



**Le travail collectif des professeurs en chimie comme
levier pour la mise en œuvre de démarches
d'investigation et le développement des connaissances
professionnelles. Contribution au développement de
l'approche documentaire du didactique**

Rim Hammoud

► **To cite this version:**

Rim Hammoud. Le travail collectif des professeurs en chimie comme levier pour la mise en œuvre de démarches d'investigation et le développement des connaissances professionnelles. Contribution au développement de l'approche documentaire du didactique. Education. Université Claude Bernard - Lyon I; Université Libanaise, 2012. Français. NNT : . tel-00762964

HAL Id: tel-00762964

<https://theses.hal.science/tel-00762964>

Submitted on 11 Dec 2012

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

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



**Thèse pour obtenir le diplôme de doctorat en
Sciences de l'Education - spécialité : Didactique de la Chimie**

Délivrée par

**L'UNIVERSITÉ CLAUDE BERNARD LYON 1
L'UNIVERSITÉ LIBANAISE**

Rim HAMMOUD

*Le travail collectif des professeurs en chimie comme levier pour la mise en œuvre de
démarches d'investigation et le développement des connaissances professionnelles.
Contribution au développement de l'approche documentaire du didactique*

Dirigée par Luc TROUCHE et Mazen ELKHATIB

Soutenue publiquement le 16 novembre 2012

JURY

Saouma BOUJAOUDE (rapporteur), Professeur à l'Université Américaine de Beyrouth

Mazen ELKHATIB, Professeur à l'Université Libanaise

Michel GRANGEAT, Maître de Conférences HDR à l'Université Joseph Fourier Grenoble

Ghislaine GUEUDET (rapporteur), Professeur à l'Université de Bretagne Occidentale

Philippe LAUTESSE, Professeur à l'Université Claude Bernard Lyon 1

Jean-François LE MARECHAL, Maître de Conférences HDR à l'Ecole Normale Supérieure de Lyon

Luc TROUCHE, Professeur à l'Ecole Normale Supérieure de Lyon

A la mémoire de mes grands parents paternels

A la mémoire de ma grand-mère maternelle

Le destin ne nous a pas laissé le temps pour jouir de ce bonheur ensemble...

C'est à vos âmes que je dédie cette thèse

Remerciements

Depuis le début de ma thèse, il y a trois ans, je pensais toujours au moment de la rédaction de cette page, j'ai vraiment attendu ce moment ; peut être parce que c'est la dernière page qui sera rédigée et qui annonce que la fin de l'aventure dans laquelle je me suis lancée est proche, mais aussi parce que c'est une page dans laquelle j'adresse mes remerciements à des personnes « ressources » qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail. Si écrire des mots est parfois plus facile de les dire face à face, j'avoue qu'il a été très difficile pour moi de pouvoir trouver les mots qui résument la reconnaissance que je porte envers ces personnes.

Si vous me lisez un jour, sachez que j'ai eu la chance de travailler avec deux personnes qui me sont très chères, Luc Trouche et Mazen ElKhatib ; ils ont été pour moi plus que des simples directeurs de thèse, ils ont pu laisser une empreinte indélébile dans ma vie tant professionnelle que personnelle.

Depuis mon mémoire de master et tout au long de mes trois années de thèse, j'ai pu bénéficier des compétences ainsi que des immenses qualités humaines de Luc Trouche, un directeur de thèse exceptionnel, croyez-moi il n'est pas comme les autres. D'ailleurs, je ne suis pas la seule à dire ceci, toutes les personnes qui m'ont entendu parler de Luc et de tout ce qu'il m'a apporté me disent que j'ai vraiment la chance d'avoir un tel directeur qui n'est pas comme les autres ! Que te dire Luc dans cette page ? Comment puis-je résumer en quelques lignes tout ce que je te dois ? Absolument mission impossible ! Même si je rédige des pages et des pages, je n'arriverais jamais à décrire et dire tout ce que tu m'as apporté aussi bien au niveau professionnel que personnel. Tu m'as constamment encouragée et soutenue tout au long de ces années d'encadrement. Merci pour ta disponibilité malgré tes nombreuses responsabilités ; merci pour ton énergie et ton extraordinaire force de travail ; merci pour ton écoute, tes conseils et ta générosité ; merci pour ta sympathie et ton humour ! Merci d'avoir supporté mes sautes d'humeur et mon stress surtout au cours de la dernière phase de rédaction de la thèse. Merci de m'avoir formée, de m'avoir toujours accompagnée dans cette aventure et de m'avoir donné l'envie de continuer dans cette voie. Merci pour tout ce que tu as fait pour moi, merci parce que sans toi et sans ton soutien incessant, je n'aurais jamais fait ce que j'ai pu faire dans mon travail de thèse.

