les élèves peuvent regarder la valeur de K, si K est grand alors la réaction est totale
L'équation de la réaction est un représentant qui lie les concepts (produits, équilibre) qui aide les élèves à comprendre.
L'enseignante définit deux concepts (différencie deux concepts ?) par rapport aux concepts auxquels ils sont reliés/qu'ils caractérisent (pH à la solution, pK_a au couple)
Montrer qu'un proton peut être considéré comme un ion H^+ en utilisant l'écriture symbolique de l'atome H ainsi que le numéro atomique et le nombre de masse.
Pour montrer que la particule H^+ est bien une espèce chimique dans le cadre d'une réaction acido-basique, l'enseignante décrit la façon dont réagit cette particule.
Pour justifier l'emploi du terme de proton pour la particule H^+ au sein d'une réaction acido-basique, même si cette particule ne se comporte pas comme un proton, l'enseignante dit aux élèves que ce terme se rencontre dans leur manuel
L'élève fait une erreur sur l'espèce qui réagit avec H_3O^+ . L'enseignante pointe la réaction de l'équilibre écrite au tableau pour faire voir son erreur à l'élève. Elle montre ainsi comment lire l'équation.
Dans un exercice pour savoir s'il s'agit d'un équilibre il faut regarder l'énoncé. Il s'agit de jouer sur le contrat didactique. L'enseignante apprend aux élèves à jouer sur le contrat.
L'enseignante utilise le simulateur pour introduire la modélisation de l'équilibre chimique.
L'enseignante construit une ébauche de tableau d'avancement au tableau pour montrer aux élèves que quand taux est égal à 0,5 il y a autant de réactifs que de produits.
Faire référence au « flacon », objet du monde visible, lorsqu'elle parle de l'état initial, propriété du monde non visible.
L'enseignante utilise l'équation de la réaction chimique pour montrer d'une part les relations entre les espèces dans la solution, et d'autre part pour montrer que la dissociation de l'acide se fait sous le sens strict Commons : Paternité-Pas de Modification 2.0 France (http://creativecommons.org/licenses/by-nd/2.0/fr/) - CROSS David, Université Lyon 2, 2009
L'enseignante fait remarquer aux élèves que les réactions totales qu'ils ont vues jusqu'à présent sont un cas particulier d'équilibre (dont le taux vaut 1). Elle intègre ce que les élèves ont vu auparavant à ce qu'ils sont en train de voir.
Pour montrer à partir de la modélisation que taux permet de caractériser l'équilibre, l'enseignante construit un tableau, fonctionnant comme un tableau d'avancement, à partir des

pourcentages de particules à l'état d'équilibre. Ce tableau permet à l'enseignante de montrer que, si on assimile le nombre de moles à des pourcentages, taux permet de caractériser la réaction.

Pour montrer qu'un acide AH n'est pas solide en solution l'enseignante prend le cas où AH serait pur, même dans ce cas là AH serait liquide. Implicitement elle dit aux élèves que si un produit pur est liquide alors ce produit dilué l'est d'autant plus.

Associer la constante d'équilibre à une équation de réaction aide les élèves à faire la différence entre Taux (dépendant des conditions initiales) et K.

Pour bien montrer qu'à chaque réaction correspond une constante l'enseignante utilise une liste du livre.

L'enseignante rappelle aux élèves qu'ils savent à quoi sert Taux. Elle cherche à définir K par rapport à Taux. Elle s'appuie sur une grandeur qui caractérise une réaction pour en définir une autre. Ceci aide les élèves à définir en procédant par rapprochement ou différenciation par rapport à une grandeur

Lorsque l'on cherche à passer de nombres de moles à des concentrations, à partir d'un tableau d'avancement, si l'on choisit un volume V égal à 1 litre de solution, la quantité de matière est égale à la concentration pour ce volume

Définir une grandeur en comparant ses propriétés par rapport aux propriétés d'une autre grandeur.

L'enseignante utilise un exemple pour montrer que K n'est pas toujours inférieur à 0. Elle prend l'équation de la réaction déjà écrite au tableau et calcule K pour la réaction inverse. Les élèves ont déjà calculé le K de la réaction directe, il suffit juste de prendre son inverse. L'enseignante reprend ce qui est déjà au tableau, même si la réaction n'est pas la plus familière aux élèves.

L'enseignante se sert du tableau d'avancement déjà présent au tableau. Elle écrit l'avancement pour une réaction totale. Elle cherche à montrer aux élèves que si la réaction est totale la quantité de AH sera égale à 0, la quantité de AH peut aussi s'écrire $n \cdot X_{\text{max}}$, donc $n \cdot X_{\text{max}}$ est égale à 0 donc n est égal à X_{max} . X_{max}/V est donc égal à n/V donc à la concentration en soluté apporté.

Le tableau d'avancement est le support privilégié pour parler des quantités de matière, et illustrer la conservation de la matière.

L'élève répond que X_{max} est la concentration. L'enseignante le reprend tout de suite en lui faisant remarquer que cette réponse ne peut pas être bonne puisqu'elle n'est pas homogène. Elle se sert de l'analyse dimensionnelle pour justifier la non-acceptation de la réponse.

L'enseignante pointe du doigt les représentants des concepts auxquels elle fait allusion

Pour différencier les différentes constantes que la classe a abordé dans cette séquence l'enseignante reprend toutes les étapes du cours qu'ils ont vu jusqu'à présent. Elle reprend l'histoire de l'avancée du savoir dans la classe.

L'enseignante écrit l'équation inverse et applique les définitions pour démontrer que le sens dans lequel on écrit l'équation change K.

Structurer le calcul, passer par des étapes (calcule de C,...) permet aux élèves de ne rien oublier.

Utiliser le tableau d'avancement pour différencier l'état final de l'état initial et comme représentant des liens entre concepts.

Pour parler des réactifs avant réaction l'enseignante parle de ce qu'il y a dans le flacon. Cela évite d'aborder le problème des réactifs et produits dans un équilibre (distinction réactifs / réactants). Il y a du coup les réactifs avant mise en solution dans le flacon (concentration en soluté apporté) et les réactifs après mise en solution (concentration en réactif finale)

Pour montrer que le point d'intersection entre les deux courbes du diagramme de prédominance ne se coupent pas à pH égal 7, l'enseignante établit la relation entre pH et pK_a

pour pouvoir montrer que quand pH égal pK_a les concentrations en forme acide et basique à l'état final sont égales. Les deux courbes se croisent au point pH égal pK_a .

Explicitier des termes du contrat permet de répondre à des questions d'élèves qui nécessiteraient, autrement, des connaissances en chimie trop complexes

L'enseignante justifie que le sens d'écriture de l'équation de la réaction a une importance en disant que K ne s'écrierait pas de la même manière si le sens d'écriture n'est pas le même. Ceci évite de parler de sens direct et inverse, de faire une différence entre réactants et réactifs. L'enseignante définit les propriétés de l'équilibre par rapport à K .

Pour prouver le résultat d'une démonstration mathématique l'enseignante se sert d'un exemple.

Le tableau d'avancement sert à représenter l'évolution des quantités de matière des différentes espèces. L'enseignante montre aux élèves comment lire l'information dans ce tableau.

L'enseignante associe le pK_a au diagramme de prédominance pour donner du sens au pK_a

Donner un sens de lecture à la courbe de titrage en fonction de la chronologie de l'expérience qui a permis d'obtenir cette courbe.

Les résultats intermédiaires dans un calcul ne sont pas remis en question, on s'appuie sur eux pour la suite.

L'enseignante enseigne une technique pour que les élèves ne se trompent pas dans l'ordre d'écriture des constantes et puissent les reconnaître facilement.

En connaissant la constante de réaction écrite dans l'autre sens, déterminer la constante d'équilibre permet de savoir si la réaction est totale.

Utiliser le schéma du dosage permet de faire le point sur les informations dont on dispose.

Pour dire que le pH se mesure à l'état final et correspond à un certain état du système l'enseignante dit que le pH est associé à la solution.

L'enseignante se sert de l'ensemble des différentes représentations au tableau lorsqu'elle explique aux élèves : le couple acide-base, le diagramme de prédominance et l'équation de la réaction. Toutes ces écritures montrent que le comportement d'un acide est lié à celui de sa base conjuguée, on retrouve cette idée dans ses gestes.

Les gestes de l'enseignante : elle mime les vases communicants pour montrer que l'on ne peut pas savoir les proportions des espèces acides ou basiques à partir d'un diagramme de prédominance mais on peut dire s'il y en a une qui prédomine

Buts et valeurs

L'enseignante montre un fonctionnement de la science ou les valeurs théoriques sont prépondérantes sur les valeurs expérimentales : l'expérience ne vient pas remettre en cause la théorie

Pour expliquer à la fois les différences de mesures du pH entre les élèves de la classe, la valeur de 0,8 comme taux d'avancement pour une réaction totale et que dans un DS on considère que 0,8 ne correspond pas à une réaction totale, l'enseignante admet que les

expériences menées par les élèves ne sont pas précises (dû au matériel apparemment). On peut en déduire des résultats par comparaison (0,8 est beaucoup plus grand que 0,04).

Montrer comment marche la science fait partie de l'enseignement des sciences, et permet de mieux comprendre la science.

Apprendre aux élèves le rôle du résultat expérimental en science fait partie de l'apprentissage de la science

Elle assume que sa justification est d'ordre théorique.

L'apprentissage de la chimie comporte une part d'apprentissage par cœur de certaines valeurs. Alors que d'autres valeurs n'ont pas besoin d'être apprises par cœur.

L'homogénéité d'une relation est très importante en science

L'enseignante justifie sa réponse en faisant appel à l'analyse dimensionnelle

Expliquer aux élèves les conventions (pourquoi elles ont été adoptées etc.).

L'enseignante interprète le contrat pour justifier sa réponse et montrer aux élèves comment certains termes du contrat peuvent servir à donner des indices

Curriculum

Montrer comment marche la science fait partie de l'enseignement des sciences, et permet de mieux comprendre la science.

Dire clairement aux élèves qu'ils n'ont pas à apprendre les valeurs des constantes d'équilibre. Il n'est pas utile de les apprendre pour : le Bac, les DS et comprendre le cours/ réussir les exercices.

La réponse attendue à la question : établir un tableau d'avancement est de remplir le tableau sans données chiffrées

Les élèves doivent savoir lister, lors d'une analyse par conductimétrie, tous les ions spectateurs

Lorsque la question est : donner la demi-équation de réaction d'un acide, les élèves n'ont pas besoin d'écrire le couple acide-base au préalable.

L'ordre d'écriture des ions n'est pas évalué au Bac, mais participe à comprendre la chimie

Les élèves doivent savoir que le chlore est dangereux, même si ça n'est pas demandé pour l'épreuve du Bac.

Les élèves n'ont pas à savoir le nom des couples pour faire de la chimie / répondre en examen

Les élèves n'ont pas besoin de connaître les valeurs des pK_a

Connaissant l'acide les élèves doivent savoir trouver la base conjuguée.

Chapitre 7 : Mise en œuvre des TPC et reconstruction de PCK

Dans ce chapitre nous allons présenter l'analyse des TPC reconstruites. Nous présenterons tout d'abord une vue d'ensemble des TPC mises en œuvre par l'enseignante dans la séquence. Puis pour chaque catégorie de TPC, nous regarderons, leur distribution par rapport à l'avancée du savoir dans la classe, grâce au découpage en thèmes. Nous regarderons ensuite les liens d'implication entre les catégories de TPC et la mise en œuvre du savoir ou le niveau de modélisation du savoir afin de voir s'il est possible de caractériser les épisodes en fonction des catégories de TPC. Enfin, pour terminer nous aborderons la façon dont les PCK peuvent être reconstruite à partir des TPC.

7.1. Mise en œuvre des TPC

Dans cette partie nous verrons d'abord comment les TPC se répartissent dans la séquence puis comment elles sont mises en œuvre par l'enseignante. Nous verrons ensuite, pour chaque catégorie de TPC, comment celles-ci se répartissent en fonction de l'avancée du savoir dans la classe, et quelles sont les caractéristiques du savoir en jeu dans les épisodes interactionnels où une ou plusieurs TPC sont mises en œuvre.

7.1.1. Vue globale des TPC mises en œuvre dans la séquence

Au total nous avons reconstruit cent deux TPC, soixante et une TPC « Stratégies », vingt TPC « Difficultés », huit TPC « Curriculum », quatorze TPC « Buts et valeurs » et enfin aucune de la catégorie « Évaluation ».

La figure 15 montre l'ensemble des épisodes interactionnels et ceux ayant permis la reconstruction d'au moins une TPC en fonction du découpage en thèmes.

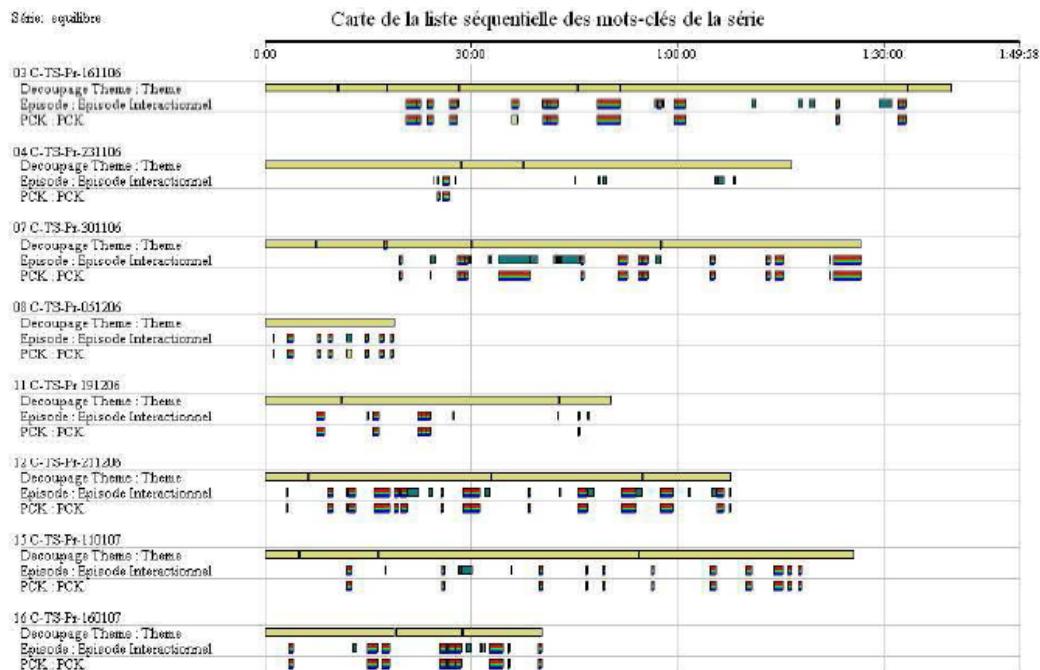


Figure 15 : Ensemble des épisodes interactionnels dont ceux ayant permis la reconstruction d'au moins une TPC en fonction du découpage en thèmes. La première ligne, pour chaque séance, correspond au découpage en thèmes, la deuxième aux épisodes interactionnels et enfin la troisième aux épisodes interactionnels ayant donné lieu à la reconstruction d'au moins une TPC.

Rappelons que nous ne reconstruisons des TPC qu'à partir d'épisodes interactionnels. La distribution des TPC en fonction des thèmes dépend donc de la distribution de ces épisodes. La figure 15 nous montre que la distribution de ces épisodes ne présente pas de configuration particulière. De la même façon, la distribution des épisodes n'ayant pas permis de reconstruire de TPC ne présente pas de configuration particulière. La seule exception étant la séance 04, comportant peu d'épisodes interactionnels. Le savoir en jeu dans cette séance ne présente pas de particularité par rapport au savoir en jeu dans les autres séances. Il nous est donc difficile d'expliquer pourquoi cette séance ne présente que peu d'épisodes interactionnels.

La figure 15 montre que la plupart des épisodes interactionnels, quelle que soit la séance et quel que soit le thème, ont permis la reconstruction d'au moins une TPC.

Le tableau 62 montre, pour chaque thème, le nombre de TPC en fonction du type de connaissances (connaissances sur les stratégies d'enseignement, sur les difficultés des élèves, sur le curriculum et sur les buts et valeurs de l'enseignement scientifique) ainsi que de son caractère global ou local. Ce tableau permet d'avoir une vue globale sur les TPC mises en œuvre dans l'enseignement. Il permet également de voir les types de TPC mises en œuvre en fonction de l'avancée du savoir dans la classe et ceci grâce au découpage en thèmes. Rappelons que les séances 01, 02, 05, 06, 09, 10, 13 et 14 correspondent à des séances de TP. Elles n'ont pas été analysées dans ce travail.

Tableau 62 : Nombre de TPC pour chaque thème en fonction de sa spécificité par rapport au savoir (Glo : Global, Loc : Local) et du type de connaissances (Str : connaissances sur les stratégies d'enseignement, Dif : connaissances sur les difficultés des élèves, Cur : connaissances sur le curriculum, But : connaissances sur les buts et valeurs de l'enseignement des sciences).

Séance	Thème	Str	Dif	Cur	But	Glo	Loc
03	T 01 pH et concentration en H_3O^+	0	0	0	0	0	0
	T 02 Mesure du pH	0	0	0	0	0	0
	T 03 Acide base et réaction acido-basique	2	4	0	0	0	5
	T 04 Tableau d'avancement et taux d'avancement	3	0	0	1	1	3
	T 05 Concentration en soluté apporte	0	1	0	0	0	1
	T 06 Taux d'avancement	4	0	0	1	4	1
	T 07 Modèle microscopique	0	0	0	0	0	0
Total		9	5	0	2	5	10
04	T 01 Suite du modèle microscopique	1	0	0	1	1	1
	T 02 pH d'une solution obtenue par dissolution d'un gaz	0	0	0	0	0	0
	T 03 Réaction totale ou non d'une solution saturée connaissant le pH	0	0	0	0	0	0
Total		1	0	0	1	1	1
07	T 01 Rappel de conductimétrie	0	0	0	0	0	0
	T 02 Des mesures de conductimétrie aux concentrations en ions	0	0	0	0	0	0
	T 03 Q_r , Q_{req} , K	4	1	1	1	2	5
	T 04 Détermination de K par pH-métrie	5	0	1	0	3	3
	T 05 Détermination de K par conductimétrie	6	1	1	1	4	4
Total		15	2	3	2	9	12
08	T 01 Détermination du pH connaissant K et le degré d'acidité	1	2	2	2	3	4
Total		1	2	2	2	3	4
11	T 01 Concentration en Ind- et Hind par spectro	1	0	0	0	0	1
	T 02 Diagramme de distribution	4	1	0	0	3	2
	T 03 Autoprotolyse de l'eau et K_e	0	0	1	0	0	1
Total		5	1	1	0	3	4
12	T 01 Rappel sur K_a et pK_a	1	0	0	0	0	1
	T 02 K_e et pK_e	6	4	0	0	7	3
	T 03 Calcul de Taux et classement en fonction de leur pK_a pour trois acides	3	1	0	2	4	2
	T 04 pH connaissant concentration finale en OH^- et espèces prédominantes connaissant le pH	1	1	0	2	2	2
Total		11	7	0	2	13	8
15	T 01 Rappels K , K_a , K_e et pK_a	0	0	0	0	0	0
	T 02 Rappels titrage pH-métrique	1	0	0	0	1	0
	T 03 Dosage colorimétrique du Destop en classe	3	0	0	2	5	0
	T 04 Relation entre Taux et K pour trois acides	4	1	1	2	3	4
Total		8	1	1	4	9	4
16	T 01 Dosage conductimétrique d'un acide par une base	4	0	0	0	1	3
	T 02 Étude de l'équilibre acide propanoïque et eau	5	0	1	1	3	4
	T 03 Étude de l'équilibre acide propanoïque eau et soude	2	1	0	0	0	3
Total		11	1	1	1	4	10
Total sur la séquence		61	19	8	14	47	53

Si l'on regarde sur l'ensemble de la séquence : sur les cent deux TPC reconstruites, la majorité des TPC sont de type « connaissances sur les stratégies d'enseignement ». La répartition entre TPC locales et globales est bien équilibrée. La différence comptable (TPC locale plus globale est égale à 100) vient de ce que certaines TPC n'ont pu être qualifiées de globale ou locale. En ce qui concerne le nombre de TPC, la situation est différente du point de vue de la séance ou du point de vue du thème : pour chaque séance, les TPC sont bien réparties ; au niveau des thèmes, la répartition des TPC est contrastée. Certains thèmes sont riches en TPC alors que d'autres n'en contiennent pas. Encore un fois il faut chercher l'explication dans la répartition des épisodes interactionnels (figure 16).

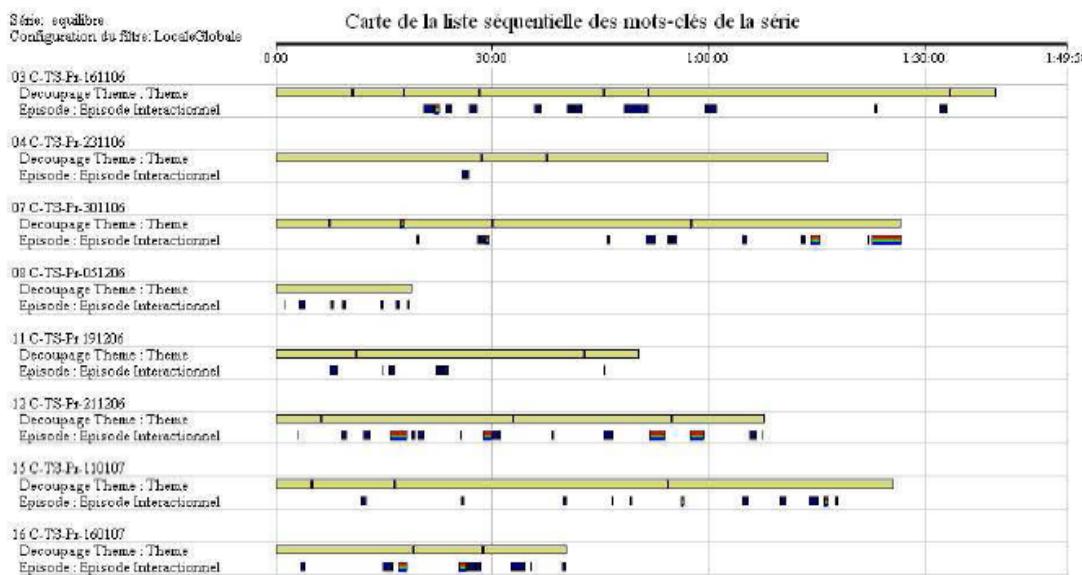


Figure 16 : Répartition des épisodes interactionnels en fonction des séances et du découpage en thème. L'axe horizontal représente le temps. Pour chaque séance la première ligne représente le découpage en thème, la deuxième ligne représente les épisodes interactionnels.

7.1.2. Répartition des TPC en fonction de leur caractère global ou local

La répartition des TPC locales et globales est montrée dans la figure 17.

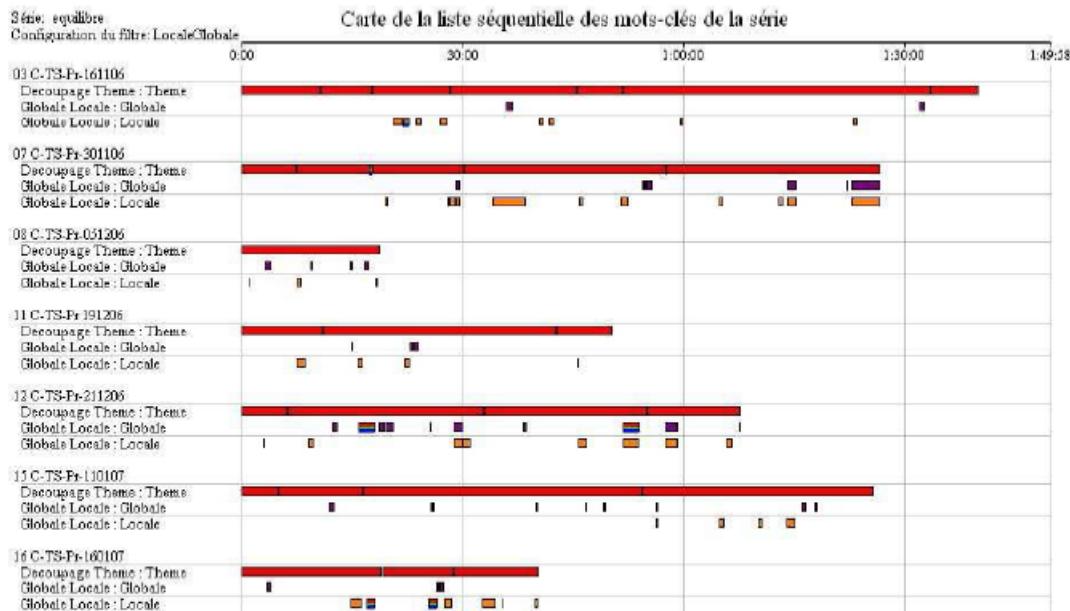
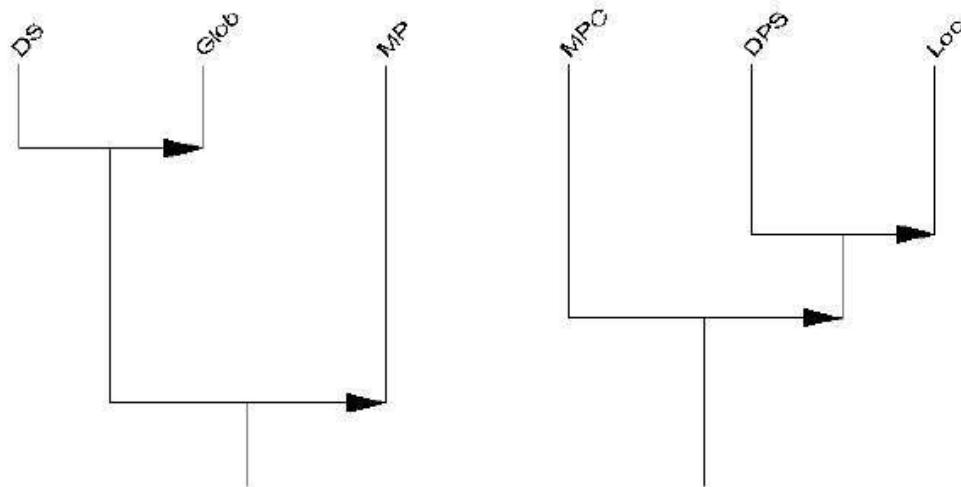


Figure 17 : Caractère global ou local des TPC en fonction des séances et du découpage en thèmes. Pour chaque séance la première ligne correspond au découpage en thème, la deuxième au TPC globales et la troisième au TPC locales.

Les thèmes 3 des séances 03, 07 et 16 contiennent en majorité des TPC locales. Les thèmes 2 de la séance 12 et 3 de la séance 15 contiennent quand à eux une majorité de TPC globales. Les autres thèmes contiennent pratiquement autant de TPC locales et globales. La majorité des thèmes comporte des TPC locales et globales. Regardons maintenant, au niveau de l'épisode, s'il existe une ou plusieurs caractéristiques de la mise en œuvre du savoir qui sont liées au caractère global ou local des TPC. Nous cherchons à différencier les épisodes interactionnels où des TPC locales sont mises en œuvre de ceux où des TPC globales sont mises en œuvre. Une façon de caractériser ces épisodes est de regarder comment le savoir est mis en œuvre dans ceux-ci. Le graphe 11 est le graphe cohésif entre les mots clés relatifs à la mise en œuvre du savoir et le caractère local ou global des TPC. La correspondance entre les symboles utilisés dans les graphes d'implication et les mots clés est donnée dans l'annexe II.



Arbre cohésif : C:\Documents and Settings\David\Bureau\CHIC 3.5 à France\PCK.csv

Graphe 11 : graphe cohésif entre les mots clés relatifs à la mise en œuvre du savoir et le caractère local ou global des TPC. (Glob : globale, Loc : locale, DS : une seule sollicitation d'élève, DPS : plusieurs sollicitation d'élève, MP : éléments du milieu déjà introduits dans le thème précédent, MPC : pas de changement dans le milieu).

Si l'on regarde le premier regroupement (à gauche), le mot clé « une seule sollicitation » (DS) implique le mot clé TPC globale (Glob). Ainsi les épisodes où il n'y a qu'une seule sollicitation d'élève favorisent la mise en œuvre de TPC globale. Cette implication crée une nouvelle classe d'épisodes (les épisodes où il n'y a qu'une seule sollicitation d'élève et où une TPC globale est mise en œuvre) qui est elle-même liée au mot clé « utilisation d'éléments du milieu mis en place dans un thème précédent » (MP). Le sens que nous donnons à ces relations d'implication est le suivant : lorsqu'il n'y a qu'une sollicitation d'élève, l'enseignante se contente de répondre aux élèves, elle ne guide pas l'avancée du savoir c'est à dire qu'elle se contente de répondre à la question de l'élève sans poser elle-même des questions aux élèves. De plus sa réponse convient aux élèves, puisqu'ils ne demandent pas de précision. L'enseignante répond en s'appuyant sur des éléments du milieu précédent. Ce qui veut dire que ces éléments sont disponibles pour l'enseignante (puisque la plupart du temps encore écrits au tableau). Nous donnons un exemple d'un épisode interactionnel où l'enseignante utilise un élément du milieu précédent, l'échange est constitué d'une seule sollicitation d'élève et où la TPC est globale.

Tableau 63 : Transcription d'un épisode où l'enseignante utilise un élément du milieu précédent, l'échange est constitué d'une seule sollicitation d'élève et où la TPC est globale.

E	Il sert à quoi en fait heu K
P	Alors à quoi sert K /alors taux on a compris à quoi ça servait K bah en fait donc K on a dit c'est indépendant / d'état initial ça veut dire si on a la transformation on connaît la valeur de K / et K ça relie les concentrations à l'état final / donc ça va nous permettre aussi de revenir à taux

Dans cet épisode l'enseignante interprète la question de l'élève comme étant « comment va-t-on utiliser K dans les exercices ? ». La TPC que nous avons reconstruit est « Les élèves ont besoin de savoir à quoi va servir K dans les exercices ». Cette TPC est liée à l'objet de savoir « constante d'équilibre » qui est un gros élément de savoir. Cette TPC est donc globale. Lorsqu'elle répond l'enseignante pointe du doigt au tableau l'équation de la réaction chimique dans laquelle est inscrite la représentation des espèces participant à la réaction chimique, et donc intervenant dans l'expression de la constante d'équilibre (K). Elle point ensuite du doigt l'expression du taux d'avancement.

Le deuxième regroupement montre que les épisodes qui contiennent plusieurs sollicitations d'élève sont propices à la mise en œuvre de TPC locales. L'utilisation de TPC locales en lien avec plusieurs sollicitations d'élève est favorisée par un milieu n'incorporant pas d'éléments nouveaux par rapport à celui en jeu dans le thème. Lorsque les élèves demandent des précisions à l'enseignante, qu'ils veulent plus d'explications, ou d'informations (plusieurs sollicitations d'élèves) alors l'enseignante utilise des TPC liées à de petits éléments de savoir. Nous montrons un exemple (tableau 64).

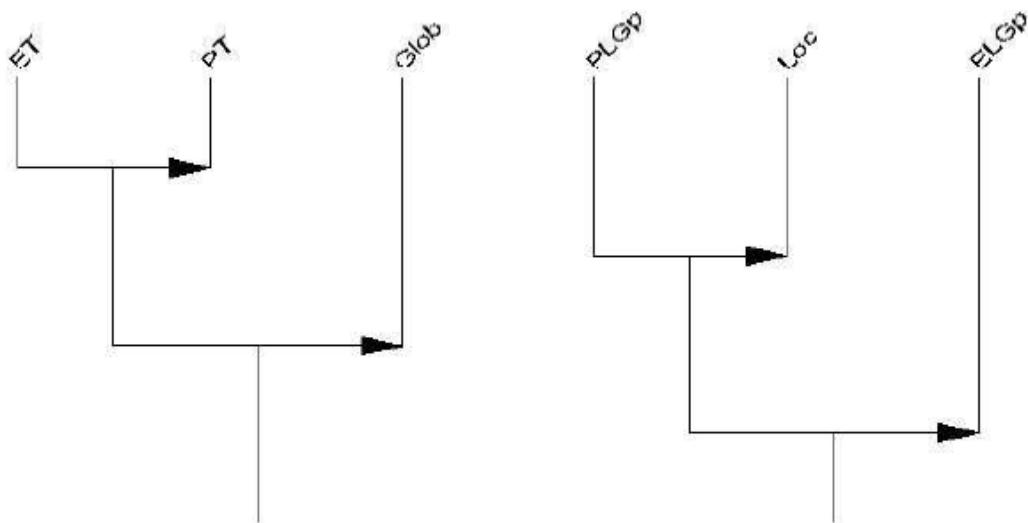
Tableau 64 : Transcription d'un épisode où l'échange est de type plusieurs sollicitations d'élèves et la TPC reconstruite est locale.

E	madame si ça avait été la forme basique qui avait prédominée
P	oui
E	est ce qu'on aurait pu dire que la forme acide elle était totalement dissociée
P	alors heu totalement pas forcement ça dépend ou on est par rapport au pK_a / on peut pas
E	on fait comment alors (...) ça prouve pas forcement qu'il y a plus du tout de d'acide /
P	non on sait seulement qu'il y a une majorité d'acide ça veut dire quand même que l'équilibre est déplacé mais on peut pas conclure pour savoir si c'est complètement ou pas il faut arriver à calculer Taux / donc ça va nous donner une information si on est à 50 50 c'est pH égale pK_a si on est au dessus on sait qu'il y a plus de base ça veut pas dire que tout est sous forme basique ici on a pas dit tout est sous forme acide / on a dis il reste de l'acide en solution et même il reste majoritairement de l'acide en solution

La TPC reconstruite à partir de cet épisode est « l'enseignante mime les vases communiquant pour montrer que l'on ne peut pas savoir les proportions des espèces acides ou basiques à partir d'un diagramme de prédominance mais on peut dire s'il y a en a une qui prédomine ». Cette TPC est mise en œuvre à la fin de l'épisode interactionnel.

Ainsi, il apparaît que l'utilisation de TPC locales ou globales est liée à la fois au type de discours, que nous relions à la position des protagonistes par rapport à l'avancée du savoir, et au milieu. L'aspect chronogénétique n'intervient pas. De plus notre interprétation du graphe 11 est que l'enseignante utilise des TPC globales si les élèves ne demandent pas des explications détaillées, et des TPC locales lorsque les élèves veulent plus d'explications. Ainsi dans les deux exemples présentés ci-dessus, la différence du point de vue de l'attente des élèves est bien perceptible : alors que dans le premier exemple la réponse de l'enseignante convient à l'élève, dans le deuxième exemple les élèves demandent des précisions, jusqu'à ce qu'ils soient satisfaits par la réponse de l'enseignante.

Nous regardons à présent les liens entre niveau de modélisation du savoir en jeu et le caractère global ou local des TPC mises en œuvre. Le graphe 12 est le graphe cohésif des mots clés concernés.



Arbre cohésif : C:\Documents and Settings\David\Bureau\CHIC 3.5 à France\PCK.csv

Graphe 12 : Graphe cohésif entre les mots clés relatifs aux niveaux de modélisation du savoir en jeu dans la question de l'élève et dans la réponse de l'enseignante et la caractéristique locale ou globale des TPC. (ET : le savoir en jeu dans la question de l'élève est du niveau théorique ; PT : le savoir en jeu dans la réponse de l'enseignante est du niveau théorique ; Glob : la TPC est globale ; PLGp : le savoir dans la réponse de l'enseignante fait le lien entre une grandeur et une propriété du monde non-perceptible ; ELGp : le savoir dans la question de l'élève fait le lien entre une grandeur et une propriété du monde non-perceptible ; Loc : la TPC est locale).

Le premier regroupement montre d'une part que le niveau de modélisation du savoir dans la réponse de l'enseignante est lié au niveau de modélisation du savoir dans la question de l'élève. D'autre part que généralement les épisodes mettant en jeu ce type de savoir favorisent l'utilisation de TPC globales. Dans ce regroupement le niveau de modélisation est le niveau théorique.

Le deuxième regroupement montre quand à lui que les épisodes dont les réponses de l'enseignante concernant les liens entre grandeurs et propriétés du monde non-perceptible contiennent des TPC locales. Ces épisodes sont eux-mêmes liés aux questions des élèves dont le savoir en jeu fait le lien entre une grandeur et une propriété du monde non-perceptible.

Ces résultats sont cohérents avec les définitions des TPC locales et globales. Une TPC locale est liée à un petit élément de savoir. Le lien entre une grandeur et une propriété peut être caractérisé comme étant un élément de savoir relativement petit. Il n'est donc pas surprenant que ce type de savoir favorise l'utilisation de TPC locales. Le raisonnement inverse peut être tenu en ce qui concerne les TPC globales : une TPC globale est liée à un élément de savoir relativement grand. Celles-ci étant liées à des savoirs théoriques, nous pouvons en déduire que les savoirs théoriques en jeu dans l'enseignement de cette séquence sont de gros éléments de savoir.

7.2. Buts et valeurs

Regardons comment se distribuent les TPC de la catégorie « Buts et valeurs sur l'enseignement des sciences » en fonction des séances et du découpage en thèmes (figure 18).

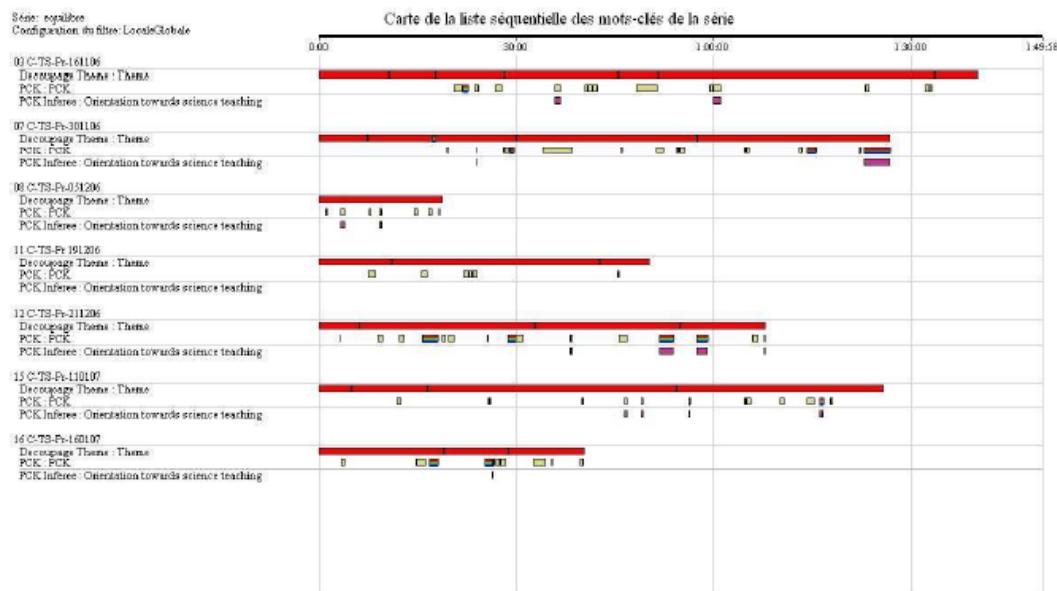


Figure 18 : TPC de la catégorie « Buts et valeurs sur l'enseignement des sciences » en fonction des séances et du découpage en thèmes. Pour chaque séance la première ligne montre le découpage en thèmes, la deuxième ligne l'ensemble des TPC et la troisième la distribution pour les TPC de la catégorie considérée.

La catégorie « Buts et valeurs de l'enseignement des sciences » est majoritairement concernée par l'épistémologie de l'enseignante. Nous nous attendions donc à ce que les séances où la classe reprenait ce qui avait été fait en séance de TP (les séances 03, 07, 11 et 15) soient plus riches en TPC « Buts et valeurs ». En effet lors de ces séances le savoir en jeu offre de nombreuses possibilités de traiter de la confrontation expérimentale/théorie, ou de la façon dont un résultat est validé etc. Or les TPC « Buts et valeurs » sont bien distribuées sur l'ensemble des séances et sur l'ensemble des thèmes, y compris sur les séances et thèmes non concernés par les séances de TP. Ceci est dû au fait que les épisodes à partir desquels les TPC « Buts et valeurs » sont reconstruits sont relativement variés ; nous retrouvons ainsi des épisodes traitant de l'expérimental par rapport au théorique (tableau 68), des épisodes traitant de ce qu'il faut savoir (tableau 66) ou enfin des épisodes permettant de voir comment l'enseignante apporte la justification à ses réponses (tableau 65).

Tableau 65 : Transcription d'un épisode à partir duquel une TPC « Buts et valeurs » a été reconstruites. La TPC reconstruite est formulée ainsi : « L'enseignante assume que sa justification est d'ordre théorique ».

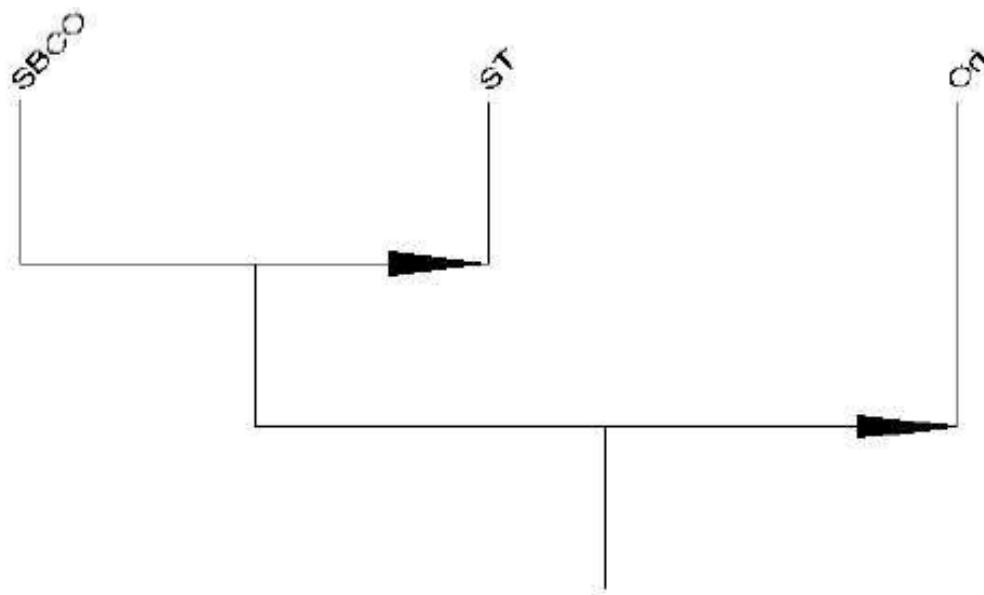
E	madame
P	oui
E	heu vous avez dit 0 67 c'est quand même un taux heu important mais heu c'est à partir de quelle valeur à peu près que ça commence à être important
P	si on est à pH égal pK_a on aurait quelle valeur de taux
E	0 5
P	0 5 pourquoi
E	les concentrations seraient (...?)
P	les concentrations elles sont égales donc elles sont forcément égales à C sur 2 ce qu'on a mis au départ sur 2 / ouais si on est à pH égal pK_a / qu'est ce que ça implique
E	ça implique que heu (...?)
P	il faut que ce terme là soit nul donc ce terme là il est nul si le quotient vaut
Es	un
P	un donc si A^- égale AH dans ces cas là si A^- égale AH ça veut dire que // dans l'état final n_{AH} égale n_{A^-} d'accord / n_{AH} c'est égal à C moins X_F et A^- c'est égal à X_F ///
E	ouais C sur 2
P	C sur 2 donc taux il va valoir combien
E	0 5
P	0 5 /

Tableau 66 : Transcription d'un épisode à partir duquel une TPC « Buts et valeurs » a été reconstruite. La TPC est formulée ainsi : « Certaines valeurs doivent être apprises par cœur pour faire de la chimie, et d'autres non ».

E	il nous sera donné le pK_a
P	le pK_a des couples soit on vous les fait calculer par d'autre données soit on vous les donne donc vous avez pas à apprendre par cœur les pK_a des couples

Ainsi les TPC « Buts et valeurs » se retrouvent être distribuées de façon homogène dans la séquence, et les épisodes à partir desquels elles sont reconstruites sont variés. Notons que nous obtenons de ce fait des TPC variées : des TPC relatives à l'épistémologie de l'enseignante, à sa façon de concevoir l'enseignement en Terminale (« il faut savoir certaines valeurs par cœur, d'autres non), ou à la façon dont elle argumente ses réponses (elle se base sur des calculs etc.). Ces TPC sont regroupées sous la même catégorie, alors qu'elles semblent être de nature assez différente. Voyons si la caractérisation grâce aux liens d'implications entre mots clés des épisodes nous permet de rendre compte de la mise en œuvre de cette catégorie de TPC.

Le graphe 13 représente les liens entre les mots clés relatifs à ce que nous appellerons le contexte, c'est-à-dire le système d'activité qui est en jeu dans l'épisode, et la position du savoir dans la question de l'élève par rapport au savoir dans le thème et le sous-thème.



Graphe 13 : Implication entre les mots clés relatifs au contexte et aux TPC « Buts et valeurs ». (SBCO : Système Bac et Chimie en Opposition, ST : le savoir appartient au sous-thème, Ori : TPC « Buts et valeurs »).

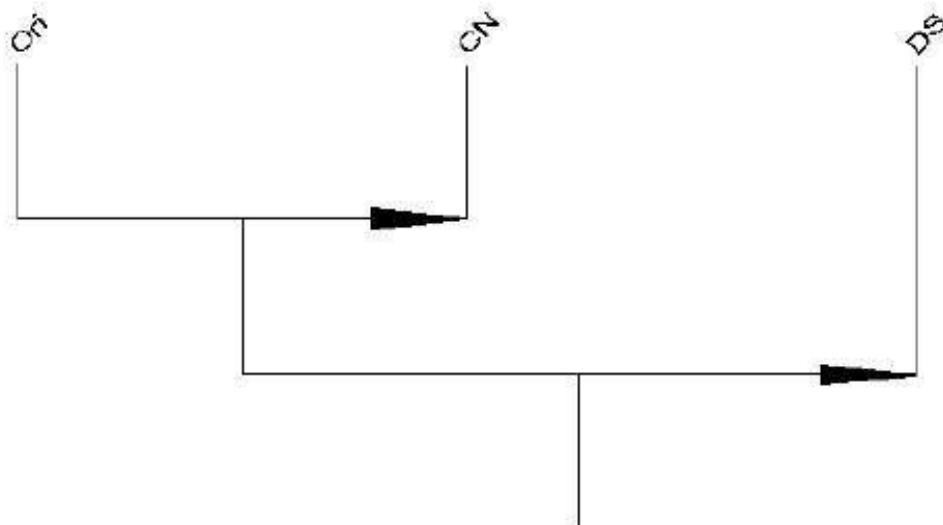
Nous ne cherchons pas à donner du sens à l'implication entre le mot clé SBCO et ST. Par contre l'implication entre le mot clé SBCO et Ori montre que lorsque les systèmes Bac et Chimie sont en opposition alors une TPC de la catégorie « Buts et valeurs » est mise en œuvre. Pour interpréter cette implication il faut revenir aux épisodes contenant à la fois les mots clés SBCO et Ori. Ces épisodes montrent qu'à chaque fois que les systèmes Bac et Chimie sont opposés, l'enseignante cherche dans sa réponse à atteindre les deux buts de ces systèmes (préparer les élèves à l'épreuve du Bac et enseigner la chimie). Ce « grand écart » de l'enseignante dans sa réponse est propice à la reconstruction de TPC de la catégorie « Buts et valeurs ». L'exemple suivant (tableau 66) permet d'illustrer ce qui vient d'être dit :

Tableau 67 : Transcription d'un épisode interactionnel contenant les mots clés SBCO et Ori.

E	(...?)
P	Cl2 je sais pas si c'est dans les exigences peut être que ça serait dit à un moment bon en même temps Cl2 c'est très toxique

Nous inférons que l'élève veut savoir si le caractère dangereux du chlore fait partie des exigences au Bac. Les deux systèmes sont en opposition puisque cette connaissance n'est pas exigible pour réussir le Bac, mais est utile pour faire de la chimie. L'enseignante répond à la fois pour le système Bac et pour le système Chimie. La TPC que cet épisode nous permet de reconstruire est que l'enseignante estime que de connaître certaines propriétés des substances est nécessaire pour faire de la chimie. Nous avons classé cette TPC dans

la catégorie « Buts et valeurs » plutôt que dans la catégorie « Curriculum » car pour nous cette TPC renvoie à une conception plus globale de ce qu'est apprendre la chimie : il s'agit en partie de posséder une culture chimique ; le chlore est un gaz relativement répandu, qui a été étudié depuis longtemps et dont les propriétés toxiques sont bien connues. Le lien représenté par le graphe 14 montre que les épisodes où les systèmes Bac et Chimie sont opposés permettent de mettre en lumière les connaissances de l'enseignante concernant les « Buts et valeurs ». Le graphe suivant (14) montre les liens d'implication entre les mots clé relatifs à la mise en œuvre du savoir dans la classe et les connaissances de type « Buts et valeurs ».



Arbre cohésif : C:\Documents and Settings\David\Bureau\CHIC 3.5 à France\PCK.csv

Graphe 14 : liens d'implication entre les mots clé relatifs à la mise en œuvre du savoir dans la classe et les connaissances de type « Buts et valeurs ». (Ori : TPC de la catégorie « Buts et valeurs », CN : savoir nouveau, DS : une seule sollicitation d'élève).

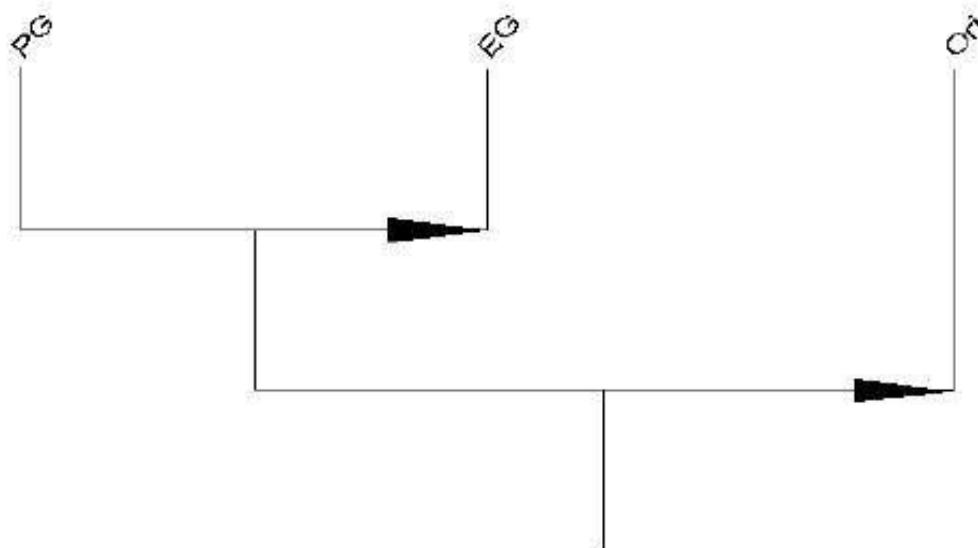
Lorsque l'enseignante met en œuvre une TPC de type « Buts et valeurs », alors le savoir en jeu est un savoir nouveau. Avant de voir l'interprétation de ce graphe rappelons d'abord que les épisodes dans lesquels il n'y a qu'une seule sollicitation d'élève sont interprétés comme étant des épisodes où l'enseignante et les élèves s'impliquent peu ; de plus sachant qu'il s'agit généralement d'un savoir nouveau, nous interprétons les liens du graphe 14 comme la signature d'une position « en retrait » des savoirs auxquels sont liées ce type de TPC. Prenons un exemple d'un épisode à partir duquel une TPC « Buts et valeurs » a été reconstruite (Tableau 68).

Tableau 68 : Transcription d'un épisode interactionnel à partir duquel une TPC « Buts et valeurs » a été reconstruite.

E	C'est pour savoir heu les conditions d'état d'équilibre dynamique si on passe à l'échelle macroscopique on croit qu'on a atteint l'état final alors qu'à l'échelle microscopique
P	Bah c'est pas on croit qu'on atteint c'est on va dire qu'on a atteint parce que le système n'évolue plus d'accord

La TPC reconstruite à partir de cet épisode est formulée ainsi : « Montrer comment marche la science fait partie de l'enseignement des sciences, et permet de mieux comprendre la science ». L'analyse de cette épisode est détaillée dans le chapitre 6 (dans la partie « Triangulation des TPC issus de la méthode de reconstruction »). Cet épisode est constitué d'une seule sollicitation d'élève (l'élève pose une question et l'enseignante y répond). L'enseignante développe peu sa réponse, elle n'insiste pas sur la façon dont fonctionne la science, ne prend pas d'exemples pour illustrer sa réponse. L'élève ne demande pas de précisions. Cette analyse nous amène à définir les protagonistes comme étant relativement en retrait, aucun des deux ne s'engage vraiment dans la construction du savoir en jeu. Le graphe 14 nous montre que cette position en retrait est caractéristique des épisodes à partir desquels des TPC « Buts et valeurs » ont été reconstruites.

Regardons enfin si ce type de TPC est lié au niveau de modélisation du savoir en jeu (Graphe 15).



Arbre cohéssif : C:\Documents and Settings\David\Bureau\CHIC 3.5 à France\PCK.csv

Graphe 15 : Relation d'implication entre les mots clés relatifs au niveau de modélisation et aux TPC de type « Buts et valeurs ». (PG : Le savoir dans la réponse de l'enseignante appartient au niveau des grandeurs, EG : le savoir dans la question de l'élève appartient au niveau des grandeurs, Ori : TPC de la catégorie « Buts et valeurs »).

Le graphe 15 montre que dans les épisodes où le savoir en jeu concerne les grandeurs, l'enseignante met en œuvre une TPC de type « Buts et valeurs ». Ceci indique que lorsque

l'enseignante parle des grandeurs, il s'agit de moments privilégiés pour mettre en œuvre ce type de TPC.

Pour résumer ce que les différentes analyses nous ont montrés sur les TPC de type « Buts et valeurs » nous pouvons dire que :

- Elles sont mises en œuvre tout au long de la séquence dans pratiquement toutes les séances, et ce quel que soit le thème.
- L'opposition des systèmes d'activités (Chimie et Bac) dans un épisode interactionnel est favorable à la mise en évidence de ce type de TPC. La mise en œuvre même de ce type de TPC permet l'émergence de la confrontation entre les deux systèmes d'activité.
- Les épisodes mettant en jeu un savoir portant sur les grandeurs sont favorables à la mise en œuvre de TPC de ce type.

7.3. Curriculum

Les TPC de la catégorie « Curriculum » sont rarement mises en œuvre, leur nombre est faible. L'explication de ce petit nombre vient, pour nous, de la difficulté à reconstruire ce type de TPC. En effet nous faisons l'hypothèse que l'enseignante les met en œuvre à tout moment de son enseignement. En effet les connaissances relatives au programme sont en toile de fond tout au long de son activité d'enseignante. Cela est dû au poids institutionnel du programme dans l'enseignement de Terminale, qui est très grand à cause du Bac à la fin de l'année. Seulement certains moments permettent de reconstruire avec précision la TPC mise en œuvre. Il s'agit ici dans un premier temps, plutôt que de tirer des conclusions sur ce type de TPC, d'analyser les épisodes dans lesquels ces TPC ont été reconstruites afin de pouvoir caractériser les passages mentionnés plus haut. Nous regardons ensuite comment ces TPC sont liées à la mise en œuvre du savoir et au type de savoir.

La figure 19 montre la disposition des épisodes ayant permis la reconstruction de TPC de type « Curriculum » en fonction des séances et du découpage en thèmes.

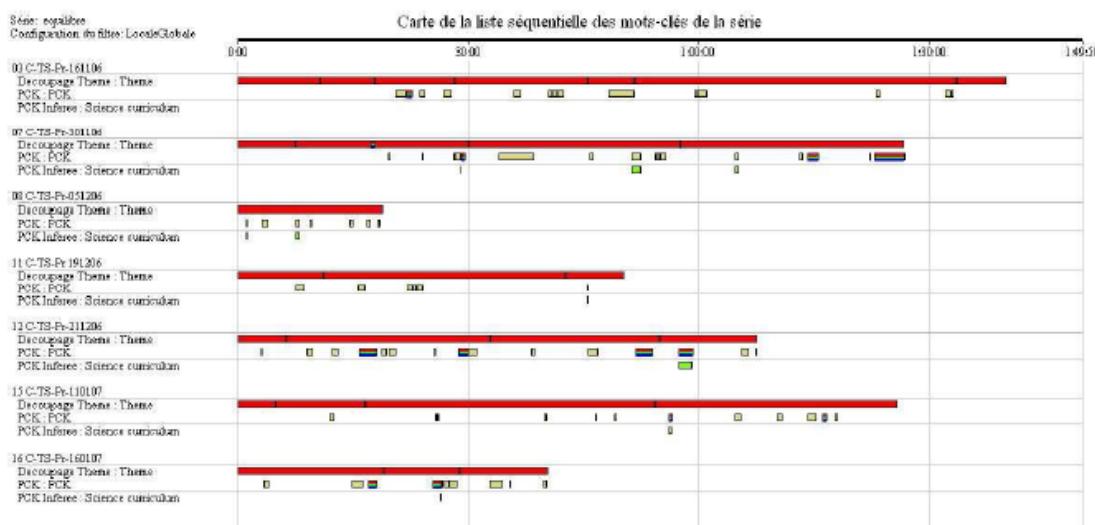
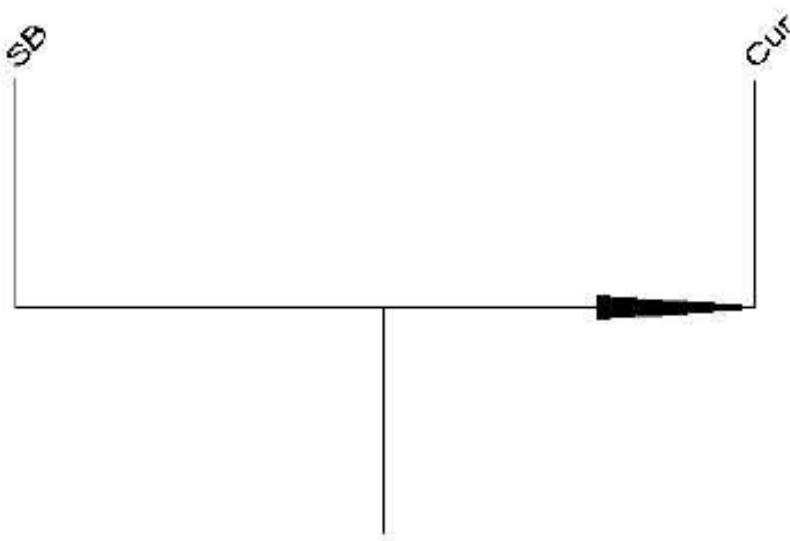


Figure 19 : Épisodes ayant permis la reconstruction de TPC de type « Curriculum » en fonction des séances et du découpage en thèmes. La première ligne correspond au découpage en thème pour chaque séance, la deuxième à l'ensemble des TPC reconstruites et la troisième au TPC de la catégorie « Curriculum ».

Étant donné le petit nombre de ces épisodes il est difficile de voir un éventuel schéma de distribution en fonction des séances ou des thèmes. Remarquons toutefois que cette distribution semble être homogène.

Le graphe 16 montre les liens d'implications entre les mots clé relatifs au contexte et les TPC de ce type.



Arbre cohéatif : C:\Documents and Settings\David\Réseau\CHTC3.5 à France\PCK.csv

Graphe 16 : Liens d'implications entre les mots clé relatifs au contexte et les TPC de ce type. (SB : Système Bac seul en jeu ; Cur : TPC de la catégorie « Curriculum »).

Les épisodes dans lesquels le système Bac seul est en jeu permettent de reconstruire les TPC de type « Curriculum ». Si l'on revient aux épisodes cela est expliqué par le fait que

- ces épisodes sont caractérisés par des questions d'élèves concernant seulement ce qu'il est de leur devoir de savoir (questions de type « ce qu'il faut savoir »)
- les réponses de l'enseignante, dans ces épisodes, ne concernent que ce qu'il faut savoir pour le Bac.

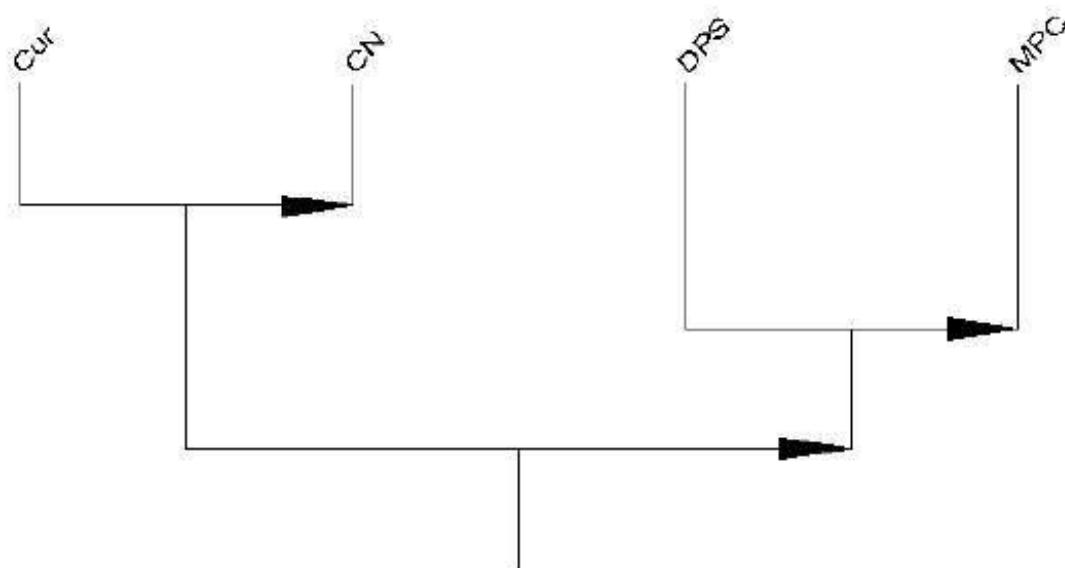
Ainsi, dénués de toute autres actions de l'enseignante, ces épisodes permettent de reconstruire facilement les TPC de ce type. Un exemple est donné tableau 69.

Tableau 69 : Transcription d'un épisode interactionnel comportant les mots clés SB et Cur.

E	(...?)
P	On vous les donnera et vous avez pas à les apprendre par cœur.

D'après le contexte, nous inférons que la question de l'élève est de savoir s'il faut connaître par cœur la valeur des constantes d'équilibre. La réponse de l'enseignante ne concerne que ce que les élèves ont à savoir pour le Bac, et nous permet de reconstruire la TPC suivante : « Pour le Bac, les élèves n'ont pas besoin de connaître les valeurs des constantes d'équilibre par cœur ». Remarquons que, contrairement à l'exemple précédent (Tableau 68), l'enseignante ne met pas en œuvre une TPC de type « Buts et valeurs » ce qui aurait peut être entraîné l'opposition entre le système Chimie et Bac.

Les caractéristiques de la mise en œuvre du savoir dans la classe nous permettent (graphe 17) de cerner dans quelle circonstance ces TPC sont mises en œuvre.



Arbre cohésif : C:\Documents and Settings\David\Bureau\CHIC 3.5 à France\PCK.csv

Graphe 17 : Implications entre mise en œuvre du savoir et TPC de type
 « Curriculum (Cur : TPC de la catégorie « Curriculum » ; CN : Savoir nouveau ; DPS : Plusieurs sollicitation d'élèves ; MPC : Pas de changement dans les éléments du milieu).

Le premier niveau de cohésion montre que les épisodes mettant en jeu des TPC de type « Curriculum » mettent également en jeu un savoir nouveau. Ceci montre que l'enseignante ne fait pas de rappel à propos du savoir auquel est lié ce type de TPC, et que les élèves ne reposent pas de question à propos de ce type de savoir. Comment interpréter que le savoir en jeu dans les épisodes où l'enseignante met en jeu une TPC « Curriculum » soit généralement nouveau ? Pour nous cela vient du fait que les élèves ne posent pas deux fois la même question à propos de ce qu'il faut savoir. Ainsi la question « ça représente quoi K ? » revient plusieurs fois. L'enseignante répond de manière différente à chaque fois, mais le savoir en jeu concerne toujours le sens que l'on peut donner à K. Par contre nous n'avons

jamais rencontré deux fois la même question en ce qui concerne ce qu'il faut savoir. Alors que pour d'autres types de question (questions de compréhension de la chimie) les élèves posent plusieurs fois la même question au fur et à mesure de l'avancée du savoir dans la classe. Ils ne posent pas deux fois la même question pour deux raisons :

- D'une part le contrat de la classe autorise les élèves à poser ce genre de questions, mais l'enseignante reste en retrait dans sa réponse (ce sont les élèves qui sont généralement en charge de l'avancée du savoir dans ces épisodes, ce qui est montré par le type d'échange : plusieurs sollicitations d'élève). Les élèves ne sont donc pas encouragés à poser ce genre de question et donc hésitent vraisemblablement à les reposer.
- D'autre part les réponses à ce genre de questions sont facilement comprises par l'ensemble de la classe. Les élèves ne ressentent donc pas le besoin de poser à nouveau la même question.

Comme nous l'avons dit dans l'introduction de cette partie, les TPC de type « Curriculum » sont présentes en toile de fond tout au long de l'enseignement. Ces épisodes, où les élèves sont demandeurs de ce type de savoir, correspondent finalement à une explicitation du contrat didactique de la classe. L'enseignante n'explicite que ce que les élèves demandent.

Enfin le graphe 18 montre que les TPC de type « Curriculum » sont totalement indépendantes du savoir en jeu dans l'épisode. Ceci montre que ce type de TPC peut être mis en œuvre pour tous les types de savoir. Cela montre aussi que les questions d'élèves de type « Ce qu'il faut savoir » porte sur tous les niveaux de modélisation.



Graphe 18 : *Implications entre les mots clés relatifs au niveau de modélisation dans la question de l'élève et dans la réponse de l'enseignante et les TPC du type « Curriculum ».*

En résumé notre analyse des TPC « Curriculum » montre :

- Que nous avons reconstruit un petit nombre de TPC « Curriculum » : il s'agit de TPC relativement difficiles à reconstruire, alors que nous faisons l'hypothèse qu'il s'agit de TPC mises en œuvre pratiquement constamment dans l'enseignement. Les épisodes permettant de reconstruire ce type de TPC sont les épisodes où les élèves posent des questions de type « ce qu'il faut savoir ».
- Que les épisodes où ce type de TPC est mis en œuvre sont des épisodes où le savoir en jeu est nouveau. Cela est dû aux élèves qui ne posent pas deux fois la même question quand il s'agit de questions du type « ce qu'il faut savoir », d'une part à cause du contrat et d'autre part parce que les réponses sont facilement comprises.
- Enfin les élèves posent des questions à propos de ce qu'il faut savoir sur tout type de savoir.

7.4. Stratégies

Les TPC de cette catégorie sont les plus nombreuses (61). Nous discuterons plus loin de la raison. La figure 20 montre la distribution de TPC en fonction des séances et du découpage en thèmes.