Qui aurait dit qu'un jour je ferai une thèse en didactique ? J'avoue que sans les encouragements et le soutien de Dr. Mazen, je n'aurais jamais eu le courage de me lancer dans cette aventure. Mais l'histoire avec lui commence, bien avant la thèse, depuis qu'il était mon professeur à l'Université Libanaise. Je lui ai toujours porté une admiration, j'ai toujours vu en lui l'image d'un professeur idéal. C'est de ses qualités pédagogiques et de ses compétences scientifiques que les étudiants parlent toujours (même s'ils parlent aussi de ses contrôles toujours difficiles !). A toi Dr. Mazen, je dis : merci pour ta disponibilité, tes encouragements maintes fois renouvelés ; merci pour ton soutien constant, merci pour la confiance et la générosité dont tu as fait preuve à mon égard ; merci parce que sans toi cette thèse en cotutelle n'aurait pas été possible. Merci parce que tu n'as eu de cesse de me prodiguer tes aides et tes précieux conseils dont j'espère encore pouvoir longtemps profiter !

Je tiens à remercier aussi Ghislaine Gueudet qui a accepté d'être rapportrice de cette thèse, trois ans après avoir été rapportrice de mon mémoire. Dans l'intervalle, j'ai échangé avec elle à de nombreuses occasions qui ont toujours été aussi agréables qu'enrichissantes. Je remercie également Saouma BouJaoude de m'avoir fait l'honneur d'accepter de juger mon travail et d'avoir été rapporteur.

Je remercie vivement Jean-François Le Maréchal d'avoir fait partie de ce jury et surtout de m'avoir fait bénéficier de ses conseils et de ses remarques, toujours pertinentes et constructives, au cours de nombreuses discussions animées, tout au long de mon travail de thèse. Merci Jean-François pour le temps que tu as consacré pour la réflexion et les échanges sur mon travail ; ces moments ont certainement favorisé la maturité des réflexions et m'ont permis d'approfondir mon travail. C'est vrai que tu as choisi de quitter le monde de la recherche en didactique, mais sans aucun doute la communauté des chercheurs a perdu par ton départ un homme très compétent qui aurait pu encore jouer un rôle vital dans ce monde.

Mes remerciements vont aussi à Michel Grangeat et Philippe Lautesse pour avoir accepté de faire partie de ce jury. Merci tout particulièrement à Michel pour ses précieuses remarques et les discussions que nous avons eues lors des colloques et du séminaire qui s'est tenu à Lyon.

Durant ces trois années de thèse, j'ai eu la chance de côtoyer une équipe très particulière, un véritable lieu d'intelligence collective ! C'est bien évidemment l'équipe EducTice au sein de laquelle j'ai passé des moments très agréables où une formidable histoire de relations et d'amitiés s'est construite. Que tous les membres de cette équipe soient remerciés pour les bons moments partagés, pour leur soutien et leurs conseils. Mes remerciements vont aussi à toutes les personnes de l'IFÉ pour les petits ou les grands services qu'ils ont pu me rendre. Je tiens à remercier également les membres du laboratoire S2HEP. Je pense particulièrement à Hussein Sabra avec qui j'ai passé deux ans dans le même bureau. Merci Hussein pour les nombreuses discussions si enrichissantes que nous avons eues ensemble, merci pour tes encouragements et tes conseils tant au niveau professionnel que personnel. J'espère que notre amitié restera pour toujours malgré les distances qui nous séparent !

J'ai une pensée toute particulière à l'adorable Martine Nadal, la femme de Luc Trouche. Je te remercie sincèrement et profondément Martine parce que tu as été avec Luc une vraie famille pour moi, un vrai soutien pendant les moments les plus difficiles. Merci pour tes encouragements et ta gentillesse. Merci pour les agréables moments partagés lors de mes visites à Montpellier ; merci pour ton accueil si chaleureux. Ces bons moments vont certainement me manquer, je ne les oublierai jamais...

J'adresse aussi mes remerciements aux enseignants qui m'ont accueillie dans leurs classes et qui ont accepté d'être filmés et de consacrer une partie de leur temps à cette étude. Cette thèse n'aurait pas pu être réalisée sans leur collaboration. Merci tout particulièrement à Ludovic qui s'était prêté au jeu pendant deux années consécutives avec autant de plaisir.

Je remercie infiniment l'Université Libanaise pour la bourse d'études qu'elle m'a accordée. Je tiens à remercier également les enseignants de la faculté de Pédagogie, avec qui j'ai commencé, au cours de mon année de CAPES, à entendre parler de la didactique et à entrer dans ce monde et à vrai dire j'en suis devenue une véritable passionnée.

Les moments que j'ai vécus à Lyon n'auraient jamais été faciles sans le soutien de mes amis qui ont toujours été à mes côtés et qui n'ont pas cessé de m'encourager. Merci tout particulièrement à Sara, Noujoud et Louai. Je ne regrette jamais d'avoir fait cette aventure dans ma vie. Comment regretter une aventure qui m'a permis de construire une amitié profonde avec deux tunisiennes qui me sont très chères, Manel et Mouna. Plus que des amies, elles étaient comme mes sœurs. Manel et Mouna, je ne sais pas quoi vous dire ici. Vous savez que les mots ne peuvent pas exprimer toute la reconnaissance et l'amour que j'éprouve envers vous. Tous les moments que nous avons vécus ensemble vont absolument me manquer. Merci pour votre écoute et votre soutien pendant les moments les plus difficiles. Merci pour tout ce que vous avez fait pour moi pendant ces quatre ans. J'espère que nous serons toujours réunies malgré les 2315.35 km qui séparent le Liban de la Tunisie !

Tout ce que je suis actuellement, je le dois à mon père et à ma mère qui m'ont toujours soutenue et encouragée. Il m'est impossible de trouver des mots pour dire à quel point je suis fière d'eux, à quel point je leur suis reconnaissante et à quel point je les aime. Un grand merci aussi à ma belle famille pour son soutien constant, pour la confiance dont elle a fait preuve à mon égard et pour ses encouragements. Je n'oublie pas ma sœur et son mari, mon frère et sa femme, et mon autre frère pour leur soutien incessant. A vous tous, je dois beaucoup et je ne serais pas arrivée jusqu'à là sans votre présence à mes côtés.

Enfin, je conclus en remerciant mon amour Youssef. Il n'a pas été facile pour moi au début de prendre la décision de tout quitter pour me lancer dans l'inconnu. Je ne m'imaginais pas vivre loin de toi pendant quatre ans. J'avoue que ce n'était pas du tout facile ! Nous avons presque vécu la période de nos fiançailles à distance. Mais voilà les quatre ans ont passé et notre amour est sorti grandi de cette épreuve. Nous voilà en train de préparer notre appartement et notre mariage. Nous voilà dépasser par notre amour tous les obstacles auxquels nous nous sommes heurtés. A toi chéri, je dis : merci avant tout parce que tu m'as laissée vivre cette aventure ; merci pour ton soutien et tes encouragements incessants ; merci pour ta confiance et ta patience ; merci d'avoir supporté mes tempéraments et mon stress. Merci parce que tu étais toujours avec moi malgré les distances ; merci parce que tu as toujours cru en moi. Merci parce que sans toi rien n'aurait été possible. Je t'aime...

Résumé

Le questionnement de la thèse émerge d'un contexte de réforme, en France, de l'enseignement des sciences en lycée qui met au centre du curriculum les démarches d'investigation (DI). Notre étude se situe au moment exact de la décision institutionnelle d'intégrer les DI dans l'enseignement de la chimie en classe de seconde.

La mise en place des DI engendre une nouvelle complexité du travail des enseignants qui questionne à la fois leurs pratiques, leurs ressources et leurs connaissances professionnelles. Nous nous sommes proposé de saisir le développement professionnel des professeurs en chimie, particulièrement tourné vers les DI, à partir de leur documentation, c'est-à-dire du travail sur les ressources qu'ils réalisent pour accomplir leur enseignement, particulièrement de la part de ce travail qui prend place au sein de collectifs.

L'étude est conduite sur deux études de cas. Dans la première, il s'agit d'un professeur que nous avons suivi, sur deux années consécutives, au sein d'une diversité de communautés professionnelles, parmi lesquelles une communauté associative a pris une place prépondérante. La deuxième étude de cas concerne une enseignante suivie sur une année au sein de communautés ordinaires d'un établissement scolaire. Dans les deux cas, l'étude s'intéresse plus particulièrement à l'enseignement du thème de la quantité de matière en classe de seconde, du fait de l'importance et de la complexité de ce thème d'enseignement au niveau du lycée.