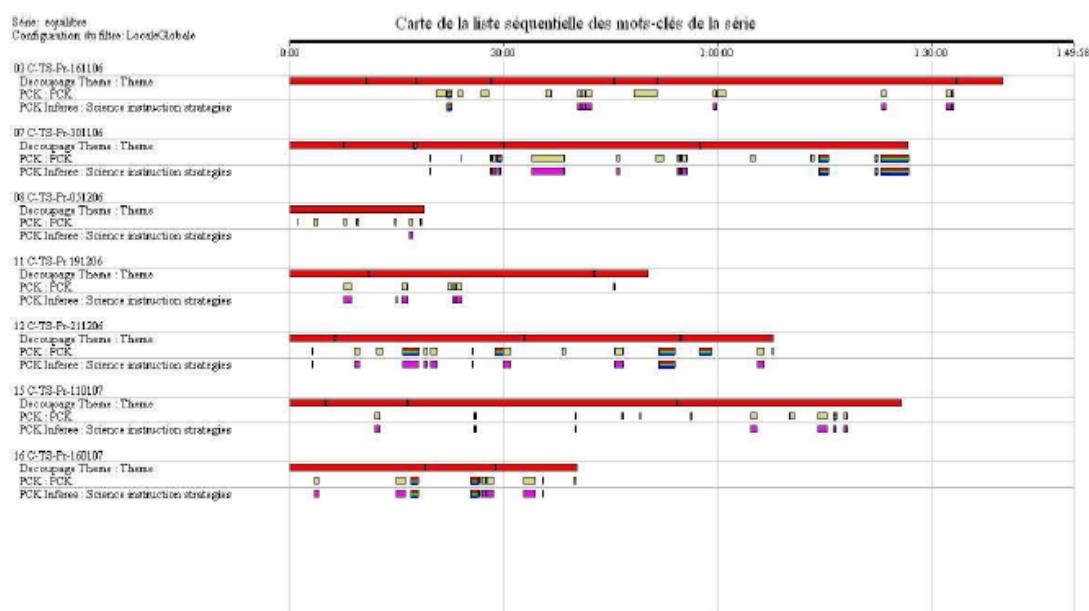


Figure 20 : *TPC de la catégorie « connaissances sur les stratégies d'enseignement » en fonction du découpage en thème. Pour chaque séance la première ligne représente le découpage en thème, la deuxième l'ensemble des TPC et la troisième les TPC de la catégorie considérée.*

Les TPC de cette catégorie sont distribuées de façon homogène en fonction des thèmes, sauf pour le thème 1 de la séance 08 qui en contient peu relativement aux autres.

Ces connaissances sont donc mises en œuvre tout au long de la séquence et de façon continue.

Le graphe 19 montre les implications entre les mots clés relatifs au contexte et les TPC de ce type.

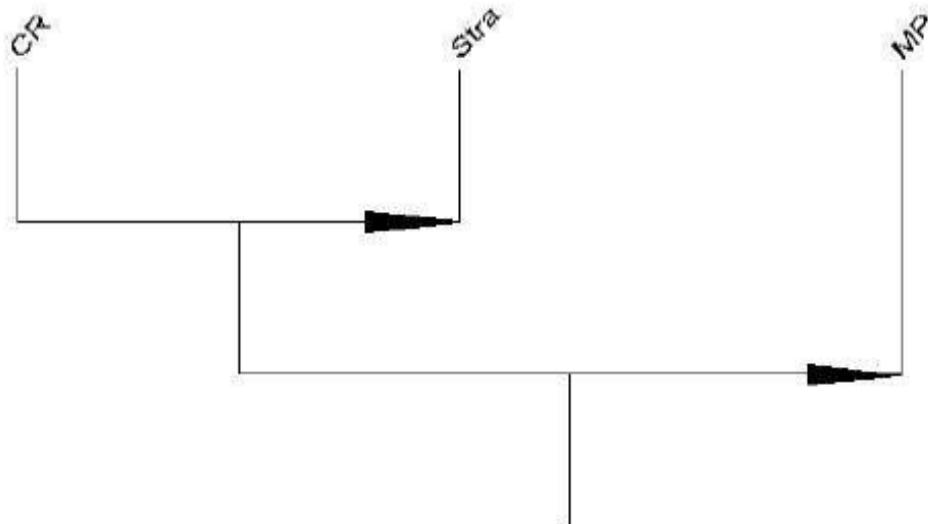


Arbre cohéatif : C:\Documents and Settings\David\Bureau\CHIC 3.5 « France\PCK.csv

Graphe 19 : Implications entre les mots clés relatifs au contexte et les TPC du type « Stratégies ». (Stra : TPC de la catégorie « Stratégies » ; SBCM : Systèmes Bac et Chimie à l'œuvre et dans le même sens).

Comme nous l'avons dit les TPC de ce type sont les plus nombreuses. Notons également que les épisodes où les deux systèmes vont dans le même sens sont également les plus nombreux. Il est difficile de donner du sens à cette implication, la variété des épisodes ne permettant pas, lorsque l'on revient à ceux-ci, de dégager une interprétation. Notons que seuls les épisodes mettant en jeu les deux systèmes dans le même sens mettent en jeu des TPC du type « Stratégies ».

Le graphe 20 montre les liens d'implications entre les mots clés relatifs à la mise en œuvre du savoir et ce type de TPC.



Arbre cohérent : C:\Documents and Settings\David\Bureau\CHIC 3.5 à France\PCK.csv

Graphe 20 : liens d'implications entre les mots clés relatifs à la mise en œuvre du savoir et les TPC de type « Stratégies ». (CR : Le savoir en jeu est un rappel d'un autre thème ; Stra : TPC de la catégorie « Stratégies » ; MP : Les éléments du milieu ont été mis en place dans le thème précédent).

Le graphe 20 montre que lorsque l'enseignante fait un rappel, elle met en œuvre une TPC « Stratégies ». Le fait de faire un rappel pour répondre à une question d'élève est, de plus, pour l'enseignante, l'occasion d'utiliser des éléments du milieu mis en place précédemment. Ces éléments font partie du contexte dans lequel est construit le savoir par la classe. Pour l'enseignante faire un rappel est donc l'occasion de mettre en place une stratégie et d'utiliser des éléments du milieu. Ceci nous amène à plusieurs explications :

Pour l'enseignante, faire un rappel nécessite la mise en place d'une stratégie : elle ne se contente pas de simplement répéter les choses.

Lors d'un rappel elle utilise des éléments du milieu mis en place précédemment, ce qui peut avoir un double but :

- Replacer les élèves dans le contexte
- La chimie étant une discipline où les représentations ont un rôle important, d'aider les élèves à suivre ce qu'elle dit

Ainsi un comportement se dégage du graphe 20 : le point de départ est le fait de faire un rappel, ce qui est dû, en partie au moins, au contenu de la question de l'élève. A partir de là l'enseignante met en place une stratégie qui va prendre appui sur des éléments du milieu précédent. Ce comportement traduit :

- Le statut des rappels pour l'enseignante : il ne s'agit pas simplement de répéter ce qui a été dit précédemment.
- La nécessité, pour l'enseignante, d'utiliser des supports de représentation lorsqu'elle fait un rappel, que ce soit pour replonger les élèves dans le contexte, ou pour compléter l'utilisation de la langue naturelle.

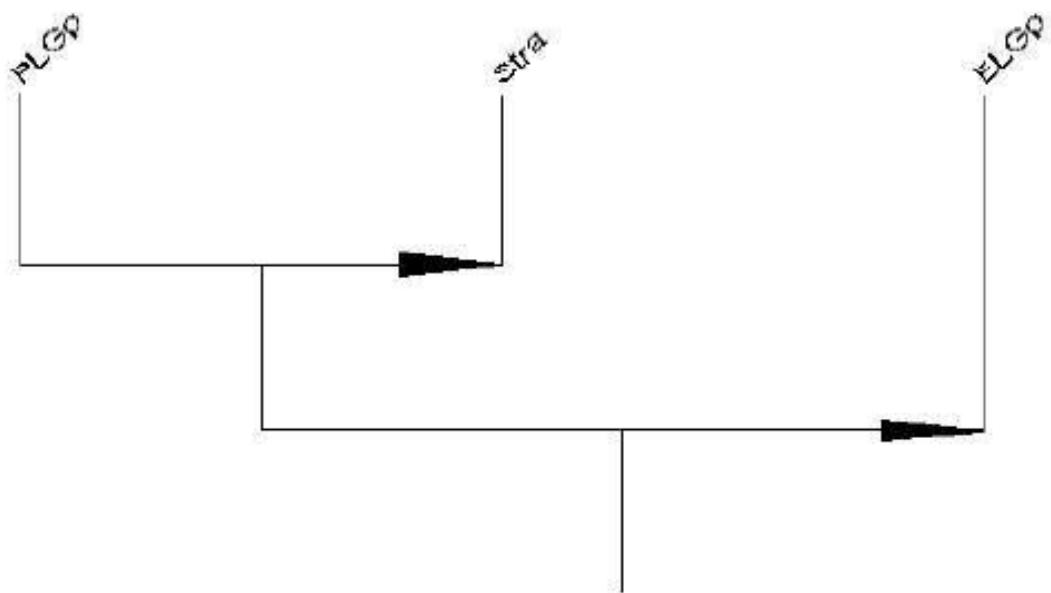
Nous montrons un exemple (Tableau 70) qui permet d'illustrer ce qui vient d'être dit.

Tableau 70 : Transcription d'un épisode interactionnel à partir duquel une TPC « Stratégie » a été reconstruite.

E	madame
P	oui
E	dans les données ils nous donnent la conductivité ionique des espèces
P	ils nous donnent
E	des conductivités ioniques
P	oui
E	c'est pas ces espèces là qui vont réagir /
P	oui mais là ici c'est une solution d'acide nitrique ça veut dire quoi quand on met dans l'eau l'acide il se dissocie donc il se dissocie comment en donnant H_3O^+ plus la base conjuguée mais quand on va chercher la concentration c'est la concentration en soluté apporté qu'on cherche d'accord alors on a dit quoi de la lumière /

Nous nous intéressons à la deuxième partie de la transcription (à partir de la question de l'élève : « c'est pas ces espèces là qui vont réagir »), nous avons mis l'épisode interactionnel précédent pour pouvoir comprendre. La classe est en train de corriger un exercice. L'enseignante demande aux élèves de chercher des valeurs de constantes concernant les espèces en jeu dans la réaction chimique. Un élève fait remarquer à l'enseignante que ces valeurs sont données (conductivités ioniques). Un autre élève demande à l'enseignante si les espèces pour lesquelles sont données ces constantes ne sont pas les espèces qui vont réagir. L'enseignante lui répond que non parce que l'espèce pour laquelle la conductivité ionique est donnée est l'acide nitrique, alors que la classe étudie une solution d'acide nitrique, c'est-à-dire que l'acide nitrique a réagi avec l'eau pour donner des ions H_3O^+ et la base conjuguée. Au tableau l'équation de la réaction entre l'acide nitrique et l'eau est écrite. L'enseignante rappelle donc ce que la classe a vu précédemment : l'acide nitrique réagit avec l'eau. Elle pointe du doigt le tableau l'équation de la réaction et les représentants des espèces lorsqu'elle en parle. La TPC reconstruite est : « L'enseignante pointe du doigt les représentants des concepts auxquels elle fait allusion ». Cet épisode nous permet d'illustrer le graphe 20 : faire un rappel est l'occasion de mettre en œuvre une stratégie d'enseignement.

Enfin le graphe 21 représente les liens entre les mots clés relatifs au niveau de modélisation dans la question de l'élève et dans la réponse de l'enseignante et les TPC de la catégorie « Stratégies ».



Arbre cohésif : C:\Documents and Settings\David\Bureau\CHIC 3.5 à France\PCK.csv

Graphe 21 : Liens entre les mots clés relatifs au niveau de modélisation dans la question de l'élève et dans la réponse de l'enseignante et les TPC de la catégorie « Stratégies ». (PLGp : le savoir en jeu dans la réponse de l'enseignante fait le lien entre une grandeur et une propriété du monde non-perceptible ; Stra : TPC de la catégorie « Stratégies » ; ELGp : le savoir en jeu dans la question de l'élève fait le lien entre une grandeur et une propriété du monde non-perceptible).

L'interprétation que nous donnons au fait que lorsque l'enseignante répond sur un lien entre grandeur et propriété du monde non-perceptible elle dispose, pour ce genre de savoir, de stratégies lui permettant de répondre aux questions d'élèves. Remarquons que ces connaissances sur les stratégies sont mises en œuvre lorsque la question de l'élève concerne le même niveau de modélisation que dans la réponse de l'enseignante. Il s'agit de quelque chose qui transparaît lors de la visualisation des extraits : les élèves sont souvent en quête de liens entre les grandeurs étudiées et des propriétés au niveau du monde non-perceptible. Les grandeurs étudiées dans cette séquence sont des grandeurs pour lesquelles les élèves ont du mal à donner une signification autre que mathématique (il s'agit de grandeurs thermodynamiques). L'enseignante se retrouve alors à devoir faire ces liens. Ces grandeurs sont souvent difficiles à interpréter au niveau non-perceptible (par exemple la constante de réaction est définie par son expression mathématique par l'enseignante, alors que les élèves cherchent à en avoir une interprétation au niveau perceptible ou non-perceptible). Pour faire ces liens difficiles l'enseignante dispose de stratégies (par exemple en comparant avec d'autres grandeurs).

Pour conclure cette partie sur les TPC de la catégorie « Stratégie », retenons que :

- Les TPC « Stratégies » sont les plus nombreuses et sont distribuées de façon homogène dans les thèmes et les séances.
- Elles ne sont mises en œuvre que lorsque les deux systèmes d'activité sont en jeu et sont orientés dans le même sens.
- Faire un rappel est l'occasion pour l'enseignante de mettre en œuvre une stratégie et d'utiliser des éléments du milieu mis en place précédemment.
- L'enseignante dispose, pour les savoirs relatifs aux liens entre grandeur et propriété du monde non-perceptible, de stratégies lui permettant de répondre aux élèves.

7.5. Difficultés

La dernière catégorie de TPC que nous analysons est celles relative aux connaissances sur les difficultés des élèves. La figure 21 montre leur distribution en fonction des séances et du découpage en thèmes.

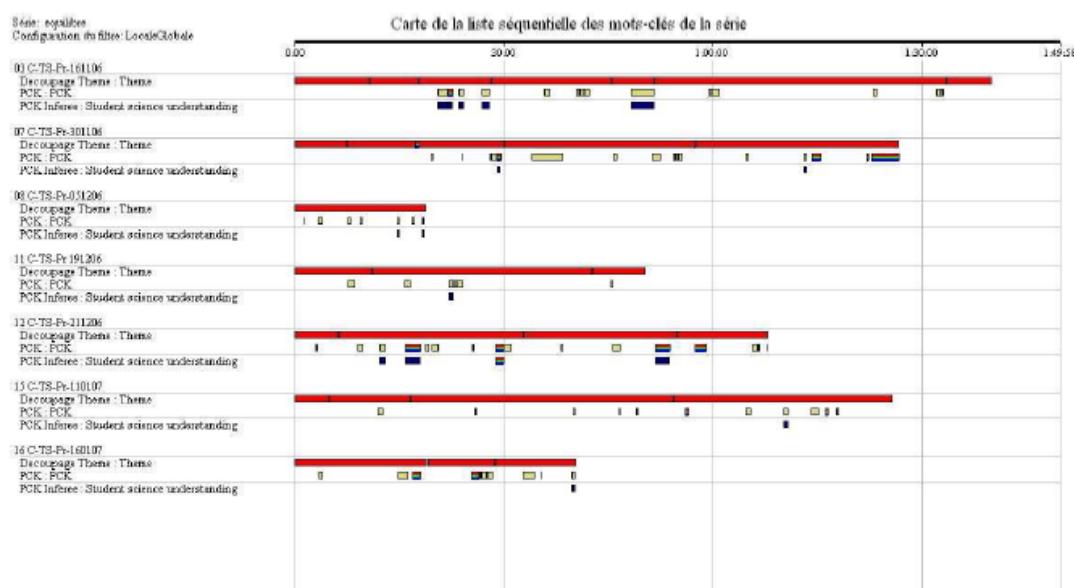


Figure 21 : Représentation de la distribution des TPC de la catégorie « difficultés » en fonction du découpage en thème. La première ligne représente le découpage en thème, la deuxième ligne l'ensemble des TPC et la troisième les TPC de la catégorie considérée.

La première constatation est le nombre relativement faible de ces TPC par rapport à ce que la littérature suggère (voir cadre théorique). En effet cette catégorie de TPC est, avec la catégorie « Stratégies », considérée comme étant la principale, c'est-à-dire une catégorie de connaissances au cœur du métier de l'enseignant. Nous nous attendions donc à en rencontrer plus. Une explication du faible nombre de ce type de TPC peut venir du fait que l'enseignante observée est relativement peu expérimentée, et ne dispose donc pas encore d'un grand nombre de ce type de TPC. Prenons un exemple : dans l'épisode suivant (Tableau 71) l'élève demande si le sens dans lequel est écrit l'équation d'une réaction d'équilibre chimique a une importance. En effet ces équations s'écrivent sous la forme $aA + bB = cC + dD$. De plus ces transformations sont modélisées comme deux réactions en

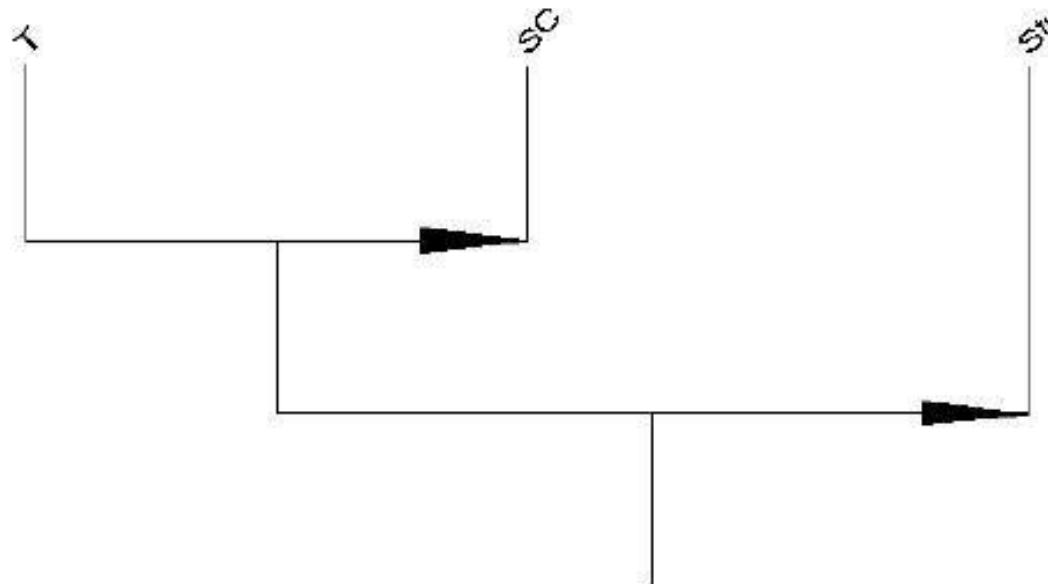
sens inverses ayant lieu en même temps. L'élève demande donc si ça ne reviendrait pas au même d'écrire $cC + dD = aA + bB$. Notons que l'enseignante a introduit très rapidement les notions de réactions directes et inverses (la réaction directe est la réaction de la gauche vers la droite). L'élève se représente ici l'équation de la réaction que comme un bilan de matière, et non pas comme la symbolisation de ce qui peut se passer dans le monde non-perceptible. Il ne prend pas en compte que les espèces A et B sont des réactifs et les espèces C et D sont des produits. L'enseignante ne détecte pas cette difficulté. Elle répond en disant que si l'équation est écrite dans l'autre sens, la constante d'équilibre n'aura pas la même valeur (en effet la valeur de la constante d'équilibre est égale au quotient du produit des concentrations des réactifs sur le produit des concentrations des produits). En détectant la difficulté de l'élève, l'enseignante aurait pu faire remarquer aux élèves que si l'équation est écrite dans l'autre sens, alors les produits et les réactifs ne seraient plus les mêmes, c'est-à-dire que ce n'est plus la même réaction qui est considérée.

Tableau 71 : transcription d'un épisode interactionnel lors duquel l'enseignante ne détecte pas une difficulté d'élève.

E	est ce que le sens a une importance
P	oui pourquoi est ce que le sens a une importance
E	(...?)
P	bah oui par ce que le quotient s'écrit dans l'autre sens au sinon d'accord

La deuxième constatation est que certains thèmes sont riches en TPC « Difficultés ». Notamment le thème 03 de la séance 03. Ce thème s'intitule « Acide base et réactions acido-basiques ». Il s'agit d'un thème où l'enseignante donne les définitions d'un acide et d'une base et comment ces espèces peuvent réagir au cours d'une réaction acido-basique. Le savoir en jeu dans ce thème appartient principalement au monde non-perceptible. Notons également que l'enseignante fait de nombreux rappels dans ce thème de ce qui a été vu en classe de première sur les acides et les bases, ainsi que sur les réactions d'oxydoréductions. Le thème 03 de la séance 12, qui contient lui aussi trois TPC de la catégorie « Difficultés », s'intitule « Calcul de Taux et classement en fonction de leur pK_a pour trois acides ». Il s'agit de la correction d'un exercice qui nécessite d'écrire la réaction acido-basique pour trois couples acide base, de calculer le taux d'avancement pour chacune de ces trois réactions puis de représenter ces trois couples sur un diagramme de prédominance. Le savoir en jeu lors de ce thème est majoritairement celui du monde non-perceptible et théorique.

Est-ce que les caractéristiques de ces deux thèmes se retrouvent dans l'analyse implicative ? Regardons d'abord l'implication entre les TPC « difficultés » et le contexte (Graphe 22).

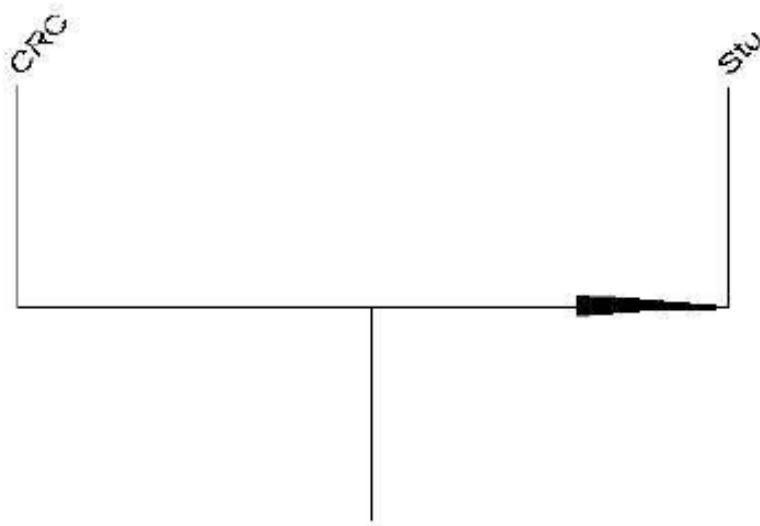


Arbre cohésif : C:\Documents and Settings\David\Bureau\CHIC 3.5 à France\PCK.csv

Graphe 22 : Implication entre les mots clés relatifs aux TPC « difficultés » et au contexte. (T : le savoir dans la question de l'élève appartient au thème, SC : seul le système Chimie est en jeu, Stu : TPC de la catégorie « Difficultés »).

Le graphe 22 ne nous informe pas sur les TPC de la catégorie. En effet comment donner du sens au fait que lorsque le savoir en jeu dans la question de l'élève appartient au thème l'enseignante met en œuvre une TPC « Difficultés » ? Nous reviendrons sur ce point plus loin.

Le graphe 23 montre les relations d'implications entre les mots clés relatifs à la mise en œuvre du savoir dans la classe et les TPC de la catégorie « Difficultés ».



Arbre cohésif : C:\Documents and Settings\David\Bureau\CHIC 3.5 à France\PCK.csv

Graphe 23 : Relations d'implications entre les mots clés relatifs à la mise en œuvre du savoir dans la classe et les TPC de la catégorie « Difficultés ». (CRC : Rappel d'une autre classe, Stu : TPC de la catégorie « Difficultés »).

Ce graphe nous montre que lorsque l'enseignante fait un rappel d'une autre classe elle met en œuvre une TPC « difficultés ». Voyons un exemple (tableau 72).

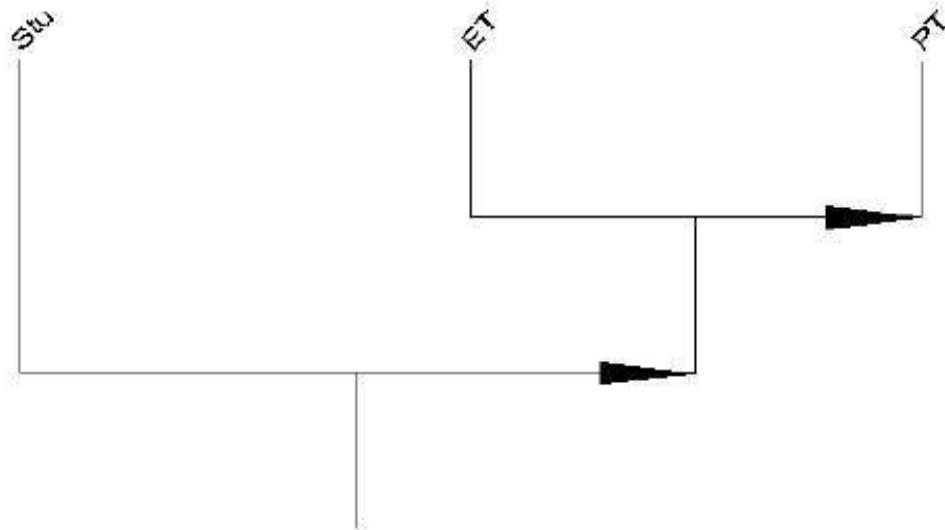
Tableau 72 : Transcription d'un épisode interactionnel à partir duquel une TPC « Difficultés à été reconstruite.

E	c'est pas faux de mettre aqueux à (...?) /
P	bah le aqueux il traduit quoi est ce que vous vous rappelez ça c'est important c'est le début de la première S
E	c'est dans l'eau
P	ça veut dire que c'est dans l'eau et ça veut dire aussi que l'ion il est solvaté ça veut dire il est entouré par des molécules d'eau d'accord donc cet ion là il est quand même entouré aussi par des molécules d'eau
E	et dans la dernière de l'eau le H+ il est dans quel état
P	alors ici ce H+ maintenant il représente quoi /
E	c'est pas un H_3O^+
P	c'est pas un H_3O^+ ça veut dire que ce H^+ qui est ici c'est pas un H^+ aqueux qu'est ce qu'il représente ce H^+ ici/ c'est le même qu'on retrouve là donc en fait c'est la particule qui est échangée d'accord ici ce H^+ on pourrait dire c'est la particule élémentaire échangée et ici si on voulait mettre H^+ aqueux ça veut dire c'est l'entité chimique qui est en solution d'accord ça c'est l'ion qui est en solution et ça ça serait la particule échangée /

Dans cet épisode l'enseignante rappelle à la classe ce que veut dire le terme de solvaté. La TPC reconstruite est : « Le terme de solvaté est problématique pour les élèves ». Il y a une véritable articulation entre la difficulté inférée par l'enseignante et le fait de faire un rappel. Ce résultat est logique : pourquoi l'enseignante ferait des rappels d'autres classes dans ses réponses, s'il n'y avait pas de nécessité de le faire ?

Nous retrouvons un résultat de l'analyse au niveau du thème : le thème 03 de la séance 03 contient des rappels de la classe de première. Est-ce que l'analyse au niveau de l'épisode vient corroborer l'analyse au niveau du thème ? C'est-à-dire est ce qu'une même interprétation permet d'expliquer ces deux résultats ? Notre discussion, plus bas, sur les liens entre analyse au niveau du thème et analyse statistique implicatives sur les épisodes montre que non.

Le graphe 24, enfin, montre les relations d'implications entre les mots clés relatifs aux TPC de la catégorie « Difficultés » et le niveau de modélisation du savoir en jeu dans la question de l'élève et dans la réponse de l'enseignante.



Arbre cohésséif : C:\Documents and Settings\David\Bureau\CHJC 3.5 à France\PCK.csv

Graph 24 : Relations d'implications entre les mots clés relatifs aux TPC de la catégorie « Difficultés » (Stu) et le niveau de modélisation du savoir en jeu dans la question de l'élève (ET) et dans la réponse de l'enseignante (PT).

Les TPC de cette catégorie ne sont mises en œuvre que lorsque le savoir en jeu est d'ordre théorique. Ce résultat un peu surprenant peut s'expliquer par le peu d'expérience de l'enseignante, déjà évoqué au début de cette partie à partir du faible nombre de TPC mis en œuvre durant cette séquence. L'enseignante possède un petit nombre de TPC « Difficultés » qui sont spécialisées dans les difficultés d'ordre théorique.

Cette analyse des TPC de la catégorie « Difficultés » nous a montré :

- Qu'elles sont mises en œuvre dans deux thèmes de manières privilégiées.
- Que l'enseignante ne fait un rappel d'une autre classe dans sa réponse que lorsqu'elle a détectée une difficulté d'élève.
- Que les connaissances de l'enseignante sur les difficultés des élèves semblent être spécifiques aux difficultés d'ordre théorique. Cette caractéristique mériterait d'être confirmée, car nous ne disposons pas d'un nombre très élevé de TPC de la catégorie « Difficultés ».

7.6. Deux niveaux d'analyses : niveau du thème et de l'épisode.

Pour faire le portrait de la façon dont les TPC sont mises en œuvre lors de la séquence nous avons utilisé deux niveaux d'analyse : le niveau du thème et le niveau de l'épisode. Ces deux niveaux offrent des points de vue différents sur le corpus, mais ne « regardent » pas la même chose. Nous montrons comment à partir d'un exemple : reprenons ce que nous avons vu lors de l'analyse des TPC de la catégorie « Difficultés ».

- L'analyse au niveau des thèmes a montré que deux thèmes étaient très riches en TPC de cette catégorie. Ces thèmes étaient caractérisés par un savoir appartenant au monde non-perceptible et théorique. Du point de vue de la chronogénèse le premier de ces thèmes était caractérisé par de fréquents rappels à la classe de première.
- L'analyse implicative a montré que l'utilisation de rappels d'autres classes implique la mise en œuvre de TPC « Difficultés », et que les TPC « Difficultés » ne sont mises en œuvre que lorsque le savoir est d'ordre théorique.

Les deux niveaux d'analyse semblent donc se renforcer l'un l'autre. Or il n'en est rien, car il s'agit en fait de deux analyses bien distinctes : alors que l'analyse au niveau des thèmes consiste à repérer des niveaux de densités de TPC par thème, puis de relier ces densités à une compréhension globale du thème, l'analyse statistique est effectuée à partir des épisodes. Rien ne laisse présager que les caractéristiques du thème, en termes de mise en œuvre du savoir ou de niveau de modélisation du savoir, soient les mêmes que celles des épisodes qui composent ce même thème. Il s'agit là d'un problème de changement d'échelle d'analyse. D'ailleurs dans notre exemple, le thème 03 de la séance 03 contient de nombreux rappels à la classe de première, alors qu'au niveau des épisodes interactionnels aucun n'est concerné par un rappel d'une autre classe. Ce résultat s'explique par la différence du style des analyses :

Nous venons de voir comment notre méthode d'analyse nous permet de fournir des informations à propos des TPC. Cette méthodologie est basée à deux échelles différentes : la première est du niveau des thèmes, la seconde de l'épisode. Nous discutons des différences et complémentarités de ces deux niveaux.

Lorsque l'on caractérise un thème (Par exemple : l'enseignante fait beaucoup de rappel dans ce thème) nous regardons sur l'ensemble du thème. Ce thème est caractérisé par comparaison avec les autres thèmes. Par exemple on va dire d'un thème qu'il contient beaucoup de rappels si ce thème contient plus de rappels que la plupart des autres thèmes.

En revanche lorsque l'on caractérise un épisode, on catégorise des événements suivant deux catégories : l'événement a lieu ou l'événement n'a pas lieu. De plus seuls quelques passages du thème sont analysés

Ces différences dans le style d'analyse conduisent à des résultats différents : au niveau du thème l'enseignante fait de nombreux rappels, alors que dans les épisodes de ce thème l'enseignante ne fait pas de rappel. Ce résultat vient du fait que l'enseignante fait des rappels à d'autres moments que dans les épisodes interactionnels. De plus on va dire d'un thème qu'il contient de nombreux rappels s'il en contient plus que les autres thèmes. Il s'agit d'une classification relative. Alors que les épisodes sont catégorisés de façon binaire (présence ou absence de l'événement). Ainsi le changement de style d'analyse permet de « voir » le corpus différemment, en aucun cas il ne s'agit de prouver un résultat obtenu par un type d'analyse par un résultat obtenu par l'autre type d'analyse. Il s'agit plutôt de compléter les points de vue, d'interpréter les résultats pour chaque type d'analyse, et d'interpréter les différences ou ressemblances qui peuvent exister dans les deux types de résultat.

7.7. Reconstruction des PCK

Le dernier point de notre analyse concerne la reconstruction des PCK à partir des TPC. Nous l'avons dit dans notre cadre théorique, les PCK sont des connaissances complexes qui ne peuvent être reconstruites directement à partir de l'action des protagonistes de la classe. Une manière d'étudier les PCK est de les considérer comme une collection de TPC, qui sont, quand à elles, accessibles à partir de l'action. Si l'on considère les PCK comme des règles d'utilisation de ces TPC, alors nous pouvons reconstruire, grâce à l'analyse statistique implicative, des PCK. La méthode consiste à trouver des patterns d'utilisation des TPC en regardant le nombre de TPC utilisées au sein d'un même épisode en fonction de la nature des TPC, et si, lorsque plusieurs TPC sont utilisées dans un même épisode, des patterns d'association de nature de TPC apparaissent.

Chaque épisode interactionnel peut contenir une ou plusieurs TPC. La figure 22 montre le nombre de TPC par épisode en fonction de la séance et du découpage en thèmes. Nous avons exclu la séance 04 afin de faciliter la lecture car elle ne contient que très peu de TPC. Notons que la plupart des épisodes interactionnels ne contiennent qu'une seule TPC. La répartition du nombre de TPC par épisode interactionnels en fonction de la séance ou du thème ne semble pas suivre un schéma distinctif.

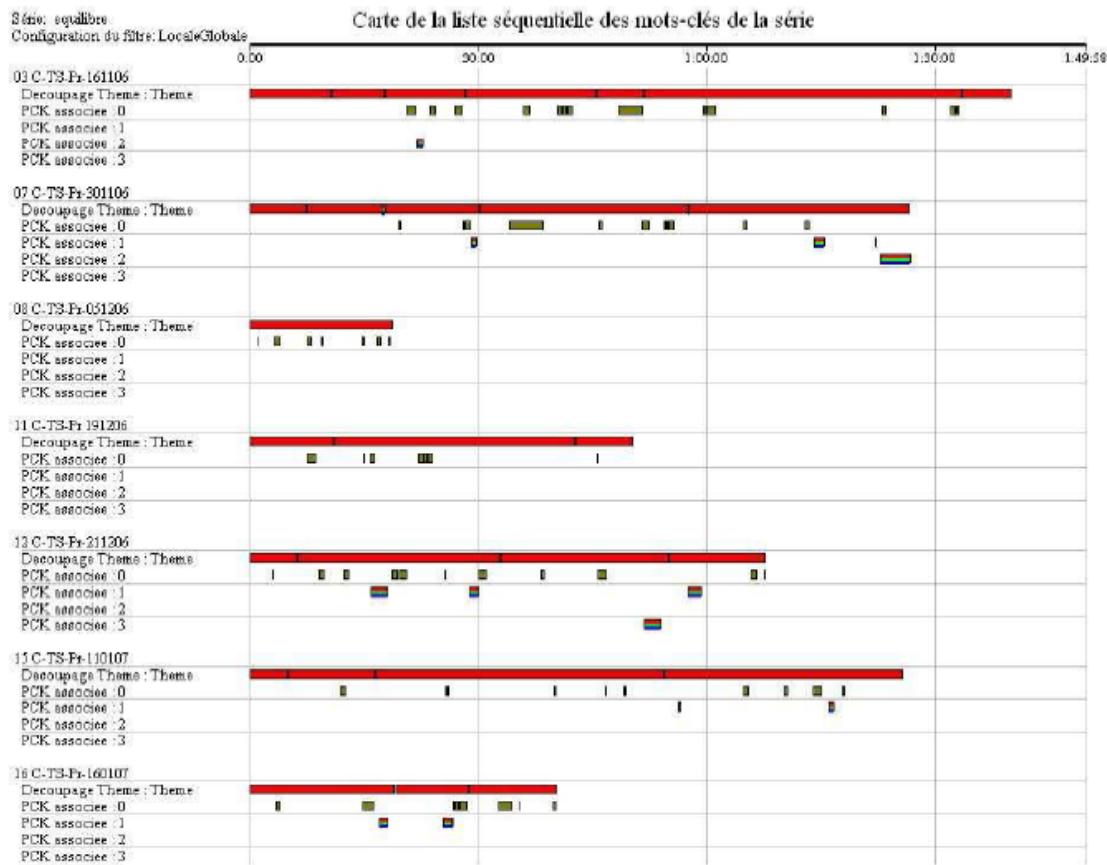
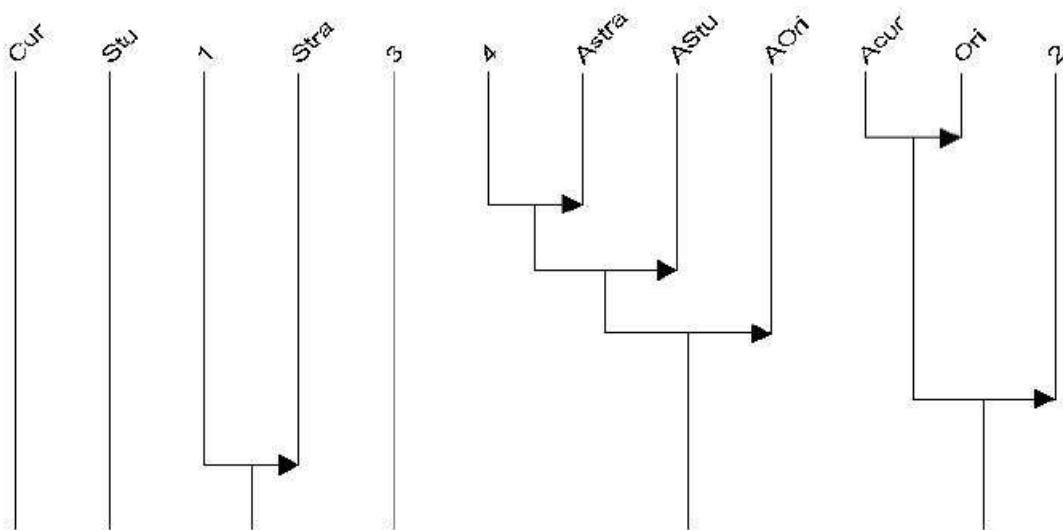


Figure 22 : Nombre de TPC par épisode interactionnel. Pour chaque séance, la première ligne représente le découpage en thème, la deuxième ligne les épisodes ayant permis la reconstruction d'une seule TPC, la troisième ligne représente les épisodes ayant permis la reconstruction de deux TPC, la quatrième ligne représente les épisodes ayant permis la reconstruction de trois TPC et enfin la dernière ligne représente les épisodes ayant permis la reconstruction de quatre TPC.

Regardons maintenant si, pour les épisodes mettant en jeu plusieurs TPC dans un même épisode, il apparaît des associations en fonction de la nature des TPC (graphe 25). Un premier regroupement laisse voir que lorsqu'une TPC « Curriculum » est mise en œuvre dans un épisode contenant une autre TPC, il s'agit d'une TPC « Buts et valeurs ». Pour reconstruire la PCK nous nous appuyons sur un exemple d'épisode à partir duquel une TPC « Buts et valeurs » et une autre de type « Curriculum » ont été reconstruites (Tableau 73).



Graphe 25 : Nature des TPC en fonction du nombre de TPC reconstruite à partir d'un épisode.

Tableau 73 : Transcription d'un épisode à partir duquel une TPC de type « Buts et valeurs » et une TPC du type « Curriculum » ont été reconstruite.

E	il nous sera donné le pK_a
P	le pK_a des couples soit on vous les fait calculer par d'autres données soit on vous les donne donc vous avez pas à apprendre par cœur les pK_a des couples

Dans cet exemple l'enseignante met en œuvre une TPC de type « Curriculum » : il n'y a pas besoin de connaître par cœur les pK_a de chaque couple, que ce soit pour l'épreuve du Bac ou pour le cours de chimie. Elle met également en œuvre une TPC de type « Buts et valeurs » : apprendre la chimie ce n'est pas apprendre par cœur des valeurs de pK_a . Elle utilise à la fois ses connaissances relatives au programme officiel et de ce qui est demandé au Bac, et ses connaissances sur ce qui contribue à l'apprentissage de la chimie. Nous proposons de formuler la PCK relative à l'utilisation de ces deux TPC de la façon suivante :

« Le programme officiel prescrit ce que les élèves doivent savoir, mais l'enseignante est en droit de demander aux élèves de savoir certaines choses qui ne sont pas dans le programme si elle estime qu'il s'agit d'un savoir participant à l'apprentissage de la chimie ». Ainsi le tableau 58 montre la transcription d'un épisode où l'enseignante demande aux élèves de savoir que le chlore est dangereux alors qu'il ne s'agit pas d'une compétence exigible au Bac.

Le deuxième regroupement montre que lorsque quatre TPC sont mises en œuvre dans le même épisode interactionnel, il s'agit de TPC de type « Stratégies », « Difficultés » et « Buts et valeurs ». Il n'y a qu'un seul épisode interactionnel ayant participé à la création des liens d'implication de ce regroupement, nous ne pouvons donc pas appliquer notre méthode de reconstruction des PCK.

Le lien entre le mot clé « 1 » (une seule TPC dans l'épisode) et les mots clés « Stra » (TPC de la catégorie « Stratégie ») sera discuté plus loin, car pour nous il s'agit d'une conséquence méthodologique concernant la définition des catégories de TPC.

7.8. Retour sur les catégories de TPC

Nous avons montré dans le chapitre précédent que les catégories « Difficultés » et « Curriculum » se distinguent de la catégorie « Stratégies ». La catégorie « Stratégies » est une catégorie relativement peu prescriptive sur ce qu'elle contient : de nombreuses connaissances peuvent être interprétées comme étant des connaissances sur les stratégies d'enseignement. Il peut s'agir par exemple de mises en jeu de différents registres sémiotiques ou encore de l'utilisation de « techniques » comme par exemple le fait de structurer un calcul grâce à des étapes pour que les élèves n'oublient pas des choses... De plus les représentations des TPC varient en fonction des catégories : alors qu'une TPC de type « Curriculum » ou « Difficulté » est souvent représentée par une seule phrase courte du type « Tel objet de savoir est ou n'est pas au programme », les TPC de type « Stratégies » seront plus souvent représentées par une ou plusieurs phrases plus complexes et très ancrées dans le contexte, par exemple : « Utiliser le tableau d'avancement pour différencier l'état final de l'état initial et comme représentant des liens entre concepts. »

Le graphe 25 montre que lorsqu'une seule TPC est mise en œuvre dans un épisode il s'agit d'une TPC de la catégorie « Stratégies ». Comment interpréter ce résultat ? En prenant en compte, en plus de ce résultat, les différences entre catégories que nous venons de rappeler, il nous semble que les TPC « Stratégies » reconstruites ne se situent pas au même grain de savoir que les TPC des autres catégories. Ainsi les TPC « Stratégies » sont des éléments de savoir plus gros et plus complexes, dans le sens où ils articuleraient plusieurs TPC. Reprenons l'exemple de TPC « Stratégies » donné ci-dessus : « Utiliser les représentants des concepts / utiliser le tableau d'avancement pour différencier l'état final de l'état initial et comme représentant des liens entre concepts », et ajoutons l'information suivante : le tableau d'avancement est un concept central du programme officiel, il s'agit d'un concept que les élèves connaissent depuis la classe de Seconde. Cette TPC peut être vue comme l'articulation entre une TPC « Curriculum » : « le tableau d'avancement est un concept central du programme de lycée » et deux TPC « Difficultés » : « les élèves maîtrisent bien le tableau d'avancement » et « les élèves éprouvent des difficultés avec les concepts d'état final et d'état initial ». Remarquons comment la TPC « Curriculum » vient nourrir la TPC « Difficulté » relative à la familiarité qu'éprouvent les élèves vis-à-vis du tableau d'avancement. Ainsi cette articulation entre plusieurs TPC relève plus de la PCK. Mais alors est-ce que nous avons reconstruit une seule TPC « Stratégies » au sens de la définition donnée dans le cadre théorique, ou est ce que toute nos TPC de cette catégorie ne sont que des articulations d'autres TPC ? Il nous semble avoir bel et bien reconstruit quelque « véritables » TPC « Stratégies », par exemple : « Faire référence au « flacon », objet du monde visible, lorsqu'elle parle de l'état initial, propriété du monde non visible. ». Ainsi cette TPC est bien une connaissance sur une stratégie mise en œuvre pas l'enseignante : elle se réfère à la solution dans le flacon pour parler de l'état initial, ce qui permet aux élèves de faire le parallèle avec ce qui se passe habituellement en TP (la solution se trouve dans un flacon, ils effectuent le mélange dans un autre récipient que dans le flacon, souvent un Becher). Les TPC « Stratégies » que nous présentons sont donc un ensemble de « vraies » TPC et de TPC articulées.

Dans ce chapitre nous avons vu que les TPC se répartissent relativement bien sur l'ensemble de la séquence, que ce soit par rapport au thème ou à la séance. Nous avons également mis en lumière que la mise en œuvre des TPC des différentes catégories est peu dépendante du thème ou de la séance. Par contre la mise en œuvre du savoir et le niveau de modélisation du savoir sont très liés au type de TPC. Nous avons pu

envisager la reconstruction d'une TPC à partir de lien d'implication entre des mots clés de plusieurs épisodes interactionnels. Cette méthode offre un nouveau point de vue dans la reconstruction des TPC : il ne s'agit plus de reconstruire à partir d'événements se produisant dans un seul épisode mais à partir des caractéristiques d'un ensemble d'épisodes. Enfin nous avons montré comment il est possible de reconstruire des PCK en considérant celles-ci comme des règles d'utilisation de TPC. Cette analyse des règles d'utilisation nous a conduits à questionner les catégories de TPC, notamment la catégorie « Stratégies ». Dans le chapitre suivant nous allons nous intéresser à la façon dont cette analyse nous permet de répondre à nos questions de recherche.

Chapitre 8 : Résultats

Dans ce chapitre nous balayerons les réponses, parfois partielles, que nous pouvons apporter aux questions de recherche présentées dans le chapitre 3. Dans un premier temps nous verrons les résultats concernant la méthode de reconstruction, puis nous aborderons la partie concernant le type de TPC mises en œuvre lors de l'enseignement observé. Nous finirons par la caractérisation de notre méthode d'analyse, caractérisation provenant des discussions méthodologiques égrainées tout au long de ce travail.

8.1. De l'action aux connaissances des enseignants (TPC et PCK)

Notre méthode d'analyse des TPC propose de reconstruire celles-ci à partir de l'action. Notre premier ensemble de questions de recherche s'intéresse à cette méthode de reconstruction.

Notre première question concerne la méthode de reconstruction des TPC. Tout d'abord nous discuterons de la façon dont la prise en compte des buts contribue à reconstruire ces connaissances. Ensuite nous verrons l'apport de la description du savoir dans le processus de reconstruction. En effet nous avons choisi de décrire la situation de l'épisode grâce aux niveaux de modélisation du savoir et à la mise en œuvre du savoir, nous nous interrogeons sur l'apport de cette description dans le processus de reconstruction des TPC. Enfin nous verrons comment nous avons proposé de reconstruire des PCK à partir de TPC reconstruites.

8.1.1. Intérêt de prendre en compte des buts pour reconstruire des TPC

Notre positionnement théorique définit l'action comme orientée par un but. Nous en avons choisi deux pour l'enseignement de la chimie en Terminale : la compréhension de la chimie par les élèves et la préparation des élèves à l'épreuve de chimie du Bac. La coexistence de ces deux systèmes d'activité dans la classe a été montrée chapitre 4 à partir de l'analyse des sujets de devoir sur table proposés par l'enseignante.

Ces buts ont été pris en compte dans la catégorisation des épisodes interactionnels. Plusieurs cas de figure se sont présentés :

- Seul le système Chimie est à l'œuvre dans l'épisode interactionnel. C'est-à-dire que l'action des protagonistes de la classe est orientée vers le but « les élèves comprennent la chimie ».
- Seul le système Bac est à l'œuvre dans l'épisode. L'action des protagonistes de la classe est orientée vers le but « préparer les élèves à l'épreuve de chimie du Bac ».

- Les systèmes Bac et Chimie sont à l'œuvre dans l'épisode et « vont dans le même sens ». C'est-à-dire que l'action est orientée vers les deux buts, réaliser un de ces buts n'est pas antagoniste à la réalisation de l'autre.
- Les systèmes Bac et Chimie sont à l'œuvre dans l'épisode et « sont opposés ». L'action dans l'épisode est orientée vers les deux buts, mais réaliser l'un de ces buts ne permet pas de réaliser l'autre.

Nous l'avons dit au chapitre 4, le contrat didactique de la classe donne la possibilité aux élèves d'interrompre l'enseignante à n'importe quel moment pour poser une question, et l'enseignante répond systématiquement à toutes les questions d'élèves. Cette catégorisation permet également de préciser certains termes du contrat didactique de la classe. Ainsi si l'on regarde le nombre d'épisodes en fonction des systèmes d'activité à l'œuvre (tableau 75), nous pouvons observer que la majorité des épisodes met en œuvre les deux systèmes, alors que la majorité des questions d'élèves portent sur des questions de compréhension de la chimie. De plus, il n'y a que très peu d'épisodes où le système Chimie n'est pas à l'œuvre (cinq sur cent vingt neuf). Le tableau 74 nous montre aussi les systèmes à l'œuvre pour les épisodes contenant une question d'élève de type « ce qu'il faut savoir ». Ces questions d'élèves concernent le Bac (l'élève demande ce qu'il faut savoir pour pouvoir se préparer correctement au Bac). La majorité de ces épisodes met finalement en œuvre les deux systèmes, c'est à dire que l'enseignante se contente rarement de répondre aux questions de type « ce qu'il faut savoir », qui nous le rappelons sont des questions orientées vers la préparation au Bac, par des réponses concernant uniquement le Bac. Il s'agit pour nous d'un effet du contrat didactique : les épisodes interactionnels sont l'occasion à la fois de préparer les élèves au Bac et d'aider les élèves à comprendre la chimie. De plus il ressort du tableau 75, mais aussi de ce que nous avons pu voir sur l'ensemble de la séquence, que l'enseignante cherche le plus possible à éviter les oppositions entre systèmes d'activité lors des épisodes interactionnels. Le tableau 74 montre un exemple d'épisode interactionnel où l'enseignante n'oppose pas les systèmes d'activité.

Tableau 74 : Transcription d'un épisode où l'enseignante cherche à éviter une opposition entre systèmes d'activité.

E	on n'écrit pas OH (...?)
P	on écrit pas /
E	HO^-
P	HO^- bah j'ai écrit quoi HO^- tu peux écrire OH^- à la limite si tu veux c'est pas très grave mais bon

Dans cet épisode l'élève demande à l'enseignante s'il faut écrire l'ion hydroxyde sous la forme OH^- ou HO^- . L'ordre d'écriture des ions au Bac n'est pas évalué, par contre cet ordre d'écriture a une importance pour la compréhension de la chimie : l'écriture OH^- ne prend pas en compte le fait que la charge négative est portée par la particule O, au contraire elle suggère que cette charge négative est portée par la particule H. L'enseignante évite l'opposition entre : (1) ce que le Bac va évaluer et (2) la façon d'écrire l'ion pour bien comprendre la chimie, en disant à l'élève que s'il le veut il peut écrire OH^- , que « ça n'est pas très grave ». Les productions verbales « à la limite » et « mais bon » montre que l'enseignante préférerait que l'élève écrive l'ion hydroxyde sous la forme HO^- . La TPC que

nous avons reconstruite à partir de cet épisode est : « L'ordre d'écriture des ions n'est pas évalué au Bac, mais participe à comprendre la chimie ».

Ainsi dans sa réponse l'enseignante fait intervenir le système qui n'est pas présent dans la question de l'élève : le système Bac si la question met en jeu la compréhension de la chimie et le système chimie si la question porte sur le Bac. L'enseignante semble viser à associer les systèmes et quand elle ne le peut pas, à éviter de les mettre en opposition.

Tableau 75 : Nombre d'épisodes et nombre d'épisodes contenant une question d'élève de type « ce qu'il faut savoir » pour chaque conformation de systèmes d'activité à l'œuvre.

Système à l'œuvre dans l'épisode	Bac et Chimie dans le même sens	Bac et Chimie opposés	Bac uniquement	Chimie uniquement
Nombre d'épisodes	65	9	5	50
Nombre d'épisodes où la question de l'élève est de type « ce qu'il faut savoir »	14	10	5	0

La prise en compte des buts a contribué également, et de manière directe, à la reconstruction des TPC de la catégorie « Curriculum ». Ces TPC sont constituées, en majorité, des connaissances relatives au programme. Or l'analyse de chaque épisode en termes de systèmes d'activité à l'œuvre nous a amené à qualifier le savoir en jeu par rapport à ce programme en deux catégories : les connaissances exigibles pour l'épreuve du Bac (à partir du savoir en jeu dans les annales du Bac et dans la partie compétences exigibles du programme officiel), et les connaissances non-exigibles pour le Bac. Cette analyse nous a été utile pour la reconstruction des TPC « Curriculum » en nous permettant de distinguer les connaissances de l'enseignante relatives à ce qu'il faut savoir pour le Bac des connaissances relatives à ce qu'il faut savoir pour la chimie. Ainsi dans l'exemple donné plus haut (tableau 74) la TPC reconstruite est « L'ordre d'écriture des ions n'est pas évalué au Bac, mais participe à comprendre la chimie ». Cette TPC met en jeu, dans sa formulation, ce qu'il faut savoir pour le Bac et pour la chimie. Si nous n'avions pas pris en compte les buts nous aurions reconstruit la TPC de la manière suivante : « l'ordre d'écriture des ions n'a pas d'importance ». La prise en compte des buts nous a permis de bien préciser cette TPC.

La prise en compte des buts nous a permis également de reconstruire une TPC particulière de la catégorie « Curriculum » : « Les élèves doivent savoir que le chlore est dangereux, même si ça n'est pas demandé pour l'épreuve du Bac ». Cette TPC est reconstruite à partir d'un épisode où les systèmes sont en opposition. Cette TPC est particulière puisqu'elle montre que l'enseignante se retrouve à ce moment là prise entre deux feux : une seule et même réponse ne permettra pas d'atteindre les buts des deux systèmes d'activité. Elle aménage sa réponse pour pouvoir atteindre les deux buts (« je ne sais pas si c'est dans les exigences mais en même temps le chlore c'est très dangereux »). La mise en œuvre de cette TPC est reconstruite, en grande partie, grâce à la prise en compte dans nos analyses de systèmes d'activité différents dans la classe. Si nous n'avions pas pris en compte les buts nous serions passés à coté de cette TPC. Notre corpus n'offre qu'un seul exemple vraiment flagrant de ce genre de TPC, mais il est raisonnable de penser que suivant le corpus et les systèmes d'activités choisis ce genre de TPC pourrait être mis en œuvre de façon plus systématique.

Ainsi la contribution de la prise en compte des buts dans la méthode de reconstruction des TPC se retrouve à deux niveaux :

- Au niveau global d'analyse, en permettant de décrypter quelques aspects du contrat didactique de la classe et ainsi nous apporter une compréhension du fonctionnement de la classe. Cette compréhension du fonctionnement de la classe est essentielle dans la reconstruction des TPC comme nous l'avons montré dans la partie analyse.
- Au niveau de la reconstruction directe des TPC de la catégorie « Curriculum » la prise en compte des buts nous permet de différencier les connaissances de l'enseignante relatives à ce qu'il faut savoir pour le Bac et ce qu'il faut savoir pour la chimie. Cette prise en compte des buts nous a permis de mettre en lumière un genre particulier de TPC « Curriculum » dont la mise en œuvre s'explique par un antagonisme, pour certains éléments de savoir, des buts à atteindre

8.1.2. Description de la situation en termes de mise en œuvre du savoir

Nous avons retenu les trois dimensions de description de la mise en œuvre du savoir dans la classe proposée par Sensevy (2007): la chronogénèse, la topogénèse et la mésogénèse. Chaque épisode a été analysé de façon à rendre compte, au moins en partie, de chacune de ces trois dimensions.

- En regardant d'une part comment l'enseignante gère sa réponse (Est-ce que l'enseignante répond tout de suite ? Est-ce qu'elle développe sa réponse ?) et d'autre part le type de savoir (savoir nouveau ? ancien ?) par rapport à son avancée dans la classe nous avons rendu compte de la chronogénèse.
- En regardant le type d'échange dans l'épisode interactionnel (une seule sollicitation d'élève ? Plusieurs sollicitations ?) nous avons rendu compte de la topogénèse.
- En regardant les éléments du milieu qui étaient utilisés dans la réponse de l'enseignante nous avons rendu compte de la mésogénèse.

L'analyse en termes de type d'échange se distingue des deux autres analyses : il s'agit d'une analyse qui prend en compte seulement ce qui se passe dans l'épisode, alors que pour les autres il s'agit de regarder la continuité ou au contraire l'écart par rapport aux thèmes.

Ces analyses ont comme point commun d'être basées sur l'utilisation de mots clés, ce qui implique de pouvoir, en plus de les décrire, catégoriser les événements. L'analyse en termes de topogénèse se fait en catégorisant les événements de l'épisode, et seulement ceux-ci. En effet nous avons choisi de rendre compte de la topogénèse en analysant le type d'échanges en jeu dans l'épisode interactionnel. Cette analyse prend appui sur ce qui se passe à l'intérieur d'un épisode, indépendamment de ce qui se passe dans le thème auquel appartient l'épisode en question, contrairement aux analyses en termes de chronogénèse et mésogénèse où les événements de l'épisode sont mis en perspective avec les événements du thème pour pouvoir être catégorisés. Ainsi par exemple pour rendre compte de la mésogénèse nous avons regardé si l'enseignante introduisait de nouveaux éléments du milieu par rapport au milieu mis en place dans le thème. Cette distinction tient à ce qui est analysé : un « état à un moment donné » pour la topogénèse, une « évolution à l'échelle du thème » pour la chronogénèse et la mésogénèse. Remarquons que nous aurions pu étudier l'évolution de la topogénèse à l'échelle du thème, seulement dans cette classe la responsabilité des acteurs de la classe vis-à-vis de l'avancée du savoir dans la classe est quasiment toujours la même : l'enseignante dirige cette avancée du savoir à l'aide de questions relativement fermées, c'est elle qui choisit les réponses des élèves qui sont discutées (même dans ces instants de discussion des réponses, c'est l'enseignante qui

guide la classe à l'aide de questions). L'évolution de la topogénèse n'aurait ainsi pas été très marquée dans ce type de classe. Alors qu'en regardant le type d'interactions, c'est-à-dire en ayant une approche plus microscopique de la topogénèse, plus de nuances apparaissent (par exemple entre un épisode où il y a plusieurs sollicitations d'élèves, ce qui correspond l'avancée du savoir est sous la responsabilité des élèves, et un épisode où l'enseignante pose elle-même des questions aux élèves, ce qui correspond à une avancée du savoir sous la responsabilité de l'enseignante).

Voyons maintenant en quoi la description des épisodes interactionnels en termes de mise en œuvre du savoir nous a aidé dans le processus de reconstruction des TPC. La description de la mise en œuvre du savoir participe à la description de la situation dans laquelle les TPC sont en jeu. Cette situation est considérée comme discrète (c'est-à-dire bornée) au sein d'un épisode interactionnel : au sein d'un épisode interactionnel on ne considère qu'une seule situation, recouvrant l'ensemble de l'épisode. Rendre compte de cette situation permet de voir en quoi elle diffère de situations à l'œuvre dans d'autres épisodes. Ainsi par exemple dans certains épisodes l'enseignante ne répond pas tout de suite à la question de l'élève alors que dans certains autres l'enseignante développe sa réponse. Cette différence dans la façon de répondre de l'enseignante, mise en lumière par l'analyse de l'avancée du savoir, amène à se poser la question de la connaissance mise en œuvre par l'enseignante pour faire ce choix entre développer ou non sa réponse. Ainsi en différenciant les épisodes par la description de la situation à l'œuvre dans l'épisode, l'analyse de la mise en œuvre du savoir nous oriente dans « ce qu'il faut chercher à voir » : comment l'enseignante gère certains éléments du milieu, comment le savoir progresse dans la classe et quel est son statut (rappel, savoir nouveau ...) et enfin comment se distribue la responsabilité de l'avancée du savoir entre les élèves et l'enseignante.

8.1.3. Description de la situation en termes de niveau de modélisation du savoir

Enfin notre troisième type d'analyse des épisodes concerne le niveau de modélisation dans la question de l'élève et dans la réponse de l'enseignante. Cette analyse a ceci de particulier qu'elle distingue le savoir en jeu dans la question de l'élève du savoir en jeu dans la réponse de l'enseignante. Il est alors possible de regarder la réponse de l'enseignante en fonction de la question de l'élève. Si l'analyse en fonction du niveau de modélisation n'intervient pas clairement dans la reconstruction de TPC à partir d'un seul épisode, elle permet par contre d'envisager un autre processus de reconstruction basée sur des ensembles d'épisodes. En effet l'analyse du niveau de modélisation dans la réponse de l'enseignante par rapport au niveau de modélisation dans la question de l'élève nous a permis de reconstruire des TPC à partir d'un comportement visible sur plusieurs épisodes interactionnels. Le processus de reconstruction ne se base plus sur l'analyse d'un seul épisode. La TPC que nous avons reconstruite est : « l'enseignante ne change pas de niveau de modélisation dans sa réponse par rapport à celui dans la question de l'élève ». Cette TPC reste encore vague, il est par exemple difficile de dire s'il s'agit d'une TPC « Stratégies », « Difficultés » ou même « Buts et valeurs ». Nous l'avons catégorisée parmi les TPC « Stratégies » en grande partie par ce qu'il s'agit de la catégorie la plus englobante, et pour laquelle la définition des types de connaissances qu'elle contient est assez floue (voir chapitre Analyse).

8.1.4. Reconstruction des PCK à partir de TPC

Nous avons choisi de considérer les PCK comme une collection de TPC, les TPC étant plus accessibles à la reconstruction à partir de l'action. La littérature est très pauvre en ce qui concerne les liens entre TPC et PCK. Afin de reconstruire des PCK à partir de TPC nous avons donc choisi de définir les PCK comme pouvant être des règles d'utilisation des TPC. Cette définition nous a permis de reconstruire des PCK à partir de graphes cohésitifs montrant l'implication entre les mots clés relatifs au nombre de TPC utilisées au sein d'un même épisode et la nature de ces TPC. Nous avons reconstruit ainsi une PCK concernant l'utilisation des TPC « Curriculum » et « Buts et valeurs » du fait que la mise en œuvre d'une TPC « Curriculum » implique la mise en œuvre d'une TPC « Buts et valeurs ». En visionnant les épisodes nous avons ainsi pu reconstruire une PCK qui prend en compte cette « règle d'utilisation » des TPC : « Le programme officiel prescrit ce que les élèves doivent savoir, mais l'enseignante est en droit de demander aux élèves de savoir certaines choses qui ne sont pas dans le programme si elle estime qu'il s'agit d'un savoir participant à l'apprentissage de la chimie ». Ainsi cette PCK recouvre bien la règle d'utilisation : « une TPC curriculum (connaissance sur le programme officiel) mise en œuvre implique la mise en œuvre d'une TPC « Buts et valeurs » (qu'est ce qui participe à l'apprentissage de la chimie) ». Nous avons conscience que cette méthode demande à être approfondie, et soulève une question importante : à quelles connaissances est liée cette PCK. En effet par définition une PCK est liée à un contenu, or par cette méthode de reconstruction aucun contenu n'apparaît. Il nous aurait fallu coder quel savoir est à l'œuvre dans l'épisode interactionnel. Cette PCK permet d'interpréter l'action de l'enseignante pour certains épisodes à partir desquels aucune TPC « Curriculum » ou « Buts et valeurs » n'avait été reconstruite. Ainsi dans l'exemple suivant (tableau 76), l'épisode avait permis de reconstruire une TPC « Stratégies » : « Pour savoir si une réaction est totale ou non sans avoir calculé le taux d'avancement final, les élèves peuvent regarder la valeur de K, si K est grand alors la réaction est totale ». Nous pouvons constater que la PCK reconstruite permet en effet d'interpréter l'action de l'enseignante : l'enseignant dit aux élèves que pour savoir si une réaction est totale ils peuvent regarder la valeur de K. Or cette manière de procéder est explicitement déconseillée par le programme puisque l'on retrouve dans le document d'accompagnement des programmes la recommandation suivante : « *Le taux d'avancement final dépend des conditions initiales et de la constante d'équilibre K associée à la réaction (il convient donc de ne pas raisonner uniquement sur la valeur de K pour prévoir l'état d'avancement d'un système)* ». L'enseignante répond aux élèves qu'ils peuvent regarder la valeur de K pour savoir si une réaction est totale même si cette manière de procéder ne fait plus partie du programme.

Tableau 76 : Transcription d'un épisode interactionnel ou la PCK reconstruite permet d'interpréter l'action de l'enseignante.

E	madame
P	oui
E	(...?) plus ça veut dire que l'équilibre il est il est (...?)
P	ça veut dire quoi l'équilibre est grand /
E	(...?) il est atteint
P	alors l'équilibre il est toujours atteint
E	oui mais enfin c'est dur de ne pas l'atteindre
P	non c'est pas par rapport à l'équilibre / fin de toute façon on atteint un état d'équilibre par ce que ce tant qu'on a pas atteint un état d'équilibre ça continue d'évoluer
E	il est plus fragile
P	il est plus fragile non là qu'est ce qu'on va montrer dans le cas 2 dans le cas du deuxième mélange la réaction elle est comment
E	totale
P	elle va être totale donc quand K est très grand la réaction elle est proche d'une réaction totale d'accord donc avant il y avait un critère sur ça mais c'est plus à votre programme mais vous pouvez retenir ça aussi justement on va voir là j'ai gardé K1 on a vu on est dans le domaine de prédominance des réactifs la réaction elle est pas totale on avait une constante qui est alors relativement petite hein parce que des fois c'est bien plus petit que ça on a vu du 10 moins 5 ou encore plus petit et là on a une constante qui est très grande

Une autre piste de reconstruction des PCK apparaît à la suite de notre discussion sur la catégorie de TPC « Stratégie ». Nous avons montré (Chapitre 6) que certaines TPC de cette catégorie pouvaient être découpées en TPC d'autres catégories, et que ces TPC sont articulées entre elles. Si l'on envisage la PCK comme étant l'articulation d'au moins deux TPC, nous avons, dans certains cas, reconstruit des PCK à partir de l'action. Ces PCK sont liées au savoir en jeu dans l'épisode interactionnel à partir duquel elles ont été reconstruites.

Deux pistes sont donc à envisager pour reconstruire les PCK, les deux méthodes demandent encore d'être mises à l'épreuve, d'être analysées plus en profondeur. Cependant cette réflexion sur la méthode de reconstruction des PCK nécessitera d'être accompagnée d'une réflexion sur la définition des PCK notamment en ce qui concerne le grain de savoir d'une TPC et d'une PCK.

8.2. Type de TPC mises en œuvre et caractérisation des TPC

Notre deuxième ensemble de questions concernait le type et le nombre de TPC mises en œuvre par l'enseignante et la façon dont il est possible de caractériser ces TPC.

8.2.1. Type et nombre de TPC mises en œuvre dans un enseignement de chimie

Nous avons posé la question de savoir quels types, et combien, de TPC sont mises en œuvre lors d'un enseignement de chimie.

Nous avons constaté, premièrement, qu'aucune TPC de la catégorie « Évaluation » n'est mise en œuvre dans les épisodes interactionnels. Vraisemblablement les épisodes

interactionnels ne sont pas des moments privilégiés pour l'étude de ce genre de TPC : lors de ces passages, ce sont les élèves qui prennent l'initiative de poser une question, l'enseignante met donc peu souvent en œuvre des connaissances relatives à la détection des difficultés des élèves.

La majorité des TPC mises en œuvre appartient à la catégorie « Stratégies », cette catégorie a été sujette à discussion : les frontières en sont floues, et ce que signifie une stratégie d'enseignement demande à être précisé. De plus certaines des TPC de cette catégorie sont en fait constituées de regroupement de TPC articulées entre elles. Nous avons donné au chapitre 6 l'exemple suivant : la TPC « utiliser le tableau d'avancement pour différencier l'état final de l'état initial et comme représentant des liens entre concepts » peut être décomposée en trois TPC.

- « les élèves maîtrisent bien le tableau d'avancement »
- « les élèves éprouvent des difficultés avec les concepts d'état final et d'état initial »
- « le tableau d'avancement est un concept central du programme du lycée »

Les deux premières TPC appartiennent à la catégorie « Difficultés », la troisième à la catégorie « Curriculum ».

Il s'agit toutefois d'une des principales catégories de TPC (van Driel, 1998), c'est-à-dire qu'il s'agit de la catégorie de connaissances la plus spécifique du métier d'enseignant. Nous nous attendions donc à ce que l'enseignante mette en œuvre ces TPC dans de nombreux épisodes.

La deuxième catégorie principale de TPC, d'après la littérature, est la catégorie « Difficultés ». Nous observons que ces TPC sont mises en œuvre de façon plus sporadique que celles de la catégorie « Stratégies ». Nous aurions pu nous attendre à ce qu'une TPC « Difficultés » soit mise en œuvre avec une TPC « Stratégies » selon le schéma d'action suivant : l'enseignante détecte une difficulté chez les élèves, ou sait que tel objet de savoir occasionne des difficultés chez les élèves ; en fonction de cette TPC elle met en place une stratégie d'enseignement afin de contrer cette difficulté en mettant en œuvre une TPC « Stratégies ». Nous ne retrouvons pas ces liens dans les graphes d'implications, ceci est dû à la particularité de la catégorie « Stratégies » :

- La définition de ce qu'est une stratégie reste floue
- Certaines TPC « Stratégies » reconstruites sont décomposables en TPC plus petites d'autres catégories.

Du fait que nous n'avons pas décomposé les TPC « Stratégies » en TPC plus « petites » les liens entre les TPC « Stratégies » et d'autre TPC d'autres catégories, notamment la catégorie « Difficultés » n'apparaissent pas.

Les TPC de la catégorie « Buts et valeurs » sont mises en œuvre de manière homogène tout au long de la séance. Ceci est dû au fait que les épisodes à partir desquels les TPC « Buts et valeurs » sont reconstruits sont relativement variés, nous retrouvons ainsi des épisodes traitant de l'expérimental par rapport au théorique (tableau 68), des épisodes traitant de ce qu'il faut savoir (tableau 66) ou enfin des épisodes permettant de voir comment l'enseignante apporte la justification à ses réponses (tableau 65). Nous obtenons de ce fait des TPC très variées au sein de la catégorie « Buts et valeurs » : des connaissances relatives à l'épistémologie, à ce qui est important dans l'apprentissage de la chimie et à la façon dont une réponse est argumentée.

Enfin les TPC « Curriculum » sont peu mises en œuvre, pour nous il s'agit d'une limitation de notre méthode d'analyse : nous n'avons réussi à reconstruire des TPC « Curriculum » qu'à partir d'épisodes assez particuliers dont les questions des élèves étaient du genre « ce qu'il faut savoir ». Or nous avons conscience que ce genre de connaissances est mis en œuvre de façon quasiment constante dans l'activité de l'enseignante. Cela étant dit, nos analyses montrent que ce genre de TPC est mis en œuvre de façon homogène dans la séquence, aucun thème ne semble être privilégié.

De tous ces points il ressort que lors de son enseignement de chimie, l'enseignante met en œuvre un grand nombre de TPC pour pouvoir répondre aux questions des élèves. Ces TPC sont variées (il s'agit rarement de la même TPC). Voici quelques exemples de TPC pour montrer la variété de ces connaissances :

- « L'équation de la réaction est un représentant qui lie les concepts (produits, équilibre) et ainsi qui aide les élèves à comprendre ».
- « Structurer le calcul, passer par des étapes (calcule de C,...) permet aux élèves de ne rien oublier ».
- « Justifier sa réponse peut se faire en faisant appel à l'analyse dimensionnelle »
- « Les élèves doivent savoir lister, lors d'une analyse par conductimétrie, tous les ions spectateurs ».

Le type de TPC mis en œuvre ne dépend pas du thème, ainsi à tout moment l'enseignante est susceptible de mettre en œuvre une TPC de n'importe quelle catégorie.

Dans la majorité des épisodes une seule TPC est mise en œuvre. Or le travail enseignant est défini comme étant complexe (voir chapitre 1) ce qui aurait comme conséquence que même pour des réponses relativement courtes de l'enseignante celle-ci mette en œuvre plusieurs TPC. Ce résultat est en grosse partie dû au problème de définition du grain de connaissance que représente une TPC. Comme nous l'avons évoqué, certaines TPC que nous avons reconstruites sont décomposables en TPC plus « petites ». Si nous avions pris conscience de ce problème plus tôt dans notre travail, nous aurions pu reconstruire à chaque fois la TPC la plus petite possible en décomposant au maximum chaque TPC. Nous aurions ainsi pu voir apparaître la mise en œuvre de plusieurs TPC au sein d'un même épisode de manière plus systématique.

La caractérisation des TPC en fonction de leur spécificité par rapport au savoir enseigné auquel elles sont liées (caractère global ou local) nous renseigne sur la spécialisation des connaissances de l'enseignante. En effet une TPC a d'autant plus de chance d'être utilisée dans des situations diverses que l'élément de savoir auquel elle est liée est important en taille, si l'on part du principe qu'un « gros élément » de savoir nécessite plus de temps d'enseignement ainsi que de sa spécificité. Ainsi la TPC suivante : « Définir une grandeur en comparant ses propriétés par rapport aux propriétés d'une autre grandeur » est liée à un gros objet de savoir (les grandeurs) d'autant plus qu'il s'agit d'un objet de savoir offrant une « transversalité importante (c'est-à-dire qui peut être utilisée pour des connaissances chimiques différentes), cette TPC est susceptible d'être mise en œuvre dans des situations diverses étant donné que l'enseignement de chimie fait souvent appel à cet objet de savoir. Au contraire la TPC « Les élèves n'ont pas besoin de connaître les valeurs des pKa » est liée à un petit objet de savoir : le pKa, très spécifique. Cette TPC est peu susceptible d'être utilisée si le savoir en jeu dans la classe ne concerne pas directement le concept de pKa. L'enseignante met en œuvre autant de TPC locales que globales. Ainsi des connaissances spécifiques sont utilisées conjointement à des connaissances d'ordre plus général.

8.2.2. Caractérisation des TPC à l'aide de la mise en œuvre du savoir

Nous avons cherché à caractériser les TPC à l'aide des trois catégories de description de la mise en œuvre du savoir enseigné. L'analyse statistique implicative des mots clés relatifs à la mise en œuvre du savoir enseigné et les mots clés relatifs aux catégories de TPC ne montre pas de relation claire entre mise en œuvre du savoir enseigné et catégorie de TPC, sauf en ce qui concerne les catégories « l'enseignante fait un rappel (d'une autre classe) » et « l'enseignante introduit un savoir nouveau ». Pour expliquer cet état de fait il nous faut nous pencher sur les catégories de description de la mise en œuvre du savoir enseigné et les catégories de TPC.

Les catégories de description de la mise en œuvre du savoir enseigné décrivent l'action de l'enseignante : l'enseignante ne répond pas tout de suite à la question de l'élève, l'enseignante introduit un savoir nouveau, l'enseignante introduit de nouveaux éléments dans le milieu etc. Cependant pour décrire l'action de l'enseignante suivant les catégories suivantes : « l'enseignante fait un rappel », « l'enseignante fait un rappel d'une autre classe », « l'enseignante introduit un savoir nouveau », « l'enseignante fait le lien entre un savoir nouveau et ancien », il nous a fallu construire des ensembles de savoirs. Si l'on considère le savoir en jeu dans un thème comme constituant un ensemble de savoir, nous pouvons en effet définir différents ensembles de savoir pour un thème donné : l'ensemble constitué par le savoir en jeu dans les thèmes précédents, l'ensemble constitué par le savoir en jeu dans les autres classes, l'ensemble constitué par le savoir qui n'est présent ni dans les thèmes précédents ni dans les autres classes (savoir nouveau). Ces ensembles de savoir nous permettent de situer le savoir en jeu dans l'épisode : le savoir en jeu dans l'épisode fait partie de l'ensemble de savoir en jeu dans les thèmes précédents, le savoir en jeu dans l'épisode est un savoir nouveau etc. Ainsi à la base de la description de l'enseignante en ce qui concerne les rappels, l'introduction d'un savoir nouveau etc. il y a une description du savoir. Les catégories de TPC sont construites autour de domaines de savoir professionnels, ces domaines sont les difficultés d'élèves, les stratégies d'enseignement, le curriculum et les buts et valeurs de l'enseignement des sciences. Il s'agit donc de catégoriser les connaissances professionnelles en fonction du domaine de savoir professionnel sur laquelle ces connaissances professionnelles portent. Comme nous l'avons dit, l'analyse implicative ne montre pas de liens entre ces catégories de connaissances professionnelles (les catégories de TPC) et les catégories de description de l'action de l'enseignante (catégories relatives à la mise en œuvre du savoir enseigné). Ce résultat n'est pas surprenant : aucune de nos hypothèses ne permet de faire un lien entre une description de l'action relative à la mise en œuvre du savoir enseigné et une description des connaissances professionnelles basée sur des domaines de savoir. Il s'agit de deux dimensions de description de l'action de l'enseignante dans sa classe (mise en œuvre du savoir à enseigner et mise en œuvre de catégorie de TPC) qui sont indépendantes. Il existe par contre un lien entre les catégories « l'enseignante fait un rappel », « l'enseignante fait un rappel d'une autre classe » et « l'enseignante introduit un savoir nouveau » et les catégories de TPC. Nous l'avons dit plus haut ces catégories de description de l'action reposent sur une différenciation du savoir en jeu dans l'épisode selon les ensembles de savoir présentés ci-dessus. Il s'agit d'une description du savoir enseigné. Il existe donc un lien entre la description du savoir enseigné et la description des connaissances professionnelles. Donner du sens à ce lien nous est difficile, toutefois ce lien nous a permis de réfléchir sur les catégorisations de la mise en œuvre du savoir enseigné et des connaissances professionnelles.

8.2.3. Caractérisation des TPC à l'aide des niveaux de modélisation du savoir en jeu

Nous nous demandons si certains savoirs appellent la mise en œuvre de certaines TPC, ou si la mise en œuvre de certaines TPC appelle certains savoirs.

Les TPC « Curriculum » ne sont liées à aucun savoir en particulier. Il s'agit de la seule catégorie de TPC dans cette situation. Ce résultat montre que les questions des élèves concernant « ce qu'il faut savoir » portent sur des niveaux de modélisation variés.

Lorsque le savoir en jeu est du niveau des grandeurs, des TPC de la catégorie « Buts et valeurs » sont mis en œuvre. Ce résultat est expliqué par le fait que :

L'enseignante fait le lien entre la valeur obtenue de manière théorique (c'est-à-dire par le calcul) et celle obtenue de manière expérimentale lorsqu'elle répond aux élèves à propos des grandeurs. Ces liens qu'elle fait entre théorique et expérimental sont des moments privilégiés pour reconstruire des TPC « Buts et valeurs ». Nous donnons un exemple (tableau 77).

Les épisodes à partir desquels certaines TPC « Buts et valeurs » sont reconstruites sont des épisodes au cours desquels les élèves posent des questions sur ce qu'il faut savoir. Les élèves posent principalement des questions sur les valeurs des grandeurs qu'ils doivent savoir ou non. Nous avons codé le savoir en jeu dans ces épisodes comme appartenant au niveau des grandeurs. Nous donnons un exemple (tableau 78).

Tableau 77 : Transcription d'un épisode à partir duquel une TPC « Buts et valeurs » a été reconstruite et dont le savoir en jeu appartient au niveau des grandeurs. La TPC reconstruite est « L'apprentissage de la chimie comporte une part d'apprentissage par cœur de certaines valeurs alors que d'autres valeurs n'ont pas besoin d'être apprises par cœur ».

E	il nous sera donné le pKa
P	le pKa des couples soit on vous les fait calculer par d'autres données soit on vous les donne donc vous avez pas à apprendre par cœur les pKa des couples

Tableau 78 : Transcription d'un épisode interactionnel à partir duquel une TPC « Buts et valeurs » a été reconstruite et dont le savoir en jeu est du niveau des grandeurs. La TPC reconstruite est « Montrer comment marche la science fait partie de l'enseignement des sciences, et permet de mieux comprendre la science ».

E	mais K c'est la vraie valeur
P	ouais bah enfin c'est la valeur qu'on a mesurée qu'on admet heu (...) à 25 degré

Lorsqu'une TPC « Difficultés » est mise en œuvre le savoir en jeu est théorique. Pour nous ce lien reflète le fait que l'enseignante ne possède que des connaissances relatives aux difficultés des élèves d'ordre théorique. Ce point soulève la question, que nous n'avons pas abordée dans ce travail, du développement des TPC chez les enseignants. Ces connaissances se développent à travers l'expérience (van Dreil, 1998). L'enseignante observée étant encore relativement peu expérimentée (quatre ans d'enseignement dont deux en Terminale) cette explication semble cohérente.

Enfin lorsque le savoir en jeu concerne le lien entre une grandeur et une propriété du monde non-perceptible des TPC « Stratégies » sont mises en œuvre. Nous expliquons la mise en œuvre de TPC « Stratégies » lorsque le savoir en jeu concerne un tel lien

par le fait que les grandeurs vues au cours de cette séquence d'enseignement sont des grandeurs thermodynamiques qui restent relativement abstraites. Le lien avec le monde non-perceptible n'est pas évident à faire, l'enseignante met ainsi en œuvre des stratégies pour aider les élèves. Ainsi par exemple lorsqu'un élève demande à l'enseignante ce que représente le pK_a , l'enseignante lui montre comment le pK_a est relié au diagramme de prédominance. Le diagramme de prédominance représente les concentrations en espèces acides et basiques en fonction du pH pour une solution donnée. Le pK_a correspond au point de pH pour lesquelles les concentrations en acide et en base sont identiques. En reliant le pK_a , qui est une grandeur, au diagramme de prédominance, qui représente une propriété d'une solution (la concentration en fonction du pH) l'enseignante donne du sens à la grandeur pK_a . Nous avons ainsi reconstruit le TPC suivante : « L'enseignante associe le pK_a au diagramme de prédominance pour donner du sens au pK_a ».

La caractérisation des TPC grâce au niveau de modélisation s'avère être riche puisqu'elle nous permet de mettre en relief les spécificités des connaissances de l'enseignante. Elle nous a également permis de caractériser les questions d'élèves concernant ce qu'il faut savoir.

8.3. Caractérisation de la méthode d'analyse

Nous avons, tout au long de ce travail, poursuivi une réflexion méthodologique. Nous avons tenu à rendre compte de cette réflexion en émaillant ce document de discussions méthodologiques, dont le but est de fournir des indications sur la reproductibilité de la méthode d'analyse mise au point et la qualité des résultats obtenus. Ces points de méthodologie nous permettent de caractériser notre méthode d'analyse. Nous l'avons vu, la méthode d'analyse est basée sur deux approches :

- Une approche narrative, basée sur le découpage en thèmes, et qui prend en compte des durées de l'ordre de la dizaine de minutes.
- Une approche par catégorie, à partir des épisodes interactionnels, basée sur des temps plus courts de l'ordre de la minute.

Ces deux approches sont complémentaires. Il est en effet impossible pour un certains nombre de catégories, de se baser uniquement sur ce qui se passe dans l'épisode interactionnel. L'approche narrative permet de rendre compte de l'évolution de certains événements. Le codage par mots clés pour ces événements représente en quelque sorte un codage de l'analyse narrative. Ces deux approches se retrouvent également dans le traitement des données : une approche basée sur le découpage en thèmes et qui cherchent à replacer les TPC dans la séance et les thèmes, une approche basée sur la caractérisation des épisodes et qui cherche des liens entre les descripteurs de la situation et les TPC mises en œuvre. Enfin nous avons montré deux processus possibles de reconstruction pour les TPC : l'un est basé sur l'interprétation et le sens donné à un épisode interactionnel. Cette reconstruction s'appuie sur les mots clés affectés à l'épisode en question. L'autre est basé sur des comportements communs à des ensembles d'épisodes. Le processus de reconstruction s'appuie sur l'hypothèse que si un comportement est présent dans plusieurs épisodes différents, alors c'est la même connaissance qui est mise en œuvre dans l'ensemble de ces épisodes. Le statut « épistémologique » de ces méthodes de reconstruction de connaissances n'est donc pas le même.

La première méthode de reconstruction se base sur la description détaillée d'une situation, le sens donné aux actions des protagonistes de la classe pour un épisode. Ce que l'on appelle connaissance dans ce cas là est ce qui permet de donner du sens à l'action de l'enseignante en fonction de la situation.

La deuxième méthode est basée sur la reconnaissance de certains patterns de mots clés à partir desquels il est possible d'assimiler une action systématique de l'enseignante sur plusieurs épisodes. L'intérêt de cette méthode est que la connaissance ainsi reconstruite a un caractère plus général, c'est-à-dire moins sujet à la situation particulière de tel ou tel épisode que les connaissances reconstruites par la première méthode. Cependant le risque de ne pas avoir pris en compte un descripteur pertinent de la situation, et qui serait corrélé à l'action de l'enseignante existe. Ce que nous voulons dire est que cette méthode est basée sur la comparaison d'épisodes afin de rechercher des similarités entre plusieurs épisodes. Or cette comparaison est faite à partir des mots clés et seulement de ceux-ci. L'utilisation de mots clés repose sur une logique catégorielle et ceux-ci sont définis a priori, il est donc possible de passer à coté d'un ou plusieurs aspects des situations des épisodes qui permettraient de donner du sens aux actions systématiques observées. Par exemple nous avons identifié que l'enseignante ne changeait pas de niveau de modélisation dans sa réponse par rapport à la question de l'élève. Le graphe 9 ne montre pas d'implication entre cette action et d'autres mots clés. Cependant les mots clés que nous avons choisis ne décrivent pas l'intégralité de la situation. En adoptant la première méthode ce risque est par contre réduit car chaque épisode est analysé un à un.

Conclusion

Ce travail avait un double but : la mise au point d'une méthodologie d'analyse des connaissances professionnelles à partir de l'action, et la caractérisation de ces connaissances ainsi que leurs mise en œuvre lors d'un enseignement. Nous verrons d'abord dans quelle mesure nous avons atteint ces buts, puis nous discuterons de l'apport de ce travail du point de vue de la professionnalisation des enseignants.

En ce qui concerne notre méthodologie d'analyse des connaissances, nous avons montré dans le chapitre 1 pourquoi il était important de pouvoir étudier les connaissances professionnelles des enseignants à partir de l'action. La mise au point de cette méthodologie a nécessité tout d'abord d'articuler un cadre théorique lié à l'action et un cadre théorique lié aux connaissances. Notre cadre théorique sur l'action s'appuie d'une part sur la théorie de l'action conjointe et d'autre part sur la théorie de l'activité. Cette dernière définit l'action comme étant orientée par des buts, les buts que nous avons choisis sont : la préparation des élèves au Bac et la compréhension de la chimie par les élèves. La prise en compte de ces deux buts dans l'interprétation de l'action nous a permis de reconstruire certaines connaissances de l'enseignante, qui sont directement liées à la double finalité de l'enseignement de chimie en Terminale. Nous pouvons ainsi distinguer les connaissances qui ont trait à la compréhension de la chimie de celles qui ont trait à la préparation au Bac. Ce résultat tend à montrer plusieurs choses. Premièrement que ces connaissances professionnelles sont bien liées à la situation, dans ce cas au savoir en jeu. C'est en effet le statut du savoir en jeu par rapport au Bac (tel élément de savoir est susceptible d'être évalué au Bac ou non) qui est pris en compte par l'enseignante lorsqu'elle répond. Deuxièmement que l'action d'enseigner est complexe, puisqu'elle demande de prendre en compte des buts différents. Ces buts peuvent de plus, en fonction du savoir en jeu, être source de situations variées : un seul des buts est en jeu, les deux buts sont en jeu de façon opposé ou non.

La théorie de l'action conjointe met le savoir en jeu au cœur de l'interaction entre les élèves et l'enseignant. Nous avons choisi de décrire ce savoir de deux façons : la mise en œuvre du savoir et le niveau de modélisation. En ce qui concerne la mise en œuvre du savoir dans la classe nous avons dit que celle-ci nous avait servi de guide pour la reconstruction de TPC. Les trois catégories de description de l'action didactique proposées par Sensevy nous ont permis de différencier cette action dans les différents épisodes interactionnels. Ainsi, par exemple, dans certains épisodes l'enseignante prend en charge l'avancée du savoir alors que dans d'autres épisodes cette avancée du savoir est sous la responsabilité des élèves. Nous avons interprété cette différence dans les actions de l'enseignante sous l'angle des connaissances professionnelles (TPC). Pour nous, si l'enseignante agit différemment c'est qu'elle met en œuvre une TPC, différente, qui prend en compte le contexte et l'élément spécifique du savoir enseigné en jeu. Ceci nous amène à nous interroger sur la place des connaissances professionnelles dans la théorie de l'action conjointe. Si la théorie de l'action conjointe met le savoir au centre de l'interaction entre les protagonistes de la classe, ce travail nous a amené à considérer les choses d'un point de vue légèrement différent. Pour nous ce n'est pas tant le savoir en jeu qui est au cœur de l'interaction que les connaissances des protagonistes par rapport à ce savoir. Ainsi, si par exemple l'enseignante met en place une stratégie pour répondre à une question d'élève, ce n'est pas parce que ce savoir est source de difficultés pour les élèves mais parce que l'enseignante sait que ce savoir est

source de difficultés. Avec cette façon de voir, le savoir enseigné est toujours au centre de l'interaction, mais ce n'est pas le savoir enseigné en lui-même qui caractérise l'action, mais les connaissances des acteurs par rapport à ce savoir enseigné.

La deuxième façon par laquelle nous avons décrit le savoir est le niveau de modélisation du savoir en jeu dans la question de l'élève et dans la réponse de l'enseignante. La différenciation du niveau de modélisation du savoir en jeu entre la question de l'élève et la réponse de l'enseignante nous a permis d'envisager un autre type de processus de reconstruction. Il s'agit cette fois de regarder le comportement de l'enseignante en fonction de la question de l'élève. La TPC est reconstruite à partir de patterns de réponses en fonction des questions. Nous avons ainsi montré que l'enseignante ne changeait pas de niveau de modélisation du savoir en jeu dans sa réponse par rapport à celui de la question de l'élève. Il s'agit plutôt d'une « proto TPC » puisqu'elle reste encore vague, la preuve en est qu'il nous est difficile de la classer parmi une des catégories de TPC (Connaissances sur les difficultés des élèves, sur les stratégies d'enseignement etc.). Cette approche nous permet d'obtenir, finalement, un comportement qui est susceptible d'être interprété à l'aide d'une TPC. A la différence de l'approche basée sur l'étude d'un seul épisode interactionnel à la fois, nous observons ici un comportement vérifié par plusieurs épisodes. Nous manquons peut-être de descripteurs de cet ensemble d'épisodes qui nous permettraient de reconstruire complètement la TPC. Une interprétation du fait que l'enseignante ne change pas de niveau de modélisation pourrait être qu'elle ne dispose pas de TPC adéquate. La recherche montre que le changement de niveau de modélisation peut aider à la compréhension des élèves. Or l'enseignante ne le fait pas lorsqu'elle répond à une question d'élève. Nous avons choisi de ne pas raisonner ainsi, nous expliquerons pourquoi dans la suite.

La mise au point de la méthodologie repose en grande partie sur le cadre théorique choisi. L'importance de celui-ci transparaît à travers ce que nous venons de dire : la prise en compte des buts nous a permis de mettre en évidence certaines connaissances liées à la présence de ces buts, la façon dont est décrite l'action a une répercussion directe sur le type de connaissances reconstruites. La reconstruction des connaissances à partir de l'action dépend donc en grande partie du choix de la conceptualisation de l'action.

En ce qui concerne la mise en œuvre et la caractérisation des connaissances professionnelles, nous avons montré que l'enseignante mettait en œuvre des connaissances très variées au cours de son enseignement et en relativement grand nombre comme par exemple :

- « Connaissant l'acide les élèves doivent savoir trouver la base conjuguée » ;
- « L'enseignante justifie sa réponse en faisant appel à l'analyse dimensionnelle » ;
- « L'écriture de l'ion oxonium est problématique pour les élèves ».

Ce résultat est cohérent avec la définition de l'enseignant comme étant un professionnel. En effet le professionnel est amené à adapter les connaissances qu'il met en œuvre en fonction du contexte et de la situation.

La caractérisation des types de connaissances (c'est-à-dire les catégories de connaissances) en fonction de la mise en œuvre du savoir ne permet pas de dégager des liens très probants entre la façon dont le savoir est mis en œuvre dans la classe et le type de TPC en jeu dans l'épisode, sauf en ce qui concerne le « statut » du savoir par rapport à l'avancée du savoir dans la classe (rappels, rappels d'une autre classe, savoir nouveau etc.) : quel est le lien dans ce cas là ? La caractérisation des types de TPC mises en œuvre en fonction du niveau de modélisation du savoir nous a par contre permis de mettre en évidence des liens entre catégories de TPC et niveau de modélisation. Ces résultats

nous amènent à nous interroger sur les catégories de TPC. Nous avons vu par ailleurs que ces catégories de connaissances professionnelles (connaissances sur les difficultés etc.) ne sont pas homogènes, que ce soit du point de vue des types de connaissances (connaissances déclaratives, connaissances dans l'action) qu'elles contiennent ou du point de vue du grain de connaissance. Par exemple la TPC

- « Les élèves n'ont pas besoin de connaître les valeurs des pK_a »
- représente un grain de connaissance beaucoup plus petit que celui de la TPC :
- « Pour montrer à partir de la simulation que tau permet de caractériser l'équilibre, l'enseignante construit un tableau, fonctionnant comme un tableau d'avancement, à partir des pourcentages de particules à l'état d'équilibre. Ce tableau permet à l'enseignante de montrer que, si on assimile le nombre de mole à des pourcentages, tau permet de caractériser la réaction »).

De plus nous avons montré que la catégorie « Difficultés » contenait à la fois des connaissances sur les difficultés des élèves dans la compréhension conceptuelle et des difficultés sur la mise en œuvre des savoirs dans différentes situations (problèmes, TP, etc.). La catégorie « Stratégies » contient quand à elle des TPC qui peuvent être décomposées en TPC plus petites et appartenant à d'autres catégories. Ces catégories de connaissances ont été construites par Magnusson et al. (1999) sans se référer à une théorie sur les connaissances. Elles sont fondées sur une approche purement empirique. Ces catégories de connaissances sont construites autour de ce à quoi elles font référence (les difficultés d'élèves, les stratégies d'enseignement, le curriculum, les buts et les valeurs de l'enseignement des sciences) mais pas autour de leur nature même (par exemple connaissances d'expert, connaissances praxéologiques etc.). Ces catégories regroupent donc autant des connaissances déclaratives, qui peuvent être transmises en dehors de tout contexte (par exemple : les élèves confondent réaction chimique et réaction nucléaire lorsque l'ion H^+ est appelé proton) et des connaissances qui sont profondément ancrées dans une situation et un contexte (par exemple : pour montrer à partir de la modélisation que la grandeur tau permet de caractériser l'équilibre chimique, l'enseignante construit un tableau, fonctionnant comme un tableau d'avancement, à partir des pourcentages de particules à l'état d'équilibre. Ce tableau permet à l'enseignante de montrer que, si on assimile le nombre de moles à des pourcentages, tau permet de caractériser la réaction). Ces deux exemples montrent que les TPC regroupent, sans les différencier, des connaissances qui présentent pourtant des différences de par leur nature (la première est une connaissance déclarative, alors que la deuxième est une connaissance beaucoup plus dans l'action). Revenons aux liens d'implications mentionnées plus haut qui portent sur les catégories de TPC qui sont liées au niveau de modélisation, et au statut du savoir par rapport à l'avancée du savoir dans la classe (rappel, rappel d'une autre classe ...), mais pas aux autres catégories de la mise en œuvre du savoir dans la classe). Ces derniers sont des descripteurs du savoir. Le type d'échange dans l'épisode interactionnel, les éléments du milieu utilisés par l'enseignante pour construire sa réponse, le fait que l'enseignante réponde tout de suite ou non et qu'elle développe ou non sa réponse sont des descripteurs de la situation, du contexte ou de l'action de l'enseignante ; même s'ils sont liés au savoir ils ne sont pas des descripteurs du savoir. Il semblerait donc que les catégories de TPC soient liées aux descripteurs du savoir mais pas à ceux de la situation ou à ceux de l'action de l'enseignante. Cette observation est à mettre en parallèle avec le fait que les catégories de TPC sont construites autour de ce sur quoi portent les connaissances enseignées (connaissances sur les difficultés etc.). Ainsi les catégories regroupant ce sur quoi portent les TPC sont liées aux catégories permettant de

décrire le savoir enseigné en jeu. C'est-à-dire que les TPC que nous avons reconstruites peuvent être caractérisées par le savoir enseigné auquel elles sont liées. Par contre nous ne disposons pas de catégorisation de l'action de l'enseignante, ou de la situation qui nous permette de catégoriser les TPC reconstruites.

La catégorisation des TPC ne demande donc pas de cadre théorique à propos de ce que sont les connaissances, ce qui explique sûrement la popularité du modèle de Shulman : en ne conceptualisant pas ce que sont les connaissances, en ne proposant pas de catégoriser celles-ci par rapport à leur nature mais plutôt par rapport à ce à quoi elles se rapportent, ce modèle est applicable quelle que soit la conceptualisation des connaissances du chercheur. Une critique que nous avons souvent entendue à l'encontre des PCK et qui se retrouve dans la littérature, est le peu d'utilité d'un tel concept. Pour nous cette critique provient justement du fait que les connaissances ne sont pas conceptualisées. Ce qui a également comme conséquence qu'après vingt ans de recherche sur les PCK, il n'existe pas encore un cadre théorique faisant consensus, puisque peu de chercheurs explicitent ce qu'ils entendent par connaissances. Il est en effet difficile de construire un cadre théorique sur les connaissances à partir seulement d'une catégorisation de ce sur quoi portent les connaissances. Il existe pourtant un intérêt majeur à étudier les PCK qui repose dans le constat à l'origine de la réflexion de Shulman. Nous l'avons dit dans le chapitre 2, Shulman est parti de l'observation que la formation des enseignants a longtemps porté sur les connaissances disciplinaires uniquement (l'histoire, les maths, la physique-chimie etc.), puis un changement est intervenu et cette formation n'a ensuite portée que sur des connaissances pédagogiques générales. L'idée forte des PCK est de proposer une catégorie de connaissances pédagogiques, c'est-à-dire intervenant dans l'activité d'enseigner, et spécifique à un savoir donné. L'acceptation que ce type de connaissances fasse partie des connaissances professionnelles des enseignants signifie qu'un enseignant ne peut se contenter d'un savoir purement disciplinaire, ou purement pédagogique général.

Quelles leçons pouvons-nous tirer de ce travail pour la formation des enseignants ? S'il est clair que la professionnalisation passe par la reconnaissance et la transmission d'un ensemble de savoirs, reste la question principale : quels savoirs sont à la base du métier d'enseignant ? Si l'idée d'une base de connaissances dont devrait disposer les enseignants pour pouvoir exercer leur métier en tant que professionnel a été abandonnée (du moins sous cette formulation) en même temps que le paradigme cognitiviste a été remis en cause (Bourdoncle, 1993), l'idée de connaissances pédagogiques liées au contenu continue à se révéler pertinente. Principalement parce qu'il s'agit des connaissances permettant de distinguer un spécialiste d'un domaine (par exemple un chimiste) d'un enseignant de ce domaine (l'enseignant de chimie), les PCK sont donc au cœur du métier de l'enseignant. En ce qui concerne la formation des enseignants se pose donc la question de savoir comment un enseignant peut acquérir ces connaissances. Il est raisonnable de penser que les TPC fortement ancrées dans la pratique et tacites (c'est-à-dire qui sont du domaine de l'implicite et de l'inconscient) se développent à travers la pratique. Il s'agit d'ailleurs de la principale source de développement des PCK chez les enseignants (van Driel et al., 1998). Mais nous rejoignons Bucat (2004) lorsque celui-ci dit que le métier d'enseignant se caractérise par son amnésie, c'est-à-dire que chaque enseignant développe un ensemble de connaissances qui ne sont pas transmises et qui disparaissent en même temps que l'enseignant arrête son activité. Chaque enseignant doit donc réinventer la roue. Il est donc important de transmettre ces PCK. Comment alors disposer de PCK à transmettre ? Deux possibilités semblent se présenter, soit il s'agit de construire des PCK issus de théories prescriptives, soit de construire des PCK à partir de théories descriptives. Les PCK issues de théories prescriptives ou d'hypothèses d'apprentissage auront un rôle prescriptif vis-à-vis

des enseignants. Les PCK issues des théories descriptives auront pour but de décrire les connaissances des enseignants, sans distinguer de « bonnes » ou « mauvaises » PCK. Deux arguments nous incitent à plaider pour la deuxième approche :

- Comme le cite Bourdoncle (1993) les enseignants sont réticents par rapport aux savoirs permettant d'orienter leur pratique professionnelle : « *La difficulté majeure vient du rapport de ces savoirs avec les enseignants. Bien que ces savoirs portent sur leur pratique et souvent la prescrivent, ils leur restent largement extérieurs. Ce n'est pas eux qui les ont produits, mais des universitaires de sciences de l'éducation qui, même si beaucoup furent jadis des enseignants comme eux, ont oublié cela et furent choisi pour autre chose. Le mode de construction analytique de ces savoirs, alors qu'eux même vivent leur pratique de manière plutôt syncrétique les éloigne encore plus. Ils les trouvent trop éloignés de leur expérience quotidienne et portent un jugement souvent négatif sur leur formation initiale, où ils y furent particulièrement exposés.*- Aller dans une direction plus prescriptive revient à se détourner du chemin de la professionnalisation des enseignants. Transmettre des connaissances prescriptives (distinguer de bonnes façons de faire et de mauvaises façons de faire) participe à ce que Perrenoud (1994) définit comme la prolétarisation des enseignants, c'est-à-dire à les réduire à de simples transmetteur du savoir et à les priver de toutes les décisions notamment en ce qui concerne la façon de transmettre les savoirs.

Nous avons ainsi dans ce travail adopté une position purement descriptive des connaissances mises en œuvre, en étudiant ces connaissances à travers une théorie de l'action descriptive : la théorie de l'action conjointe. Ainsi lorsque nous observons que l'enseignante ne change pas de niveau de modélisation dans sa réponse par rapport à la question de l'élève, nous ne parlons pas d'un manque de connaissances de l'enseignant, cette interprétation ne vient que dans un deuxième temps à partir de travaux sur l'apprentissage des élèves. Notre travail participe à une cartographie des connaissances mises en œuvre dont le but est de disposer à la fois d'exemples de connaissances professionnelles mises en œuvre, et de connaissances par rapport à la façon dont ces connaissances sont mises en œuvre.

Bibliographie

- Abell, S. K. (2007). Research on science teacher knowledge. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 1105-1149). Mahwa, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Altet, M. (2002). Une démarche de recherche sur la pratique enseignante : l'analyse plurielle. *Revue Française de Pédagogie*(138), 85-93.
- Altet, M., Paquay, L., Charlier, E., & Perrenoud, P. (2001). Former des enseignants professionnels : trois ensembles de questions. In *Former des enseignants professionnels : Quelles stratégies ? Quelles compétences ?* Bruxelles: De Boeck Université.
- Angell, C., Ryder, J., & Scott, P. (2005). Becoming an expert teacher: Novice physics teachers' development of conceptual and pedagogical knowledge Paper presented at the European Science Education Research Association Conference.
- Appert, C. (2007). *Modélisation, Évaluation et Génération de techniques d'interaction.* Paris- sud, Paris.
- Ardac, D., & Hasan, S. A. (2002). Effectiveness of Computer-Based Chemistry Instruction in Enhancing the Learning of Content and Variable Control Under Guided versus Unguided Conditions. *Journal of Science Education and Technology*, 11(1).
- Aufschnaiter, C., & Aufschnaiter, S. (2003). Theoretical Framework and Empirical Evidence of Students' Cognitive Processes in Three Dimensions of Content, Complexity, and Time. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 616-648.
- Berry, A., Loughran, J., & Driel, J. H. v. (2008). Revisiting the Roots of Pedagogical Content Knowledge. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1271-1279.
- Bourdoncle, R. (1993). La professionnalisation des enseignants : les limites d'un mythe. *Revue Française de Pédagogie*(105).
- Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques.* Grenoble: La pensée sauvage.
- Bucat, R. (2004). Pedagogical Content Knowledge as a way forward: Applied research in chemistry education. *Chemistry Education: Research and Practice*, 5(3), 215-228.
- Buty, C., Tiberghien, A., & Le Maréchal, J. F. (2004). Learning hypotheses and associated tools to design and to analyse teaching-learning sequences. *International Journal of Science Education*, 26(5), 579-604.
- Carboneau, M. (1993). Modèles de formation et professionnalisation de l'enseignement : analyse critique de tendances nord-américaines. *Revue des sciences de l'éducation*, 19(1), 33-57.
- Carlsen, W. (1999). Domains of teacher knowledge. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge* (pp. 133-144). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

- Carter, K. (1993). The place of story in the study of teaching and teacher education. *Educational Research*, 22.
- Chevallard, Y. (1991). *La transposition didactique* (2ème ed.). Grenoble: La Pensée Sauvage. 208
- Coulaud, M. (2005). Évaluer la compréhension des concepts de mécanique chez des élèves de secondes : développement d'outils pour les enseignants. Unpublished Thèse de doctorat, Université Lyon 2, Lyon.
- Cross, D., Khanfour-Armalé, R., Badreddine, Z., Malkoun, L., & Seck, M. (2009). Méthodologie de mise au point d'un consensus entre chercheurs : le cas du thème. Paper presented at the 1er colloque international de didactique comparée.
- Duval, R. (1991). Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. *Annales de didactique et de sciences cognitives*(5), 37-65.
- Engeström, Y. (1999). Activity theory and individual and social transformation. In Y. Engeström, R. Miettinen & R.-L. Punamäki (Eds.), *Perspectives on activity theory* (pp. 19-38). Ambridge: Cambridge University Press.
- Goldman, S., & McDermott, R. (2007). Video research in the learning sciences. In R. Goldman, R. Pea, B. Barron & S. Derry (Eds.), *Staying the course with video analysis*. Mahwah New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Gras, R., Kuntz, P., & Briand, H. (2001). Les fondements de l'analyse statistique implicative et quelques prolongements pour la fouille de données. *Journal*, (154). Retrieved from <http://msh.revues.org/document2849.html>
- Hashweh, M. Z. (2005). Teacher pedagogical constructions: a reconfiguration of pedagogical content knowledge. *Teachers and Teaching: theory and practice*, 11(3), 273-292.
- Huberman, M., & Miles, M. (1991). *Analyse des données qualitatives*. Bruxelles: De Boeck Université.
- Kagan, D. M. (1992). Professional Growth Among Preservice and Beginning Teacher. *Review of Educational Research*, 62(2).
- Kauertz, A., & Fischer, H. E. (2006). Assessing Students' Level of Knowledge and Analysing the Reasons for Learning Difficulties in Physics by Rasch Analysis. In X. L. W. J. Boone (Ed.), *Applications of Rasch Measurement in Science Education*. Maple Grove: JAM press.
- Kermen, I., & Méheut, M. (2008). Mise en place d'un nouveau programme à propos de l'évolution des systèmes chimiques : impact sur les connaissances professionnelles d'enseignants. *Didaskalia*, 32.
- Le Maréchal, J.-F., & Béchu-Robinault, k. (2006). La simulation au sein du projet Microméga. *Aster*(43), 81-108.
- Le Maréchal, J. F. (1999). Modelling student's cognitive activity during the resolution of problems based on experimental facts in chemical education. In J. Leach & A. C. Paulsen (Eds.), *Practical work in science education* (pp. 195-209).
- Loughran, J., Mulhall, P., & Berry, A. (2004). In Search of Pedagogical Content Knowledge in Science: Developing Ways of Articulating and Documenting Professional Practice. *JOURNAL OF RESEARCH IN SCIENCE TEACHING*, 41(4).

- Magnusson, S., Borko, H., & Krajcik, J. (1992). The relation between teacher content and pedagogical content knowledge and student knowledge of heat energy and temperature. Paper presented at the Annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In N. G. L. Julie Gess-Newsome (Ed.), *Examining Pedagogical Content Knowledge* (pp. 95 - 132). Boston: Kluwer. 209
- Malkoun, L. (2007). De la caractérisation des pratiques de classes de physique à leur relation aux performances des élèves: étude de cas en France et au Liban. Unpublished Doctorat, Université Lyon 2 / Université Libanaise, Lyon/Beyrouth.
- Mansoor, N. (1987). Relation between M-Space of Students and M-demand of different items of general chemistry and its interpretation based upon the neo-piagetian theory of Pascual-Leone. *Journal of Chemical Education*, 64(6).
- Martinand, J.-L. (1992). *Enseignement et apprentissage de la modélisation*. Paris: INRP.
- Mondada, L. (2003). Observer les activités de la classe dans leur diversité : choix méthodologiques et enjeux théoriques. In J. Prerera, L. Nussbaum & M. Milian (Eds.), *L'educació lingüística en situacions multiculturals i multilingües*. Barcelona: ICE Universitat de Barcelona.
- Morge, L. (2003). Connaissances professionnelles locales : cas d'une séance sur le modèle particulaire. *Didaskalia*, 23, 101-131.
- Morrisson, J. A., & Lederman, N. G. (2003). Science Teachers' Diagnosis and Understanding of Students' Preconceptions. *Science Education*, 87(6), 849-867.
- Perrenoud, P. (1994). Le métier d'enseignant entre prolétarisation et professionnalisation : deux modèles du changement. *Perspectives*, XXVI(3).
- Raymond, D. (1993). Éclatement des savoirs et savoirs en rupture : une réplique à Van der Maren. *Revue des sciences de l'éducation*, 19(1), 187-200.
- Rex, L. A., Steadman, S. C., & Graciano, M. K. (2006). Researching the complexity of classroom Interaction. In J. L. Green, G. Camilli & P. B. Elmore (Eds.), *Handbook of Complementary Methods in Education Research* (pp. 727-772).
- Rollnick, M., Bennett, J., Rhemtula, M., Dharsey, N., & Ndlovu, T. (2008). The Place of Subject Matter Knowledge in Pedagogical Content Knowledge: A Case Study of South African Teachers Teaching the Amount of Substance and Chemical Equilibrium. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1365-1387.
- Schön, D. A. (1987). Educating the reflective practitioner: Toward a new design for teaching and learning in the professions. San Francisco: Jossey-Bass.
- Seck, M. (2007). Comparaison des pratiques de classes dans le cas de l'enseignement de l'énergie en première scientifique. Université Lyon 2/Université Cheikh Anta DIOP Dakar, Lyon.
- Sensevy, G. (2007). Des catégories pour décrire et comprendre l'action didactique. In G. Sensevy & A. Mercier (Eds.), *Agir ensemble : Éléments de théorisation de l'action*

conjointe du professeur et des élèves (pp. 13-49). Rennes: Presses Universitaires de (PUR).

Sensevy, G., Mercier, A., Schubauer-Leoni, M.-L., Ligozat, F., & Perrot, G. (2005).

An attempt to model the teacher's action in mathematics. *Educational Studies in mathematics*, 59(1), 153-181.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.

Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundation of a new reform. *Harvard Education Review*, 57(1), 22.

Shulman, L. S., & Sykes, G. (1986). A national board for teaching? In search of a bold standard. Sinclair, J. M. H., & Coulthard, R. M. (1975). Towards an analysis of discourse. London: Open University Press.

Tardiff, M., & Lessard, C. (1999). *Le travail enseignant au quotidien : Expérience, interactions humaines et dilemmes professionnels*. Laval: Presses Université Laval.

Tasker, R., & Dalton, R. (2006). Research into practice: visualisation of the molecular world using animations *Educational Research*.

Tiberghien, A. (1994). Modelling as a basis for analyzing teaching-learning situations. *Learning and Instruction*, 4(1), 71-87.

Tiberghien, A. (2000). Designing teaching situations in the secondary school. In R. Millar, J. Leach & J. Osborne (Eds.), *Improving science education: The contribution of research* (pp. 27-47). Buckingham, UK: Open University Press.

Tiberghien, A., Malkoun, L., Buty, C., Souassy, N., & Mortimer, E. (2007). Analyse des savoirs en jeu en classe de physique à différentes échelles de temps. In G. Sensevy & A. Mercier (Eds.), *Agir ensemble : Éléments de théorisation de l'action conjointe du professeur et des élèves* (pp. 93-122). Rennes: PUR.

Tiberghien, A., & Sensevy, G. (En preparation). *VIDEO STUDIES: TIME AND DURATION IN THE TEACHING-LEARNING PROCESSES*. In. Tochon, F. V. (1993). *L'enseignant expert*. Paris: Nathan pédagogie.

Van Der Maren, J.-M. (1995). *Méthode de recherche pour l'éducation*. Bruxelles: De Boeck Université.

van Driel, J. H., Verloop, N., & de Vos, W. (1998). Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 673-695.

Veal, W. R., & MaKinster, J. G. (1999). Pedagogical content knowledge taxonomies. *Journal*, 3(4). Retrieved from <http://wolfweb.unr.edu/homepage/crowther/ejse/vealmak.html>

Annexes

Annexe I : Transcription du discours de la classe

Transcription de la séance du 16 / 11 / 2006

Locuteurs	Productions verbales
P	donc / aujourd'hui on va travailler de façon un peu particulière je vous ai dit que le cours on le faisait en TP et que le pour commencer ça pouvait vous servir à remettre en ordre toutes les connaissances du cours donc aujourd'hui on va faire ensemble cette démarche là ça veut dire on va reprendre le plan du TP ça veut dire faut que vous ayez votre TP devant vous et vous pouvez aussi avoir le pour commencer d'accord ou au moins les questions et donc on va faire le parallèle pour voir que si chut vous réfléchissez sur ce travail on va avoir un cours complet organisé ////////////// donc la première partie mesure de pH la première chose qu'on a fait dans le TP c'est / de définir le pH alors comment est ce qu'on peut définir le pH / alors Estelle / c'est quoi le pH
E	le pH c'est heu c'est égal à moins log de heu heu H_3O^+ enfin de la concentration de H_3O^+
P	oui donc ça tu nous donne la fonction qui nous permet de calculer le pH et le pH
E	heu moi j'ai dis heu ouais concentration d' H_3O^+
P	donc le pH c'est quoi c'est un nombre
E	(...?)
P	voila le pH c'est un nombre qui caractérise l'acidité d'une solution c'est à dire quand vous connaissez le pH vous pouvez dire est ce qu'une solution est acide basique ou neutre / alors je vais pas tout écrire après voila qui caractérise l'acidité d'une solution / et il est donné par quelle relation il est donné par ce nombre comment on l'obtient on le mesure sinon pH égale moins logarithme de la concentration en H_3O^+ dans cette relation on a dis pH est un nombre et la concentration en H_3O^+ la valeur on doit prendre en quelle unité
E	mol par litre
P	en mol par litre / quand on a cette relation là c'est à dire on a une fonction qui relie pH et concentration si on veut la concentration à partir du pH
E	la réciproque
P	oui la réciproque ça va être quoi
E	10 puissance (...?)
P	donc H_3O^+ égale 10 puissance moins pH donc ça ça permet de définir le pH // donc à partir de cette fonction on va pouvoir dire comment évolue le pH bah en fonction du seul paramètre qui rentre en jeu c'est à dire la concentration en H_3O^+ et ces deux relation elles nous permettent de faire après des calculs / d'accord donc quand on a cette relation comment évolue le pH en fonction de la concentration en H_3O^+ /
E	elle diminue
P	alors Neyla
E	bah quand la concentration en H_3O^+ diminue le pH il diminue et quand la concentration (...?)
P	donc tu dis donc petit 2 je le mets là quand la concentration en H_3O^+ diminue
E	le pH augmente
P	le pH augmente / d'accord ça veut dire sinon on peut dire / plus la solution à une concentration importante en H_3O^+ d'accord plus elle est acide une solution acide c'est un pH qui est grand ou petit /
E	petit
P	donc plus c'est acide ça veut dire plus ça diminue d'accord alors on vous disait maintenant dans le deuxième exercice à 25 degré pH égale 7 calculer la concentration en H_3O^+ donc
Sous contrat Creative Commons Paternité Pas de Modification 2.0 France (http://creativecommons.org/licenses/by-nd/2.0/fr/)	
183	
E	la deuxième
P	creativecommons.org/licenses/by-nd/2.0/fr/ - CROSS David - Université Lyon 2 - 2009 la deuxième oui donc c'est 10 moins pH donc c'est 10 moins 7 mol par litre / alors après il y avait un tableau qui nous permettait de passer de l'un à l'autre ou on faisait plusieurs calculs donc si on s'entraîne / donc on vous dit pH égale 3 concentration 1 dix moins 4 // 2,5 10 moins 6 après on avait pH 8,2 / 6 10 moins 2 d'accord donc qu'est ce qu'on va utiliser si on veut passer du pH à la concentration c'est cette relation c'est cette relation si on veut

Locuteurs	Les productions verbales
P	donc on reprend ce qu'on était en train de faire la semaine dernière //// donc // ça y est vous avez votre cours de la semaine dernière // donc la semaine dernière on a pris le temps de réécrire ensemble les résultats du TP et puis mettre en face les résultats du pour commencer d'accord ça nous a pris toute la séance chut Clémentine / si on fait comme ça on a pas le temps de faire des exercices d'application et pour voir si le cours vous l'avez compris et assimilé il faut qu'on ai le temps de faire des exercices d'accord donc là demain on va faire un nouveau TP de chimie vous aurez aussi le pour commencer à faire et ça veut dire que ce travail bah en partie c'est à vous de le faire chez vous et pour qu'on passe du temps en classe à discuter sur les points qui sont un peu difficile ou les questions que vous vous posez par rapport à ça et qu'on ai le temps aussi de faire des exercices donc on repassera pas deux heures forcement à remettre tout en place ça veut dire que ça c'est le travail que vous avez à faire pour préparer la séance quand vous arrivez en classe d'accord là on a fait du cours donc du coup pour préparer cette séance aujourd'hui vous aviez des exercices
E1	Madame
P	Oui
E1	y a les heu les fiches de révision vaut mieux les faire après le cours qui suit le TP non plutôt que tout de suite après le TP
P	ah oui mais tu peux préparer le cours qu'on va faire quand même ça veut dire déjà avoir identifié quelles étaient les définitions quelles étaient est ce qu'il y a des nouvelles grandeurs qu'on a définis si y a des nouvelles grandeurs qu'est qu'elles caractérisent dans quelles unités elles s'expriment ça on peut déjà l'apprendre même si on en a pas reparlé en classe d'accord je veux dire la définition du pH qu'on avait vu en TP dès qu'on l'a vu bah après faut l'apprendre et la savoir quoi d'accord donc on avait quand même il nous reste quelques petites choses à faire on en était justement sur la quatrième partie sur / les équilibres alors par contre je vais relancer une nouvelle voilà alors qu'est ce qu'on a dit la dernière fois alors on va redécaller qu'est ce qu'on simule ici / donc est ce qu'on a tous les paramètres pour voir comment est réglé la simulation / donc on a mis là la température du système au maximum ça a quoi comme influence
E	ça accélère la réaction
P	ça accélère la réaction oui et pourquoi est ce que ça accélère la transformation
E	(...?)
P	Ouais alors levez la main et si vous faites une réponse faites une réponse que tout le monde peut entendre Lorline
E	parce que les particules se déplacent plus vite
P	voilà donc si les particules se déplacent plus vite du coup qu'est ce qui se passe
E	ça augmente la chance que deux particules se rencontrent
P	ça augmente la chance que deux particules se rencontrent donc ça augmente la probabilité qu'y ai un choc d'accord et quand y a un choc c'est à ce moment là qu'il va y avoir une transformation d'accord on est au niveau microscopique qu'est ce qu'on a réglé encore on a réglé juste au dessus justement du curseur température on a mis des chocs efficaces dans le sens un ça veut dire A plus B donne C plus D / et qu'est ce qu'on a fait aussi on a dit qu'est ce que c'est pourquoi est ce que des fois on a un équilibre et une réaction qui n'est pas totale /
E	parce que la transformation elle se fait dans l'autre sens
P	la transformation peut se faire dans l'autre sens d'accord donc la c'est un peu arbitraire on a mis 80 % de choc efficace dans les deux sens ça veut dire heu
Sous conditions de température et de pression, la transformation passe par 4 fois sur 5 le choc va provoquer une transformation et puis y a des fois il va y avoir un choc heu les particules elles repartent heu inchangées alors ce qui nous intéresse voilà c'est si on regarde le système là la simulation est ce qu'il se passe encore des choses ou pas /	
E	bah oui /
P	oui est ce qu'on peut dire alors on a en dessous la courbe (...) la courbe qui est en dessous qu'est ce qu'elle nous donne donc on a le nombre de particules en fonction du temps et celle qui est dessiné c'est la quantité le nombre de particule

Locuteurs	Productions verbales
P	donc quel était le but du TP de vendredi Amandine
E	heu parler des différents facteurs qui influent sur la constante d'équilibre
P	voir les différents facteurs qui influent sur la constante d'équilibre donc avant de voir les différents facteurs aussi / qu'est ce qu'il fallait du coup redéfinir est ce qu'on savait avant le TP ce que c'est une constante d'équilibre
E	non
P	non/ donc ça c'est une nouvelle chose qu'on a vu est-ce qu'on sait maintenant ce que c'est une constante d'équilibre // alors si on sait toujours pas bah on va revoir justement les mesures qu'on a faites en TP pour définir bien ce que c'est qu'une constante d'équilibre
E	Madame c'est pour savoir si vous l'avez le TP par ce que je l'avais (...)
P	oui, je l'ai donc la technique qu'on a utilisé pour étudier l'équilibre, c'est quoi / la conductimétrie d'accord donc la conductimétrie qu'est ce que ça traduit // qu'est ce qu'on utilise (...) quand on fait des mesures de conductimétrie dans quel cas est ce qu'on peut faire des mesures de conductimétrie Antoine
E	quand on a une solution ionique
P	quand on a une solution ionique d'accord ça veut dire quand il y a des ions en solution / les ions sont des porteurs de charges donc permettent le passage du courant électrique donc on peut faire des mesures de conductimétrie d'accord comme on n'a pas les conductimètres qu'est ce qu'on mesure nous de façon pratique
E	la tension et l'intensité
P	la tension et l'intensité d'accord donc sur la cellule de mesure on mesure ce qu'on a en TP ce qu'on lit sur les instruments de mesure c'est U et I d'accord donc si on reprend le tableau les deux premières lignes c'est U et I comment est ce qu'on obtient la troisième ligne
E	(...?)
P	donc au bout de la ligne on peut mettre effectivement la troisième ligne ici c'est un tableau heu Excel hein si on voulait rentrer une formule c'est $G = I / U$ // et ce qu'on va utiliser ensuite c'est pas la conductance il nous faut la conductivité donc comment est ce qu'on obtient la conductivité à partir de la conductance
E	(...?)
P	alors en multipliant ou en divisant
E	(...?)
P	en divisant d'accord les relations c'est quoi / $G = K \sigma$ d'accord et pour retrouver dans quel ordre on écrit qu'est ce qu'on peut vérifier
E	les unités
P	les unités ça veut dire
E	l'homogénéité
P	l'homogénéité de la relation ou faire une analyse dimensionnelle donc G ça s'exprime en quelle unité
E	siemens
P	en Siemens/ K
E	en mètre (...)
P	K y a une unité oui qu'est ce ça représente K
E	(...?)
P	c'est la constante de cellule donc elle dépend de quoi la cellule
E	de la surface (...)
P	la surface des plaques et l'écart entre les plaques donc K c'est
E	Sous contrat Creative Commons : Paternité-Pas de Modification 2.0 France (http://creativecommons.org/licenses/by-nd/2.0/fr/) - CROSS - David - Université Lyon 2 - 2009
P	alors c'est quoi la relation c'est S sur L donc S c'est en mètre carré L c'est en mètre donc $K = S / L$ c'est en mètre d'accord donc si on sait pas ce qui a une unité ou pas il faut revenir à la définition K c'est S sur L S vous connaissez l'unité L aussi donc on a l'unité de K donc K c'est des mètres et donc σ
E	(...?)
P	c'est des siemens par mètre//donc pour passer de la ligne G à la ligne conductivité il faut faire une opération $G = K / \sigma$ la conductivité la conductivité c'est une unité qui

Locuteurs	Productions verbales
P	j'ai quelque part un livre de chimie donc le numéro 7 non c'est ça
Es	11
P	11 raté le 7 on l'a déjà fait le 7 on l'a déjà fait donc // un vinaigre à 7 degré 7 degré c'est ce qui a d'indiqué sur la bouteille du vinaigre contient 7 grammes d'acide éthanoïque pour 100 grammes de vinaigre dont la densité est voisine de celle de l'eau établir l'équation de la réaction entre l'acide éthanoïque et l'eau / alors alors est ce qu'on donne directement l'équation on fait on donne les couples les demi-équations et équation / d'accord donc écrire tout ça c'est comme le petit tableau de proportionnalité ça évite de se tromper
E	madame
P	oui
E	(...?)
P	oh eh bein si tu mets les demi-équations heu a ça donne quasiment (...) donc acide éthanoïque $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ quelle est sa base conjuguée
Es	CH_3COO^-
P	comment est ce qu'elle s'appelle / l'ion éthanoate / et on fait réagir l'acide sur la base
P	une base et c'est de l'eau la base / donc le couple c'est H_3O^+ H_2O faire ça ça vous permet quoi la dernière fois on faisait réagir une base sur l'eau et du coup ça met bien en avant que le couple de l'eau qu'on doit utiliser c'est l'eau par ce que l'eau on dit quel caractère elle a
Es	elle est amphotère
P	elle est amphotère / $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ donne CH_3COO^- plus H^+ H_2O plus H^+ donne H_3O^+ donc on peut écrire l'acide éthanoïque en solution plus l'eau solvant est en équilibre avec l'ion éthanoate en solution plus des ions oxonium en solution / la on a une réponse complète d'accord quand on vous dit en plus établir l'équation ça veut dire il faut écrire le raisonnement que vous avez fait ça veut dire heu les demi-équations
E	madame heu les demi-équations y en a qui faut qu'on apprenne par cœur celles qui sont dans le livre à la fin ou heu fin
P	heu celles qui a dans le programme je crois qu'en terminale heu
E	ou alors on les donne
P	heu ça dépendras des fois à la fin y a le programme voila alors en première vous en aviez à savoir par cœur / moi je vous conseillerais de toujours savoir ceux là / donc ils ne sont pas rappelés dans le programme de Terminale mais de façon clair je dirais que celles heu fin en acide base ou en oxydoréduction les couples que vous avez appris l'année dernière faut les savoir encore
E	pas plus
P	non pas plus établir le tableau d'avancement de la réaction /// donc l'avancement en mol alors si vous voulez vous mettez la ligne qui dit aussi que dans chaque colonne on mettrait les quantités de matière ou sinon il faut se rappeler que dans les cases du tableau on met des quantités de matière donc qu'est ce qu'on va écrire
E	l'eau c'est le solvant
P	l'eau c'est le solvant //
E	à l'état initial on peut mettre 0 pour les produits
P	à l'état initial on peut mettre 0 pour les produits // et ici on en a en tout cas une certaine quantité de matière est ce qu'on peut écrire C fois
E	non pas que une (?)
P	Ah on a pas rien mais on a pas la concentration d'accord en fin en tout cas on a pas la concentration molaire qui est donné qu'est ce qu'on peut mettre encore pour cette ligne là l'avancement est nul ensuite à l'état final on obtient un avancement final n0 moins X_f et on forme X_f et X_f / la voila la question quelle est la concentration molaire initiale C de l'acide éthanoïque // donc qu'est ce qu'on

Locuteur	Productions verbales
P	alors on en était ou c'est ça qu'on a fait la dernière fois /// alors il manque juste la un et la dix de l'autre coté on a à peu près tout
E	(...?)
P	par ce que c'est pas celles de notre classe/ alors est ce que vous vous rappelez ce qu'on a fait ce qu'on cherche à étudier aller sort tes affaires Amandine là c'est presque heu dix minutes /// donc vous devez avoir votre fiche du TP votre compte rendu et normalement vous avez répondu aux dernières questions alors le tableau que t'as dans les mains c'est la fiche de TP d'avant // c'est celui qui s'appel un indicateur coloré le BBT bleu de bromothymol / alors qu'est ce qu'on veut étudier dans ce TP
E	(...?)
P	alors de façon plus générale qu'est ce qu'on étudie en chimie en ce moment
E	la réaction
E	heu le pH
E	constante d'équilibre
E	constante d'acidité
P	constante d'équilibre pH on étudie donc les réactions
E	non totales
P	non totales les réactions limitées et on s'est appuyé pour l'instant que sur des réactions acido-basiques effectivement donc une réaction limitée on l'écrit avec un signe égale et on associe à chaque équation un nombre K qui s'appel constante d'équilibre et qui va caractériser cet équilibre / de quoi dépend K
E	concentration
E	de la température
P	de la température
E	des condi (...)
P	et puis de l'équation considérée d'accord comment est ce qu'on va des fois aussi catégoriser l'équilibre
E	avec taux
P	avec taux c'est quoi taux
E	c'est le taux d'avancement
P	c'est le taux d'avancement final de la transformation d'accord donc on a deux chiffres qui nous donnent des renseignements sur des équilibres là on étudie un équilibre particulier il s'agit du BBT et pour ça qu'est ce qu'on a fait donc on a fait une échelle de teinte qu'est ce qui on l'a fait en fonction de quoi cette échelle /
E	en fonction du pH
P	en fonction du pH d'accord tout le monde à une concentration en soluté apporté qui est identique dans sa fiole par rapport aux autres et ce qui va changer d'un groupe à l'autre
E	c'est le pH
P	c'est le pH donc on a mis un couple acido-basique le couple du BBT dans des solutions de pH différents qu'est ce que ça change // la couleur des solutions / d'accord donc on a mesuré l'absorbance des solutions à 587 nm à cette longueur d'onde qu'est ce qu'on peut dire /
E	(...?)
P	y a que la forme basique qui absorbe ça veut dire que sur le diagramme absorbance en fonction de la longueur d'onde à 587 n a que ind^- qui absorbe donc qu'est ce qu'on peut écrire l'absorbance qu'on a mesurée / elle est proportionnelle à la concentration de l'espèce chimique qui absorbe d'accord
Sous contrat Creative Commons : Paternité-Pas de Modification 2.0 France (http://creativecommons.org/licenses/by-nd/2.0/) ¹⁹¹	
	donc à partir de cette relation on l'a mesuré pour chaque groupe k on va vous le donner dans un peu tarder la concentration de la forme basique dans chaque fiole présente ici ça ça vous permettait de remplir la quatrième ligne du tableau après qu'est ce qu'on dit il faut qu'on puisse remplir la ligne concentration en forme acide alors qu'est ce qu'on avait à notre disposition /
E	la concentration en soluté apporté qui est égale à la concentration en Hind plus celle en ind^-

Locuteur	Productions verbales
P	chimie // donc on en est dans les équilibres acido-basiques on a vu comment noter /
E	madame
P	oui
E	le TP de demain c'est
P	c'est chimie demain / donc on a dit qu'un couple acide base qu'est ce qu'on va associer au couple acide base une constante d'acidité K_a cette constante d'acidité elle est associée à quelle équation à quelle réaction / Jérôme c'est l'heure de te réveiller de sortir ton cour voila / si on vous dit le couple $\text{CH}_3\text{COOH} \text{CH}_3\text{COO}^-$ quelle constante d'acidité K_a égale / je sais pas quoi 10 moins 5 vous avez calculé dans le contrôle à quoi K_a on a dit K la constante d'équilibre c'est toujours associé à une réaction particulière quelle est la réaction qui nous permet de définir K_a // on l'a noté mardi entre mardi et jeudi il faut lire votre cours / c'est oui la réaction de l'acide avec
E	l'eau
P	avec l'eau K_a c'est associé à l'équation $\text{AH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{A}^- + \text{H}_3\text{O}^+$ si ce n'est pas cette équation qui est écrite la constante ça serait pas K_a d'accord
E	est ce que le sens a une importance
P	oui pourquoi est ce que le sens a une importance
E	(...?)
P	bah oui par ce que le quotient s'écrit dans l'autre sens au sinon d'accord donc K_a c'est la constante d'acidité d'un couple acide base pour l'équation écrite dans le sens acide plus eau donne base plus les ions oxoniums à côté de ça on a écrit mardi une relation entre le pH d'une solution et / et quoi
E	(...?)
P	et $\text{p}K_a$ $\text{p}K_a$ qui va donc caractériser ce couple pH égale $\text{p}K_a$ plus logarithme de la concentration en base sur la concentration en acide qu'est ce que ça nous permet de connaître si on a un couple acide base de constante d'acidité K_a ça veut dire on a dit $\text{AH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{A}^- + \text{H}_3\text{O}^+$ // si on a un axe de pH ce couple a une certaine valeur de $\text{p}K_a$ comment est ce qu'on obtient le $\text{p}K_a$ /
Es	c'est moins log de K_a
P	c'est moins log de K_a //
E	(...?)
P	graphiquement / c'est l'intersection de quoi
E	des concentrations (...?)
P	des concentrations des formes acides et de la forme basique en fonction du pH ça veut dire on a $\text{p}K_a$ à quelle condition
E	quand les concentrations sont les mêmes
P	quand les concentrations sont les mêmes ça veut dire que avant $\text{p}K_a$ qu'est ce qu'on peut dire
E	que AH prédomine
P	que c'est le domaine AH prédomine et si on est dans une solution ou le pH est supérieur au $\text{p}K_a$
E	bah c'est A^-
P	Sous condition de prédominance de l'acide $\text{pH} = \text{p}K_a$ + log $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{AH}]}$ on va savoir 193 quelle est l'espèce du couple présente en solution // donc et la relation si on veut savoir après les concentrations l'autre relation qu'on a à connaître c'est celle qu'on a donnée tout à l'heure $\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{[\text{A}^-]}{[\text{AH}]}$ // d'accord/ après donc ça c'est résumé c'est ce qu'on avait vu la mardi on en est ou maintenant on s'intéresse à une réaction particulière qui s'appelle
Es	l'autoprotolyse de l'eau

Locuteur	Productions verbales	
P	on parle de quoi en ce moment en chimie	
Es	des réactions acide-bases	
P	alors on s'appuie sur les réactions acido-basiques oui pour traiter quoi /	
E	le titrage pH-métrique	
P	alors le titrage ça c'est la dernière chose qu'on a vu et avant de quoi est ce qu'on a parlé dans cette partie	
E	(...?)	
P	équilibre état d'équilibre constante d'équilibre donc toutes les réactions ne sont pas totales elles peuvent établirent elles peuvent correspondre à un état d'équilibre dynamique d'accord ça veut dire quoi état d'équilibre dynamique	
E	(...?)	
P	au niveau microscopique il se passe encore des choses au niveau macroscopique on a atteint l'état final un équilibre ça va être caractérisé par quoi //	
E	une constante d'équilibre	
P	par une constante d'équilibre donc qui est associée /	
E	concentration (...?)	
E	transformation	
P	à la concentration non à la transformation oui une constante d'équilibre c'est toujours associée il faut à coté avoir écrits l'équation d'une transformation et elle dépend oui de la température d'accord les constantes d'équilibre on la note K et on en a rencontré plusieurs K_a K_e et K alors qu'est ce que ça K_a c'est quoi /	
E	heu une espèce avec l'eau	
P	une espèce avec l'eau n'importe quelle espèce chimique avec l'eau	
E	un acide	
P	un acide donc K_a c'est ce qu'on appelle constante d'acidité et l'équation la transformation qui est associée à K_a c'est toujours la transformation qui fait réagir l'acide sur l'eau d'accord K_e /	
Es	l'autoprotolyse de l'eau /	
P	K_e c'est pas l'autoprotolyse de l'eau l'autoprotolyse de l'eau c'est une réaction transformation donc K_e c'est la constante associée à l'équation d'autoprotolyse de l'eau d'accord /// donc quand on a un couple acide base on lui associe une constante d'acidité il faut savoir c'est l'acide qui réagit sur l'eau qu'est ce que ça nous permet aussi d'avoir la valeur de cette constante d'acidité /	
E	un pK_a	
P	un pK_a oui alors c'est quoi un pK_a	
E	heu le pH concentration de base et d'acide (...,) non	
P	donc si le pH est égal au pK_a ça va nous permettre d'obtenir oui le diagramme de distribution si le pH est plus petit que le pK_a pour une solution qu'est ce qu'on va dire	
E	(...?) prédominance	
P	laquelle	
E	celle qui (...?) //	
P	d'accord pK_a c'est associé à un couple donc y a un acide et une base je n'ai pas d'éponge si	
E	c'est l'acide	
P	c'est l'acide du couple / donc l'acide du couple prédomine si pH est inférieur à pK_a si pH est supérieur à pK_a c'est la base qui prédomine et si on est pH égale pK_a	
E	Sous condition de même concentration : Paternité-Pas de Modification 2.0 France (http://creativecommons.org/licenses/by-nd/2.0/fr/) - CROSS David - Université Lyon 2 - 2009	195
P	même concentration ça veut dire on a 50 50 d'accord // donc ça c'est un couple acide base dans l'eau ou dans une solution on peut savoir quel est l'espèce est présente après qu'est ce qu'on a fait / donc ça c'est tout le début du chapitre là on vient de revoir et on est passé oui au titrage alors c'est quoi un titrage //	
E	c'est pour déterminer la concentration d'une solution titrée	
P	c'est pour déterminer la concentration oui d'une solution / fin de la solution dont dont on ne connaît pas la concentration qu'est ce qu'en va utiliser quand on fait un titrage /	

Locuteur	Productions verbales
----------	----------------------

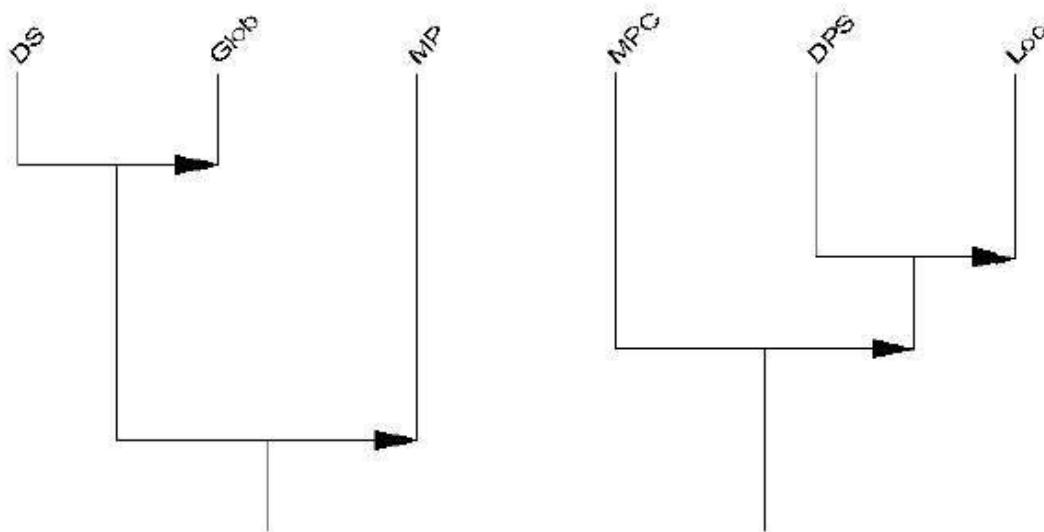
P	donc / on dispose au laboratoire d'une solu d'un flacon contenant une solution aqueuse d'acide nitrique S_0 dont on ignore la concentration molaire un dosage est alors réalisé on dilue tout d'abord 10 fois la solution S_0 on prélève ensuite 10 mL de la solution diluée S_0' que l'on introduit dans un Becher en ajoutant 200 mL d'eau distillée on dose ensuite l'acide nitrique par conductimétrie à l'aide d'une solution d'hydroxyde de potassium de concentration C_1 égale 0 10 mole par litre on vous donne les résultats dans un tableau donc pour le volume d'hydroxyde de potassium versé en mL on vous donne à chaque fois / la conductivité mesurée en millisiemens par centimètre écrire l'équation du dosage et dresser le tableau d'avancement correspondant donc qu'est ce qu'on réalise comme dosage on a prélevé 10 mL de S_0' c'est à dire de quelle
E	de S_0 / diluée
P	de S_0 diluée ça veut dire quelle espèce chimique nous intéresse ici /
E	les ions H_3O^+ / non ce n'est pas ça
P	c'est une solution de quoi
E	d'acide nitrique
P	d'acide nitrique alors c'est quoi l'acide //
E	c'est H_3O^+ plus NO_3^- non
E	NO_3^- non
P	NO_3^- ça ce n'est pas c'est les ions nitrate /
E	H_3O^+
P	H
E	$3O^+$
E	NO_2
P	NO_2 il nous faut quoi / HNO_3 non HNO_2 HNO_3
E	pourquoi on a des (...?)
P	par ce qu'on met le cation avant / on est d'accord / je peux décaler le tableau // alors HNO_2 c'est l'acide nitreux d'accord avec NO_2^- l'ion nitrite et alors l'acide / nitrique
E	madame
P	oui
E	dans les données ils nous donnent la conductivité ionique des espèces
P	il nous donne
E	des conductivités ioniques
P	oui
E	ce n'est pas ces espèces là qui vont réagir /
P	oui mais là ici c'est une solution d'acide nitrique ça veut dire quoi quand on met dans l'eau l'acide il se dissocie donc il se dissocie comment en donnant H_3O^+ plus la base conjuguée mais quand on va chercher la concentration c'est la concentration en soluté apporté qu'on cherche d'accord alors on a dit quoi de la lumière / comme ça tout le monde voit / et on dose avec une solution de quoi /
E	d'hydroxyde de sodium /
P	non hydroxyde de potassium donc c'est quoi sa formule
E	Sous contrat Creative Commons : Paternité-Pas de Modification 2.0 France (http://creativecommons.org/licenses/by-nd/2.0/fr/)
P	David - Université Lyon 2 - 2009
E	(...?)
P	donc effectivement // heu HO^- donne // $2H_2O$ dresser le tableau d'avancement correspondant // donc qu'est ce qu'on doit mettre ////
E	heu c'est C fois V heu /

CDP	L'enseignante ne développe pas sa réponse
CPTS	L'enseignante dit aux élèves qu'elle répondra plus tard
CN	Le savoir dans la réponse de l'enseignante est nouveau
CR	Le savoir dans la réponse de l'enseignante est un rappel
CRC	Le savoir dans la réponse de l'enseignante est un rappel d'une autre classe
CNA	L'enseignante fait le lien dans sa réponse entre un savoir nouveau et ancien
DPS	L'échange comporte plusieurs sollicitations d'élèves
DSI	L'échange comporte une ou plusieurs sollicitations d'élèves suivi d'une information de l'enseignante
DSESP	L'échange comporte une sollicitation d'élèves suivie d'une sollicitation de l'enseignante
DSPESE	L'échange est constitué d'une sollicitation d'élève dans laquelle il y a une sollicitation de l'enseignante
DS	L'échange est constitué d'une seule sollicitation d'élève
MN	Pour répondre l'enseignante construit un nouveau milieu didactique
MPC	Pour répondre l'enseignante ne construit pas de nouveau milieu didactique
MP	Pour répondre l'enseignante s'appuie sur un milieu didactique construit au préalable
EEp	La question de l'élève porte sur un événement du monde perceptible
EG	La question de l'élève porte sur une grandeur
ELGp	La question de l'élève porte sur le lien entre une grandeur et une propriété du monde non perceptible
ELPp	La question de l'élève porte sur le lien entre une propriété du monde perceptible et une propriété du monde non perceptible
ELMm	La question de l'élève porte sur le lien entre le monde perceptible et non perceptible
ELG	La question de l'élève porte sur le lien entre différentes grandeurs
ELoe	La question de l'élève porte sur le lien entre un objet et un événement du monde non perceptible
ELpe	La question de l'élève porte sur le lien entre une propriété et un événement du monde non perceptible
EPP	La question de l'élève porte sur une propriété du monde non perceptible
ET	La question de l'élève porte sur la théorie
Ee	La question de l'élève porte sur un événement du monde non perceptible
Eo	La question de l'élève porte sur un objet du monde non perceptible
Ep	La question de l'élève porte sur une propriété du monde non perceptible
PE	La réponse de l'enseignante porte sur un événement du monde perceptible
PG	La réponse de l'enseignante porte sur une grandeur
PLEe	La réponse de l'enseignante porte sur le lien entre événement du monde perceptible et non perceptible
PLEp	La réponse de l'enseignante porte sur le lien entre événement du monde perceptible et propriété du monde non perceptible
PLge	La réponse de l'enseignante porte sur le lien entre grandeur et événement du monde non perceptible
P Lgo	La réponse de l'enseignante porte sur le lien entre grandeur et objet du monde non perceptible
P LGp	La réponse de l'enseignante porte sur le lien entre grandeur et propriété du monde non perceptible
P LPP	La réponse de l'enseignante porte sur le lien entre propriété du monde perceptible et non perceptible
PLMm	La réponse de l'enseignante porte sur le lien entre le monde perceptible et non perceptible
PLee	La réponse de l'enseignante porte sur le lien entre deux événements du monde non perceptible
PLG	Sous contrat Creative Commons Paternité Pas de Modification 2.0 France (http://creativecommons.org/licenses/by-nd/2.0/fr/)
PP	La réponse de l'enseignante porte sur une propriété du monde perceptible
PT	La réponse de l'enseignante porte sur la théorie
Pe	La réponse de l'enseignante porte sur un événement du monde non perceptible
Po	La réponse de l'enseignante porte sur un objet du monde non perceptible
Pp	La réponse de l'enseignante porte sur une propriété du monde non perceptible
PCK	Une ou plusieurs TPC inférées dans cet extrait

Pour chaque graphe cohésitif présenté dans les chapitres 6 et 7, nous donnons la cohésitivité pour chaque niveau, la contribution de chaque individu, soit les TPC (noté PCK) ou les épisodes interactionnels (noté question). Pour pouvoir retrouver un graphe plus facilement nous avons repris les titres des parties dans lesquels ils apparaissent aux chapitres 6 et 7

Vue globale des TPC mis en œuvre dans la séquence

Graphe cohésitif entre les mots clés relatifs à la mise en œuvre du savoir et le caractère locale ou globale des TPC. Graphe 11



Classification au niveau : 1 : (DS Glob) cohésion : 0.93

Classification au niveau : 2 : (DPS Loc) cohésion : 0.928

Classification au niveau : 3 : (MPC (DPS Loc)) cohésion : 0.595

Classification au niveau : 4 : ((DS Glob) MP) cohésion : 0.43

- Contribution à la classe : DS,Glob (1)

Groupe optimal : card 26

PCK30 PCK91 PCK90 PCK89 PCK47 PCK97 PCK32 PCK99 PCK43 PCK45 PCK69
PCK67 PCK16 PCK72 PCK78 PCK79 PCK26 PCK50 PCK76 PCK21 PCK37 PCK38
PCK18 PCK80 PCK62 PCK71

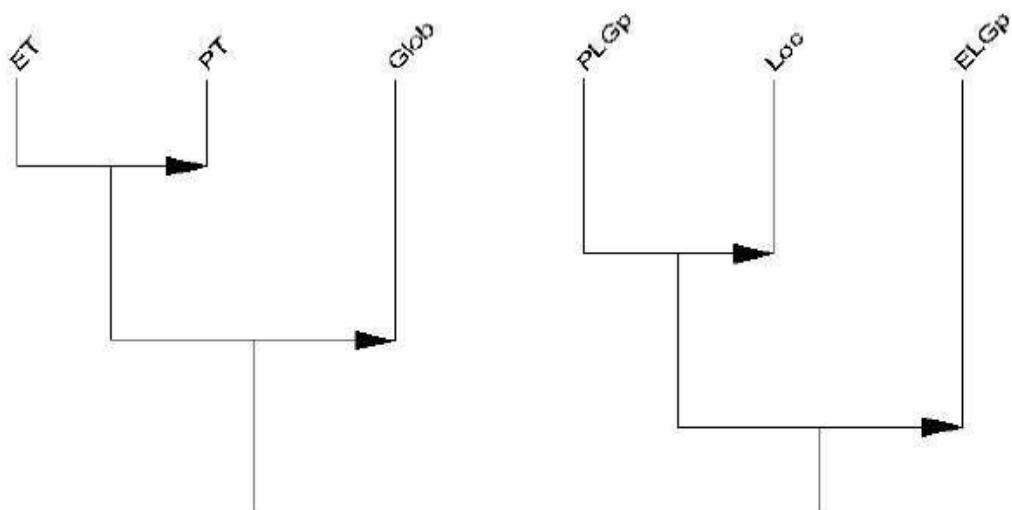
- Contribution à la classe : DPS,Loc (2)

Groupe optimal : card 17

PCK104 PCK10 PCK102 PCK101 PCK94 PCK93 PCK27' PCK44 PCK29 PCK73
PCK34
PCK84 PCK51 PCK5 PCK23 PCK86 PCK85

- Contribution à la classe : MPC,DPS,Loc (2,3)
Groupe optimal : card 17
PCK94 PCK93 PCK23 PCK73 PCK10 PCK27' PCK101 PCK102 PCK34 PCK85 PCK84
PCK51 PCK44 PCK5 PCK29 PCK104 PCK86
 - Contribution à la classe : DS,Glob,MP (1,4)
Groupe optimal : card 9
PCK54 PCK81 PCK32 PCK37 PCK38 PCK91 PCK90 PCK26 PCK80

Graphe cohésif des mots clés relatifs aux niveaux de modélisation du savoir en jeu dans la question de l'élève et dans la réponse de l'enseignante et la caractéristique locale ou globale des TPC. Graphe 12.



Arbres cohésifs : CADocuments and Settings\David\Bureau\CHIC 3.5 à France\PC\K\civ

Classification au niveau : 1 : (ET PT) cohésion : 0.999

Classification au niveau : 2 : (PLGp Loc) cohésion : 0.974

Classification au niveau : 3 · ((ET PT) Glob) cohésion : 0.621

Classification au niveau : 4 : ((PI Gp | loc) El Gp) cohésion : 0.187

- Contribution à la classe : ET PT (1)

Groupe optimal : card 12

PCK53 PCK58 PCK59 PCK104 PCK34 PCK52 PCK81 PCK82 PCK85 PCK60 PCK67
PCK68

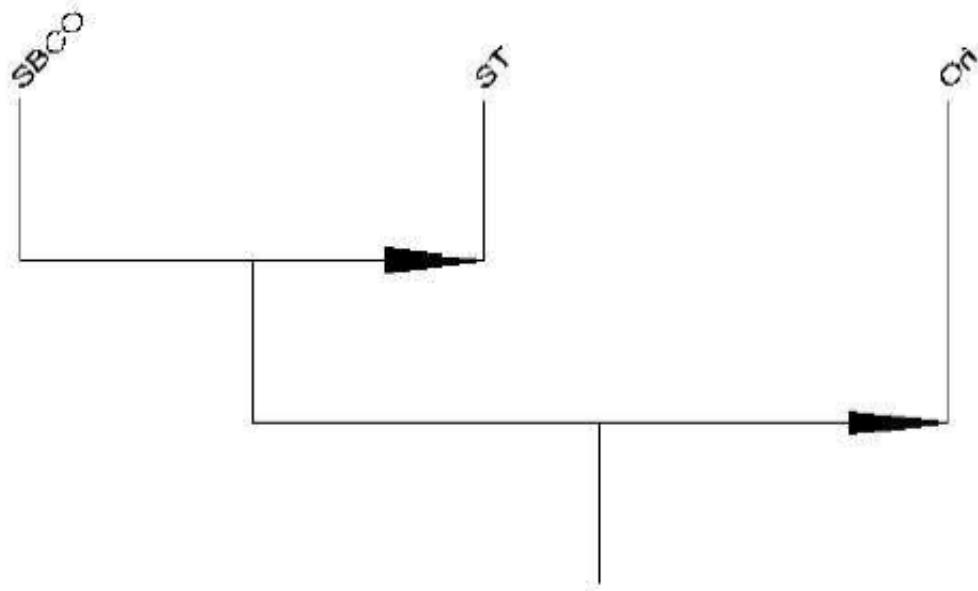
- ## Contribution à la classe : PLGp.Loc (2)

Groupe optimal : card 11

- PCK95 PCK66 PCK96 PCK101 PCK57 PCK35 PCK51 PCK87 PCK56 PCK92 PCK48
- Contribution à la classe : ET,PT,Glob (1,3)
- Groupe optimal : card 12
- PCK64 PCK69 PCK71 PCK72 PCK61 PCK60 PCK59 PCK58 PCK67 PCK53 PCK82
PCK81
- Contribution à la classe : PLGp,Loc,ELGp (2,4)
- Groupe optimal : card 1
- PCK66

Analyse des TPC de la catégorie « Buts et valeurs »

Implication entre les mots clés relatifs au contexte et aux TPC « Buts et valeurs ». Graphe 13.



Arbre cohésif : C:\Documents and Settings\David\Bureau\CHIC 3.5 à France\PCK.csv

- Classification au niveau : 1 : (SBCO ST) cohésion : 0.743
- Classification au niveau : 2 : ((SBCO ST) Ori) cohésion : 0.445
- Contribution à la classe : SBCO,ST (1)
- Groupe optimal : card 5

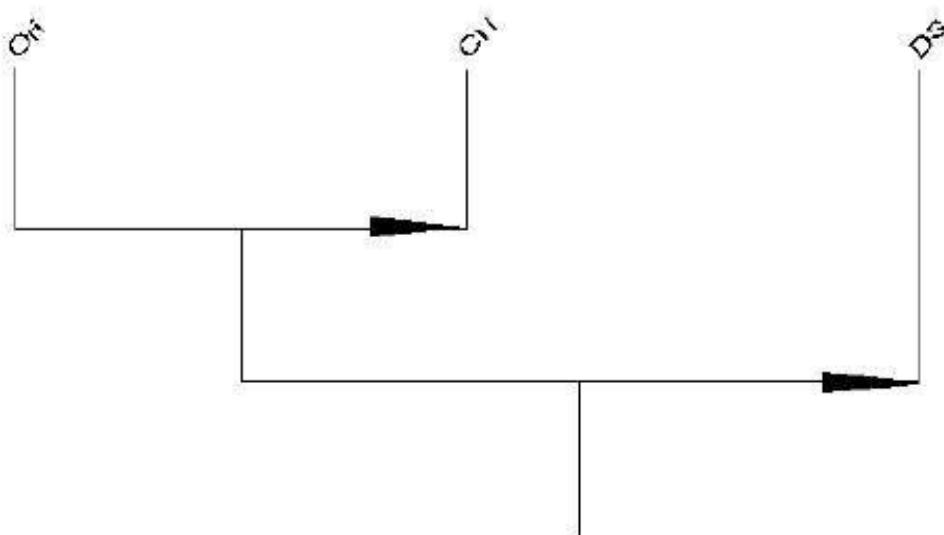
PCK76 PCK89 PCK88 PCK43 PCK87

- Contribution à la classe : SBCO,ST,Ori (1,2)

Groupe optimal : card 3

PCK43 PCK89 PCK76

Liens d'implication entre les mots clé relatifs à la mise en œuvre du savoir dans la classe et les connaissances de type « Buts et valeurs ». Graphe 14.



Arbre cohésif : C:\Documents and Settings\David\Bureau\CHIC 3.5 à France\PCK.csv

Classification au niveau : 1 : (Ori CN) cohésion : 0.986

Classification au niveau : 2 : ((Ori CN) DS) cohésion : 0.741

- Contribution à la classe : Ori,CN (1)

Groupe optimal : card 12

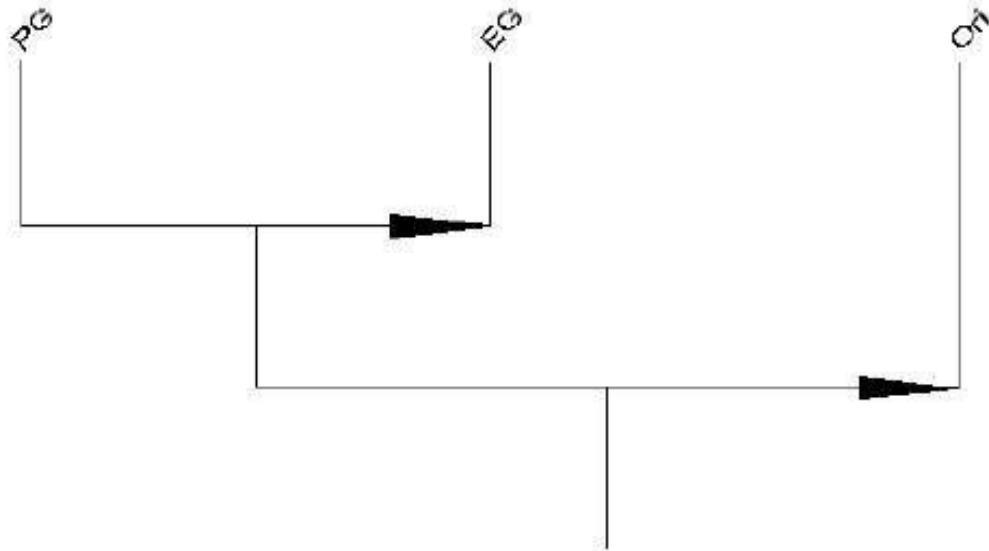
PCK97 PCK74 PCK21 PCK7 PCK45 PCK43 PCK76 PCK89 PCK83 PCK81 PCK14
PCK18

- Contribution à la classe : Ori,CN,DS (1,2)

Groupe optimal : card 22

PCK90 PCK9 PCK88 PCK98 PCK33 PCK32 PCK42 PCK30 PCK26 PCK25 PCK68
PCK24 PCK15 PCK20 PCK13 PCK45 PCK97 PCK21 PCK76 PCK43 PCK89 PCK18

Relation d'implication entre les mots clés relatifs au niveau de modélisation et aux TPC de type « Buts et valeurs ». Graphe 15.



Arbre cohésif : C:\Documents and Settings\David\Bureau\CHIC 3.5 à France\PCK.csv

Classification au niveau : 1 : (PG EG) cohésion : 1

Classification au niveau : 2 : ((PG EG) Ori) cohésion : 0.292

- Contribution à la classe : PG,EG (1)

Groupe optimal : card 15

PCK75 PCK38 PCK37 PCK26 PCK98 PCK97 PCK27' PCK14 PCK21 PCK28 PCK19
PCK102 PCK25 PCK7 PCK23

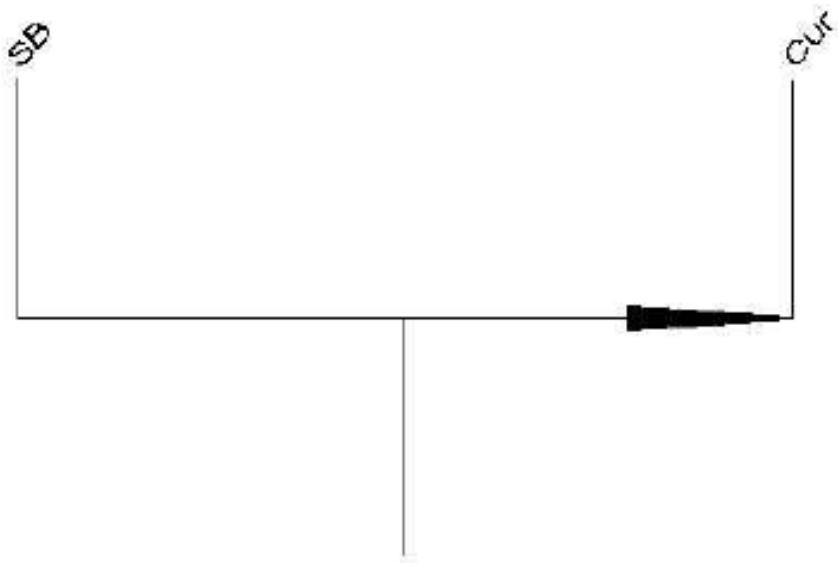
- Contribution à la classe : PG,EG,Ori (1,2)

Groupe optimal : card 4

PCK97 PCK21 PCK14 PCK7

Analyse des TPC de la catégorie « Curriculum »

Liens d'implications entre les mots clé relatifs au contexte et les TPC de type « Curriculum ». Graphe 16.



Arbre cohésif : C:\Documents and Settings\David\Bureau\CHIC 3.5 à France\PCK.nw

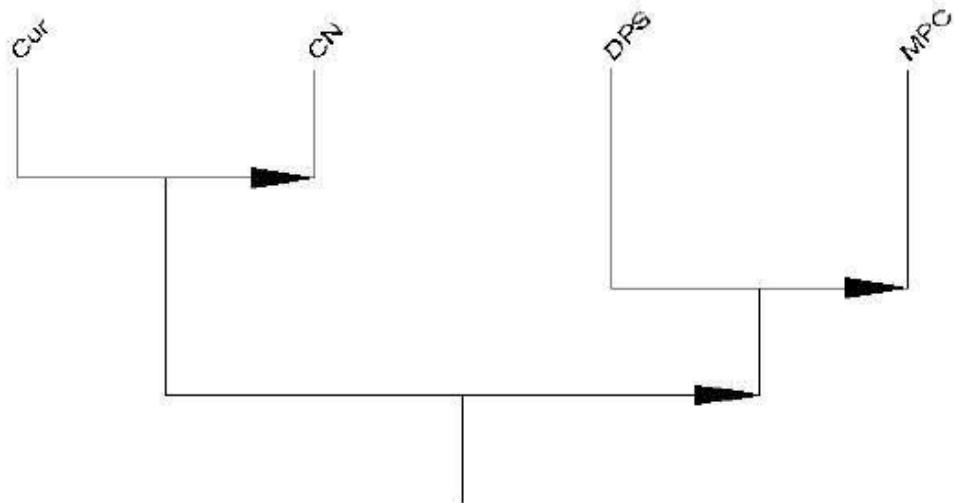
Classification au niveau : 1 : (SB Cur) cohésion : 0.855

Contribution à la classe : SB,Cur (1)

Groupe optimal : card 3

PCK29 PCK24 PCK33

Implications entre mise en œuvre du savoir et TPC de type « Curriculum ». Graphe 17.

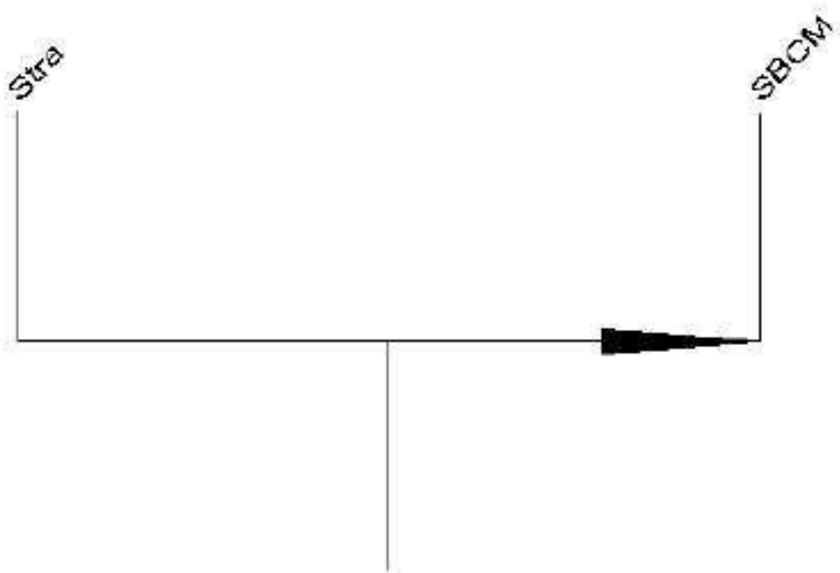


Arbre cohésif : C:\Documents and Settings\David\Bureau\CHIC 3.5 à France\PCK.csv

- Classification au niveau : 1 : (Cur CN) cohésion : 0.988
Classification au niveau : 2 : (DPS MPC) cohésion : 0.796
Classification au niveau : 3 : ((Cur CN) (DPS MPC)) cohésion : 0.657
- Contribution à la classe : Cur,CN (1)
Groupe optimal : card 8
PCK98 PCK42 PCK44 PCK73 PCK24 PCK84 PCK29 PCK33
 - Contribution à la classe : DPS,MPC (2)
Groupe optimal : card 17
PCK101 PCK63 PCK61 PCK14 PCK104 PCK102 PCK83 PCK29 PCK5 PCK34 PCK44
PCK84 PCK51 PCK7 PCK27' PCK86 PCK85
 - Contribution à la classe : Cur,CN,DPS,MPC (1,2,3)
Groupe optimal : card 13
PCK14 PCK34 PCK7 PCK83 PCK85 PCK27' PCK98 PCK42 PCK24 PCK33 PCK29
PCK44 PCK84

Analyse des TPC de la catégorie « Stratégies »

Implications entre les mots clés relatifs au contexte et les TPC du type « Stratégies ». Graphe 18.



Arbre cohésif : C:\Documents and Settings\David\Bureau\CHIC 3.5 à France\PCK.csv

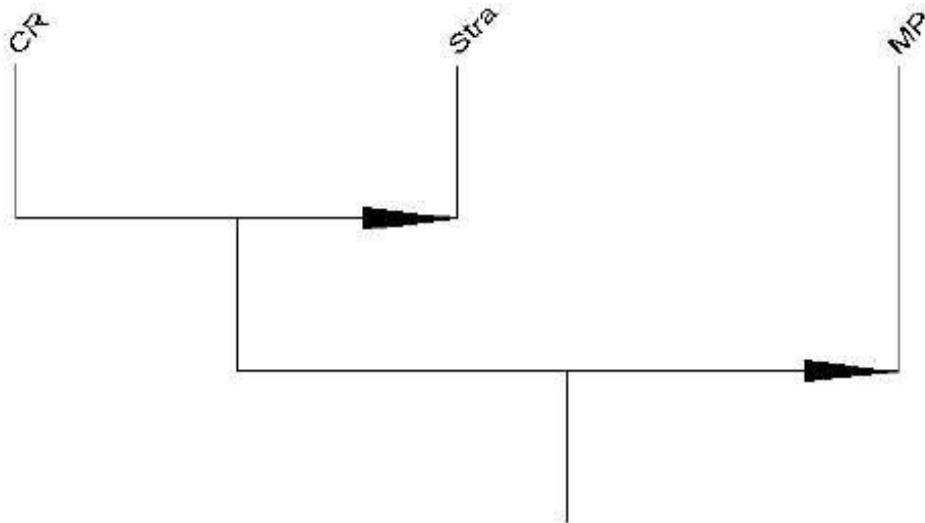
Classification au niveau : 1 : (Stra SBCM) cohésion : 0.434

Contribution à la classe : Stra,SBCM (1)

Groupe optimal : card 52

PCK73 PCK104 PCK42 PCK74 PCK48 PCK67 PCK45 PCK86 PCK46 PCK12 PCK26
PCK39 PCK97 PCK44 PCK18 PCK5 PCK98 PCK6 PCK59 PCK85 PCK15 PCK16
PCK17 PCK101 PCK100 PCK95 PCK96 PCK9 PCK90 PCK91 PCK103 PCK80 PCK56
PCK36 PCK35 PCK60 PCK31 PCK41 PCK40 PCK53 PCK38 PCK37 PCK75 PCK20
PCK77 PCK78 PCK79 PCK28 PCK27' PCK25 PCK23 PCK22

liens d'implications entre les mots clés relatifs à la mise en œuvre du savoir et les TPC de type « Stratégies ». Graphe 19.



Arbre cohésif : C:\Documents and Settings\David\Bureau\CHIC 3.5 à France\PCK.csv

Classification au niveau : 1 : (CR Stra) cohésion : 0.985

Classification au niveau : 2 : ((CR Stra) MP) cohésion : 0.474

· Contribution à la classe : CR,Stra (1)

Groupe optimal : card 27

PCK103 PCK93 PCK94 PCK95 PCK96 PCK102 PCK101 PCK100 PCK91 PCK41
PCK31

PCK28 PCK47 PCK40 PCK35 PCK36 PCK37 PCK38 PCK63 PCK66 PCK16 PCK75

PCK60 PCK49 PCK51 PCK23 PCK22

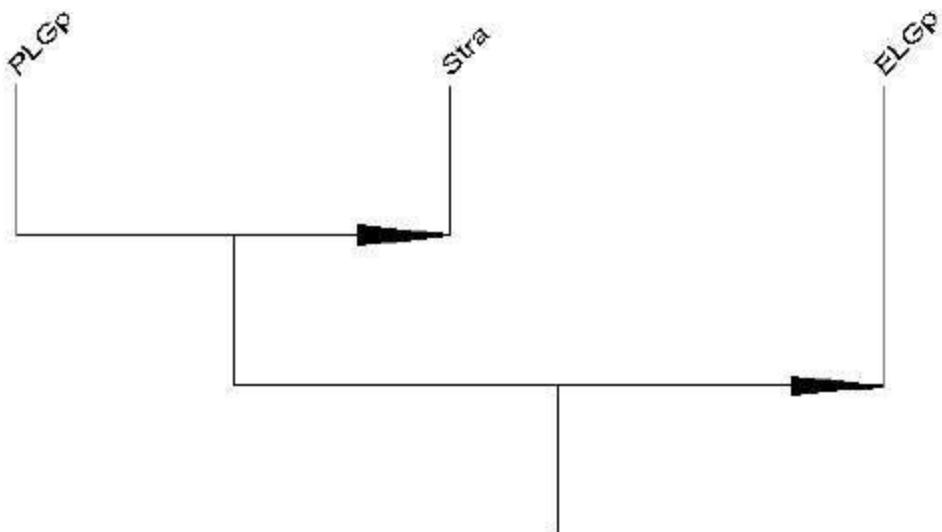
· Contribution à la classe : CR,Stra,MP (1,2)

Groupe optimal : card 14

PCK10 PCK92 PCK90 PCK80 PCK32 PCK54 PCK25 PCK87 PCK38 PCK49 PCK37

PCK91 PCK93 PCK94

Liens entre les mots clés relatifs au niveau de modélisation dans la question de l'élève et dans la réponse de l'enseignante et les TPC de la catégorie « Stratégies ». Graphe 20.



Arbre cohésif : C:\Documents and Settings\David\Bureau\CHIC 3.5 à France\PCK.csv

Classification au niveau : 1 : (PLGp Stra) cohésion : 0.982

Classification au niveau : 2 : ((PLGp Stra) ELGp) cohésion : 0.176

· Contribution à la classe : PLGp, Stra (1)

Groupe optimal : card 12

PCK95 PCK96 PCK92 PCK56 PCK51 PCK36 PCK35 PCK57 PCK87 PCK101 PCK66
PCK63

· Contribution à la classe : PLGp, Stra, ELGp (1,2)

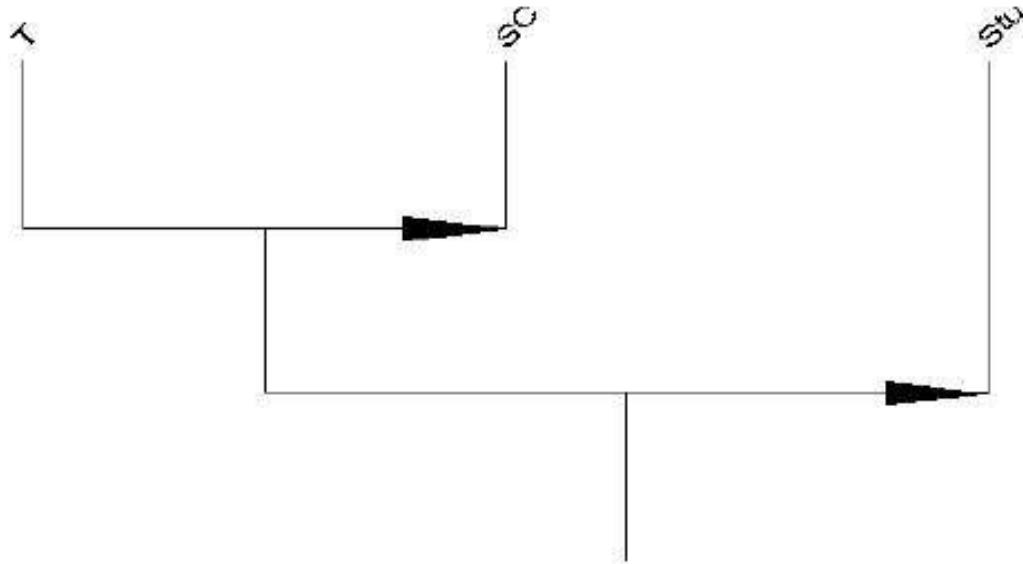
Contribution des individus :

Groupe optimal : card 1

PCK66

Analyse des TPC de la catégorie « Difficultés »

**Implication entre les mots clés relatifs aux TPC « difficultés » et au contexte.
Graphe 21.**



Arbre cohésif : C:\Documents and Settings\David\Bureau\CHIC 3.5 à France\PCK.csv

Classification au niveau : 1 : (T SC) cohésion : 0.546

Classification au niveau : 2 : ((T SC) Stu) cohésion : 0.18

· Contribution à la classe : T,SC (1)

Groupe optimal : card 11

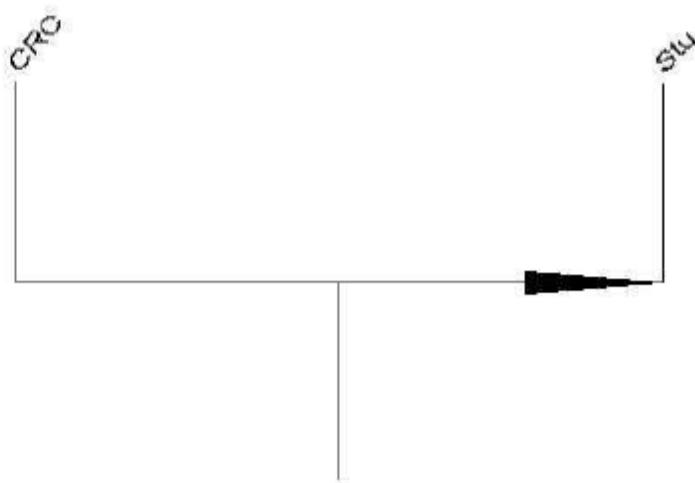
PCK66 PCK2 PCK7 PCK99 PCK65 PCK4 PCK78 PCK79 PCK3 PCK64 PCK63

· Contribution à la classe : T,SC,Stu (1,2)

Groupe optimal : card 3

PCK2 PCK65 PCK64

Relations d'implications entre les mots clés relatifs à la mise en œuvre du savoir dans la classe et les TPC de la catégorie « Difficultés ». Graphe 22.



Arbre cohésif : C:\Documents and Settings\David\Bureau\CHIC 3.5 à France\PCK.csv

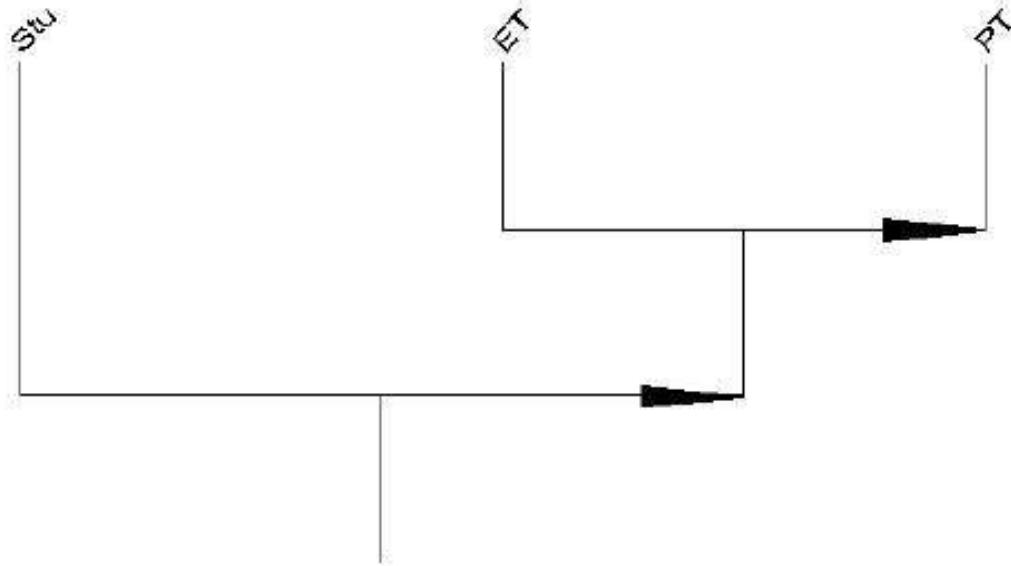
Classification au niveau : 1 : (CRC Stu) cohésion : 0.157

· Contribution à la classe : CRC,Stu (1)

Groupe optimal : card 2

PCK6 PCK52

Relations d'implications entre les mots clés relatifs aux TPC de la catégorie « Difficultés » et le niveau de modélisation du savoir en jeu dans la question de l'élève et dans la réponse de l'enseignante. Graphe 23.



Arbre cohésif : C:\Documents and Settings\David\Bureau\CHIC 3.5 à France\PCK.csv

Classification au niveau : 1 : (ET PT) cohésion : 0.999

Classification au niveau : 2 : (Stu (ET PT)) cohésion : 0.718

· Contribution à la classe : ET,PT (1)

Groupe optimal : card 12

PCK53 PCK58 PCK59 PCK104 PCK34 PCK52 PCK81 PCK82 PCK85 PCK60 PCK67
PCK68

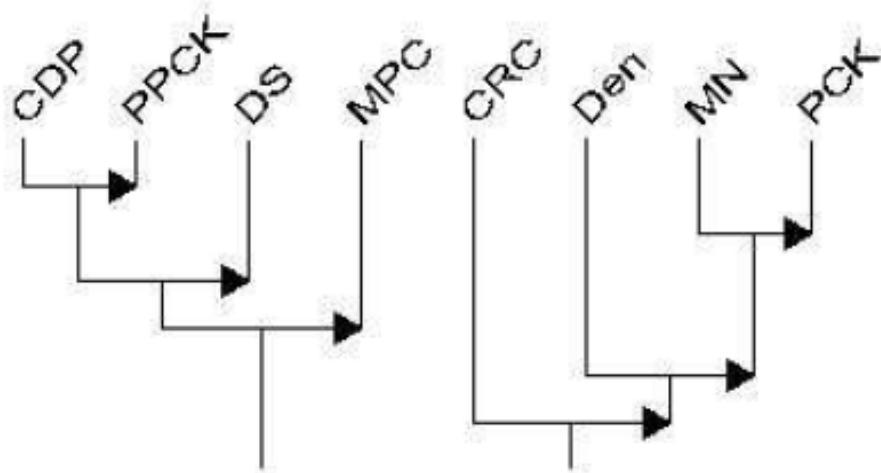
· Contribution à la classe : Stu,ET,PT (1,2)

Groupe optimal : card 19

PCK61 PCK71 PCK70 PCK72 PCK64 PCK65 PCK53 PCK60 PCK67 PCK82 PCK81
PCK85 PCK69 PCK68 PCK104 PCK34 PCK52 PCK58 PCK59

Discussion sur la méthode de reconstruction

Caractéristiques de la mise en œuvre du savoir dans la classe en fonction de la reconstruction ou non d'une TPC. Graphe 7.



Arbre cohésitif : C:\Documents and Settings\David\Bureau\CHI\

Classification au niveau : 1 : (CDP PPCK) cohésion : 1

Classification au niveau : 2 : (MN PCK) cohésion : 1

Classification au niveau : 3 : ((CDP PPCK) DS) cohésion : 0.993

Classification au niveau : 4 : (((CDP PPCK) DS) MPC) cohésion : 0.913

Classification au niveau : 5 : (Den (MN PCK)) cohésion : 0.882

Classification au niveau : 6 : (CRC (Den (MN PCK))) cohésion : 0.543

Contribution à la classe : CDP,PPCK (1)

Groupe optimal : card 10

Question 95 Question 42 Question 43 Question 45 Question 133 Question 76 Question 106 Question 107 Question 113 Question 77

Contribution à la classe : MN,PCK (2)

Groupe optimal : card 19

Question 105 Question 9 Question 1 Question 98 Question 96 Question 100 Question 92 Question 38 Question 60 Question 62 Question 2 Question 73 Question 15 Question 26 Question 116 Question 34 Question 84 Question 58 Question 12

Contribution à la classe : CDP,PPCK,DS (1,3)

Groupe optimal : card 10

Question 76 Question 95 Question 106 Question 77 Question 133 Question 42 Question 113 Question 107 Question 45 Question 43

Contribution à la classe : CDP,PPCK,DS,MPC (1,3,4)

Groupe optimal : card 10

Question 106 Question 95 Question 107 Question 42 Question 43 Question 45 Question 76 Question 113 Question 133 Question 77

- Contribution à la classe : Den,MN,PCK (2,5)

Groupe optimal : card 8

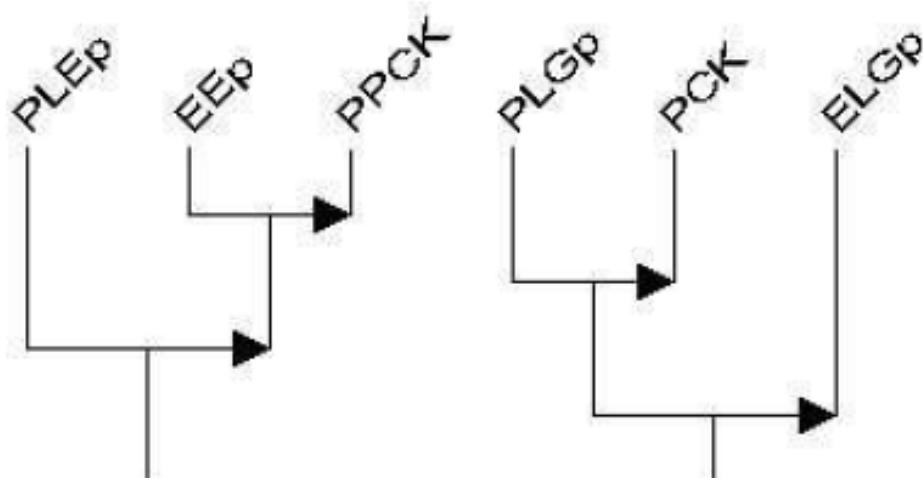
Question 60 Question 1 Question 58 Question 84 Question 116 Question 12 Question 26 Question 105

- Contribution à la classe : CRC,Den,MN,PCK (2,5,6)

Groupe optimal : card 85

Question 85 Question 87 Question 44' Question 94 Question 90 Question 63 Question 61 Question 71 Question 74 Question 68 Question 67 Question 66 Question 65 Question 64 Question 52 Question 82 Question 51 Question 50 Question 54 Question 59 Question 57 Question 56 Question 81 Question 117 Question 138 Question 108 Question 139 Question 16 Question 121 Question 122 Question 137 Question 109 Question 127 Question 124 Question 129 Question 132 Question 131 Question 130 Question 37 Question 35 Question 3 Question 10 Question 40 Question 119 Question 39 Question 118 Question 22 Question 20 Question 104 Question 25 Question 23 Question 80 Question 8 Question 83 Question 103 Question 100 Question 96 Question 98 Question 92 Question 115 Question 114 Question 9 Question 91 Question 15 Question 62 Question 128 Question 69 Question 38 Question 34 Question 53 Question 2 Question 78 Question 72 Question 120 Question 126 Question 26 Question 1 Question 12 Question 4 Question 84 Question 60 Question 105 Question 73 Question 58 Question 116

Liens entre type de savoir et reconstruction ou non de TPC. Graphe 8.



Arbre cohésif : C:\Documents and Settings\David\Bureau\CH

Classification au niveau : 1 : (EEp PPCK) cohésion : 0.888

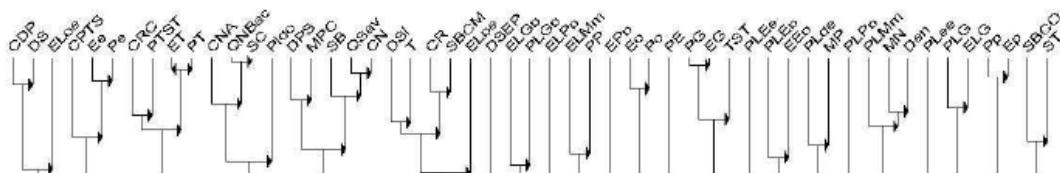
Classification au niveau : 2 : (PLGp PCK) cohésion : 0.864

Classification au niveau : 3 : (PLEp (EEp PPCK)) cohésion : 0.291

- Classification au niveau : 4 : ((PLGp PCK) ELGp) cohésion : 0.162
- Contribution à la classe : EEp,PPCK (1)
- Groupe optimal : card 3
- Question 112 Question 110 Question 7
- Contribution à la classe : PLGp,PCK (2)
- Groupe optimal : card 11
- Question 68 Question 128 Question 71 Question 132 Question 80 Question 81
 - Question 120 Question 126 Question 92 Question 58 Question 90
- Contribution à la classe : PLEp,EEp,PPCK (1,3)
- 81
- Groupe optimal : card 3
 - Question 110 Question 112 Question 7
- Contribution à la classe : PLGp,PCK,ELGp (2,4)
- Groupe optimal : card 1
- Question 92

Reconstruire des TPC à partir des caractéristiques d'un ensemble d'épisodes interactionnels

Liens d'implication pour l'ensemble des mots clés affectés aux épisodes interactionnels. Graphe 9.



Arbre cohésif : C:\Documents and Settings\David\Bureau\CHIC 3.5 à France\Episode.csv

- Classification au niveau : 1 : (QNBac SC) cohésion : 1
- Classification au niveau : 2 : (QA SBCM) cohésion : 1
- Classification au niveau : 3 : (PG EG) cohésion : 1
- Classification au niveau : 4 : (ET PT) cohésion : 1
- Classification au niveau : 5 : (QSav CN) cohésion : 1
- Classification au niveau : 6 : (Pp Ep) cohésion : 1
- Classification au niveau : 7 : (CDP PPCK) cohésion : 1
- Classification au niveau : 8 : (MN PCK) cohésion : 1
- Classification au niveau : 9 : (Ee Pe) cohésion : 0.999

- Classification au niveau : 10 : (QC (QA SBCM)) cohésion : 0.999
Classification au niveau : 11 : ((CDP PPCK) DS) cohésion : 0.993
Classification au niveau : 12 : (Eo Po) cohésion : 0.988
Classification au niveau : 13 : (SB (QSav CN)) cohésion : 0.966
Classification au niveau : 14 : (CR (QC (QA SBCM))) cohésion : 0.961
Classification au niveau : 15 : (((CDP PPCK) DS) MPC) cohésion : 0.913
Classification au niveau : 16 : (Den (MN PCK)) cohésion : 0.882
Classification au niveau : 17 : (CNA (QNBac SC)) cohésion : 0.854
Classification au niveau : 18 : (PLG ELG) cohésion : 0.806
Classification au niveau : 19 : (CRC PTST) cohésion : 0.755
Classification au niveau : 20 : ((PG EG) TST) cohésion : 0.686
Classification au niveau : 21 : (DSI (CR (QC (QA SBCM)))) cohésion : 0.663
Classification au niveau : 22 : (PLMm (Den (MN PCK))) cohésion : 0.661
Classification au niveau : 23 : (CPTS DPS) cohésion : 0.636
Classification au niveau : 24 : (PLGp T) cohésion : 0.62
Classification au niveau : 25 : ((CRC PTST) (ET PT)) cohésion : 0.581
Classification au niveau : 26 : (SBCO ST) cohésion : 0.469
Classification au niveau : 27 : ((Ee Pe) (CNA (QNBac SC))) cohésion : 0.39
Classification au niveau : 28 : (PLge MP) cohésion : 0.385
Classification au niveau : 29 : (((CDP PPCK) DS) MPC) ELoe) cohésion : 0.353
Classification au niveau : 30 : (ELMm PP) cohésion : 0.306
Classification au niveau : 31 : (PLEp EEp) cohésion : 0.299
Classification au niveau : 32 : (ELGp (PLGp T)) cohésion : 0.286
Classification au niveau : 33 : ((CPTS DPS) (PLEp EEp)) cohésion : 0.148
- Contribution à la classe : QNBac,SC (1)
 - Contribution à la classe : QA ,SBCM (2)

Groupe optimal : card 52

Question 109 Question 84 Question 108 Question 11 Question 114 Question 76
Question 31 Question 30 Question 13b Question 80 Question 3 Question 22 Question 94
Question 93 Question 20 Question 99 Question 19 Question 97 Question 105 Question 14
Question 107 Question 9 Question 23 Question 17 Question 103 Question 44' Question 55
Question 128 Question 41 Question 58 Question 134 Question 53 Question 47 Question 131
Question 48 Question 133 Question 132 Question 50 Question 124 Question 119 Question
12 Question 7 Question 32 Question 73 Question 118 Question 139 Question 122 Question
4 Question 60 Question 34 Question 138 Question 36

- Contribution à la classe : PG,EG (3)

Groupe optimal : card 22

Question 88 Question 86 Question 137 Question 16 Question 18 Question 26 Question 27 Question 103 Question 129 Question 13 Question 134 Question 136 Question 44' Question 50 Question 55 Question 59 Question 6 Question 33 Question 35 Question 38 Question 40 Question 41

- Contribution à la classe : ET,PT (4)

Groupe optimal : card 17

Question 96 Question 97 Question 106 Question 94 Question 133 Question 125 Question 123 Question 47 Question 139 Question 57 Question 72 Question 115 Question 83 Question 84 Question 73 Question 118 Question 116

- Contribution à la classe : QSav,CN (5)

Groupe optimal : card 15

Question 117 Question 100 Question 56 Question 104 Question 51 Question 63 Question 66 Question 39 Question 16 Question 28 Question 61 Question 121 Question 62 Question 125 Question 129

- Contribution à la classe : Pp,Ep (6)

Groupe optimal : card 14

Question 48 Question 119 Question 13b Question 17 Question 70 Question 24 Question 42 Question 114 Question 22 Question 4 Question 76 Question 9 Question 89 Question 78

- Contribution à la classe : CDP,PPCK (7)

Groupe optimal : card 10

Question 95 Question 42 Question 43 Question 45 Question 133 Question 76 Question 106 Question 107 Question 113 Question 77

- Contribution à la classe : MN,PCK (8)

Groupe optimal : card 19

Question 105 Question 9 Question 1 Question 98 Question 96 Question 100 Question 92 Question 38 Question 60 Question 62 Question 2 Question 73 Question 15 Question 26 Question 116 Question 34 Question 84 Question 58 Question 12

- Contribution à la classe : Ee,Pe (9)

Groupe optimal : card 7

Question 1 Question 10 Question 2 Question 8 Question 82 Question 124 Question 11

- Contribution à la classe : QC,QA ,SBCM (2,10)

Groupe optimal : card 14

Question 103 Question 105 Question 55 Question 60 Question 138 Question 48 Question 53 Question 128 Question 31 Question 80 Question 84 Question 118 Question 73 Question 32

- Contribution à la classe : CDP,PPCK,DS (7,11)

Groupe optimal : card 10

Question 76 Question 95 Question 106 Question 77 Question 133 Question 42
Question 113 Question 107 Question 45 Question 43

- Contribution à la classe : Eo,Po (12)

Groupe optimal : card 4

Question 79 Question 43 Question 138 Question 3

- Contribution à la classe : SB,QSav,CN (5,13)

Groupe optimal : card 4

Question 28 Question 56 Question 39 Question 51

- Contribution à la classe : CR,QC,QA ,SBCM (2,10,14)

Groupe optimal : card 65

Question 64 Question 100 Question 63 Question 129 Question 61 Question 29
Question 40 Question 66 Question 14 Question 59 Question 25 Question 30 Question 12
Question 109 Question 108 Question 11 Question 122 Question 7 Question 20 Question 97
Question 44' Question 47 Question 99 Question 139 Question 4 Question 41 Question 13b
Question 9 Question 34 Question 19 Question 114 Question 133 Question 23 Question 3
Question 17 Question 22 Question 93 Question 94 Question 80 Question 107 Question 105
Question 36 Question 55 Question 37 Question 58 Question 132 Question 50 Question 131
Question 134 Question 124 Question 119 Question 118 Question 73 Question 76 Question
31 Question 38 Question 32 Question 68 Question 138 Question 48 Question 84 Question
60 Question 128 Question 53 Question 103

- Contribution à la classe : CDP,PPCK,DS,MPC (7,11,15)

Groupe optimal : card 10

Question 106 Question 95 Question 107 Question 42 Question 43 Question 45
Question 76 Question 113 Question 133 Question 77

- Contribution à la classe : Den,MN,PCK (8,16)

Groupe optimal : card 8

Question 60 Question 1 Question 58 Question 84 Question 116 Question 12 Question
26 Question 105

- Contribution à la classe : CNA,QNBac,SC (1,17)

Groupe optimal : card 48

Question 82 Question 8 Question 96 Question 71 Question 91 Question 74 Question
77 Question 90 Question 89 Question 79 Question 72 Question 95 Question 78 Question 92
Question 69 Question 111 Question 110 Question 106 Question 15 Question 10 Question
112 Question 123 Question 127 Question 13 Question 115 Question 113 Question 24
Question 52 Question 54 Question 6 Question 65 Question 67 Question 42 Question 26
Question 27 Question 33 Question 35 Question 98 Question 1 Question 83 Question 81
Question 2 Question 46 Question 130 Question 88 Question 87 Question 86 Question 85

- Contribution à la classe : PLG,ELG (18)

Groupe optimal : card 3

- Question 15 Question 66 Question 67
- Contribution à la classe : CRC,PTST (19)
- Groupe optimal : card 4
 - Question 116 Question 72 Question 78 Question 73
 - Contribution à la classe : PG,EG,TST (3,20)
- Groupe optimal : card 13
 - Question 16 Question 26 Question 27 Question 134 Question 136 Question 137
 - Question 33 Question 41 Question 55 Question 59 Question 35 Question 38 Question 40
 - Contribution à la classe : DSI,CR,QC,QA ,SBCM (2,10,14,21)
- Groupe optimal : card 65
 - Question 29 Question 63 Question 64 Question 100 Question 40 Question 61 Question 129 Question 66 Question 122 Question 108 Question 34 Question 14 Question 139 Question 30 Question 3 Question 114 Question 109 Question 11 Question 7 Question 12 Question 59 Question 44' Question 20 Question 23 Question 97 Question 47 Question 133 Question 19 Question 99 Question 41 Question 4 Question 9 Question 13b Question 25 Question 80 Question 93 Question 105 Question 107 Question 17 Question 22 Question 94 Question 134 Question 124 Question 37 Question 58 Question 36 Question 55 Question 132 Question 118 Question 38 Question 76 Question 68 Question 32 Question 119 Question 131 Question 50 Question 138 Question 60 Question 84 Question 73 Question 31 Question 103 Question 53 Question 128 Question 48
 - Contribution à la classe : PLMm,Den,MN,PCK (8,16,22)
- Contribution des individus :
- Groupe optimal : card 19
 - Question 15 Question 92 Question 9 Question 2 Question 98 Question 62 Question 96 Question 100 Question 38 Question 34 Question 73 Question 84 Question 58 Question 26 Question 1 Question 116 Question 60 Question 12 Question 105
 - Contribution à la classe : CPTS,DPS (23)
- Contribution des individus :
- Groupe optimal : card 4
 - Question 3 Question 11 Question 10 Question 7
- Contribution à la classe : PLGp,T (24)
- Contribution des individus :
- Groupe optimal : card 5
 - Question 128 Question 126 Question 46 Question 90 Question 92
- Contribution à la classe : CRC,PTST,ET,PT (4,19,25)
- Groupe optimal : card 6
 - Question 97 Question 123 Question 125 Question 72 Question 73 Question 116
 - Contribution à la classe : SBCO,ST (26)

Groupe optimal : card 4

Question 120 Question 121 Question 62 Question 104

- Contribution à la classe : Ee,Pe,CNA,QNBac,SC (1,9,17,27)

Groupe optimal : card 5

Question 10 Question 82 Question 8 Question 2 Question 1

- ## Contribution à la classe : PLge,MP (28)

Groupe optimal : card 2

Question 127 Question 54

- Contribution à la classe : CDP,PPCK,DS,MPC,ELoe (7,11,15,29)

Groupe optimal : card 1

Question 95

- #### · Contribution à la classe : ELMm,PP (30)

Groupe optimal : card 1

Question 25

- #### · Contribution à la classe : PLEp,EEp (31)

Groupe optimal : card 1

Question 7

- Contribution à la classe : ELGp,PLGp,T (24,32)

Groupe optimal : card 5

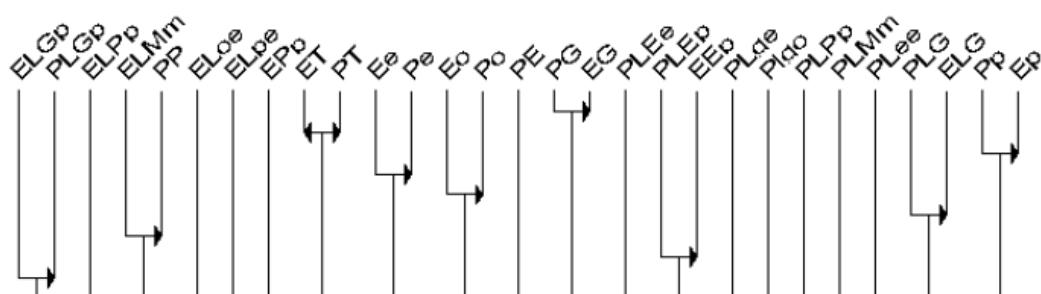
Question 128 Question 126 Question 46 Question 90 Question 92

- Contribution à la classe : CPTS,DPS,PLEp,EEp (23,31,33)

Groupe optimal : card 1

Question 7

Liens d'implication entre les mots clés relatifs au niveau de modélisation dans la question de l'élève et dans la réponse de l'enseignante. Graphe 10.



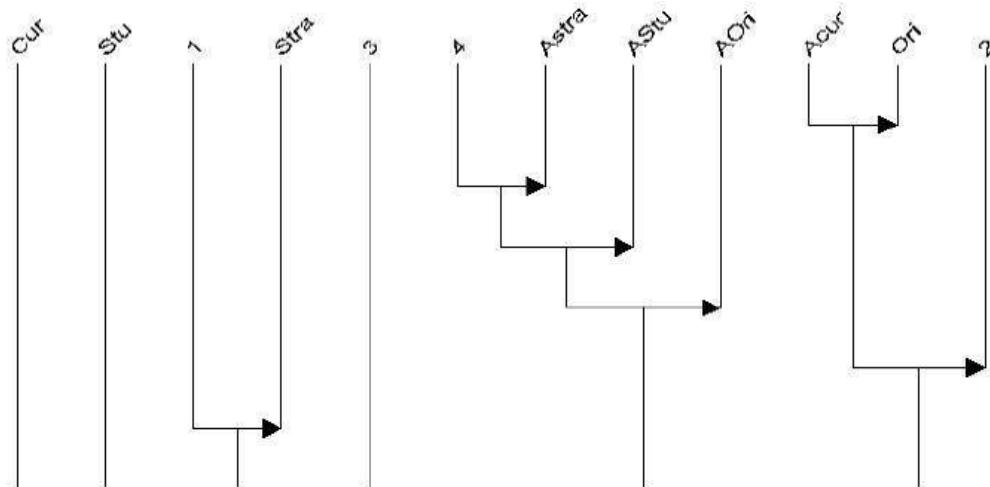
Classification au niveau : 1 : (PG EG) cohésion : 1

-
- Classification au niveau : 2 : (ET PT) cohésion : 1
 - Classification au niveau : 3 : (Pp Ep) cohésion : 1
 - Classification au niveau : 4 : (Ee Pe) cohésion : 0.999
 - Classification au niveau : 5 : (Eo Po) cohésion : 0.988
 - Classification au niveau : 6 : (PLG ELG) cohésion : 0.806
 - Classification au niveau : 7 : (ELMm PP) cohésion : 0.306
 - Classification au niveau : 8 : (PLEp EEp) cohésion : 0.299
 - Classification au niveau : 9 : (ELGp PLGp) cohésion : 0.233
 - Contribution à la classe : PG,EG (1)
 - Groupe optimal : card 22
 - Question 88 Question 86 Question 137 Question 16 Question 18 Question 26 Question 27 Question 103 Question 129 Question 13 Question 134 Question 136 Question 44' Question 50 Question 55 Question 59 Question 6 Question 33 Question 35 Question 38 Question 40 Question 41
 - Contribution à la classe : ET,PT (2)
 - Contribution des individus :
 - Groupe optimal : card 17
 - Question 96 Question 97 Question 106 Question 94 Question 133 Question 125 Question 123 Question 47 Question 139 Question 57 Question 72 Question 115 Question 83 Question 84 Question 73 Question 118 Question 116
 - Contribution à la classe : Pp,Ep (3)
 - Groupe optimal : card 14
 - Question 48 Question 119 Question 13b Question 17 Question 70 Question 24 Question 42 Question 114 Question 22 Question 4 Question 76 Question 9 Question 89 Question 78
 - Contribution à la classe : Ee,Pe (4)
 - Groupe optimal : card 7
 - Question 1 Question 10 Question 2 Question 8 Question 82 Question 124 Question 11
 - Contribution à la classe : Eo,Po (5)
 - Groupe optimal : card 4
 - Question 79 Question 43 Question 138 Question 3
 - Contribution à la classe : PLG,ELG (6)
 - Groupe optimal : card 3
 - Question 15 Question 66 Question 67
 - Contribution à la classe : ELMm,PP (7)
 - Groupe optimal : card 1
 - Question 25

- Contribution à la classe : PLEp,EEp (8)
Groupe optimal : card 1
Question 7
- Contribution à la classe : ELGp,PLGp (9)
Groupe optimal : card 1
Question 92

Reconstruction des PCK

Nature des TPC en fonction du nombre de TPC reconstruite à partir d'un épisode. Graphe 25.



- Classification au niveau : 1 : (Acur Ori) cohésion : 0.979
- Classification au niveau : 2 : (4 Astra) cohésion : 0.973
- Classification au niveau : 3 : ((4 Astra) AStu) cohésion : 0.793
- Classification au niveau : 4 : (((4 Astra) AStu) AOn) cohésion : 0.609
- Classification au niveau : 5 : ((Acur Ori) 2) cohésion : 0.602
- Classification au niveau : 6 : (1 Stra) cohésion : 0.5
- Contribution à la classe : Acur,Ori (1)
Groupe optimal : card 4
PCK97 PCK74 PCK83 PCK18
- Contribution à la classe : 4,Astra (2)
Groupe optimal : card 4
PCK71 PCK70 PCK72 PCK69
- Contribution à la classe : 4,Astra,AStu (2,3)

Groupe optimal : card 3

PCK70 PCK71 PCK72

- Contribution à la classe : 4,Astra,AStu,AOri (2,3,4)

Groupe optimal : card 2

PCK70 PCK71

- Contribution à la classe : Acur,Ori,2 (1,5)

Groupe optimal : card 4

PCK97 PCK83 PCK18 PCK74

- Contribution à la classe : 1,Stra (6)

Groupe optimal : card 61

PCK88 PCK71 PCK70 PCK60 PCK35 PCK36 PCK37 PCK38 PCK4 PCK93 PCK25
PCK3 PCK96 PCK95 PCK94 PCK40 PCK41 PCK85 PCK101 PCK75 PCK91 PCK9
PCK99 PCK90 PCK87 PCK8 PCK10 PCK100 PCK80 PCK77 PCK92 PCK78 PCK79
PCK17 PCK19 PCK20 PCK47 PCK15 PCK49 PCK16 PCK23 PCK28 PCK27' PCK30
PCK22 PCK32 PCK31 PCK63 PCK62 PCK61 PCK66 PCK102 PCK68 PCK103 PCK53
PCK51 PCK50 PCK54 PCK57 PCK56 PCK13