La thèse propose des développements théoriques et méthodologiques pour saisir le travail des enseignants, dans ses composantes individuelles et collectives, dans son unité et sa dynamique, en classe comme hors classe. Elle met en évidence le potentiel qu'a le travail collectif pour le développement professionnel des enseignants dans la perspective de DI.

Mots clés : démarches d'investigation, documentation, cycle de vie d'un document, système d'activité, système d'interactions, connaissances pédagogiques liées au contenu disciplinaire (PCK), orientations pour les démarches d'investigation, développement professionnel, enseignement de la chimie.

Abstract

The questioning of the thesis emerges from a context of a science education reform in France, that emphasizes the inclusion of inquiry-based science teaching (IBST) into upper secondary school curricula. Our study is situated at the exact moment of the institutional decision to integrate IBST into chemistry teaching at grade 10.

The implementation of IBST leads to a new complexity in the work of teachers, which questions their practices, their resources and their professional knowledge. We aim at gaining insight into the chemistry teachers' professional development, particularly with respect to

IBST, based on their documentation, i.e. their work on the resources they realize in order to perform their teaching. We focus particularly on the part of this work that takes place within communities.

The study was conducted on two case studies. The first one concerns a teacher whom we have followed over two consecutive years within a variety of professional communities, among which one associative community has taken a prominent place. The second case study concerns a teacher followed over one year within ordinary communities of a school. In both cases, the study focuses on the teaching of the amount of substance in grade 10, because of the importance and the complexity of this chemical theme at high school level.

The thesis proposes theoretical and methodological developments to understand teachers' work, in its individual and collective components, in its unity and its dynamics, in class and outside the class. It highlights the potential of collective work for teachers' professional development with respect to IBST.

Keywords: inquiry-based science teaching, documentation, life cycle of a document, activity system, system of interactions, pedagogical content knowledge (PCK), orientations towards inquiry, professional development, chemistry teaching.

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE	17
CHAPITRE 1. PROBLEMATIQUE.....	21
1.1. LES DEMARCHES D'INVESTIGATION, UN CHANGEMENT DE PERSPECTIVE.....	21
1.2. LES DI : LES PROGRAMMES, QU'EN DISENT-ILS ?	23
1.3. LES DI, UNE NOUVELLE COMPLEXITE DU TRAVAIL DES ENSEIGNANTS : VERS UN QUESTIONNEMENT DES RESSOURCES ET DES CONNAISSANCES PROFESSIONNELLES	25
1.4. UN QUESTIONNEMENT DE LA POTENTIALITE DU TRAVAIL COLLECTIF ENSEIGNANT : UN APPUI POUR LA MISE EN PLACE DES DI ?	27
1.5. CONCLUSION	28
CHAPITRE 2. CADRE THEORIQUE	31
2.1. LES DI, BASE D'UN RENOUVELLEMENT DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES	32
2.1.1. QU'ENTEND-ON PAR « DEMARCHE D'INVESTIGATION » ?	32
2.1.2. LE MODELE DE L'ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE FONDE SUR LES DEMARCHES D'INVESTIGATION (ESFI).....	37
2.1.3. CONCLUSION.....	40
2.2. APPROCHE DOCUMENTAIRE, RESSOURCES VIVANTES ET CYCLE DE VIE D'UN DOCUMENT.....	41
2.2.1. LES RESSOURCES DE L'ENSEIGNANT ET LE TRAVAIL DOCUMENTAIRE	41
2.2.2. DIALECTIQUE RESSOURCES/DOCUMENT, SYSTEME DE RESSOURCES ET SYSTEME DOCUMENTAIRE	43
2.2.3. VERS LES CONCEPTS DE RESSOURCES-MERES ET DE RESSOURCE-FILLE	45
2.2.4. VERS LE CONCEPT DE CYCLE DE VIE D'UN DOCUMENT	48
2.2.5. CONCLUSION.....	53
2.3. LES CONNAISSANCES PROFESSIONNELLES DES ENSEIGNANTS : DES PCK AUX ORIENTATIONS POUR LES DI	53
2.3.1. QU'ENTEND-ON PAR « CONNAISSANCE » ?	54
2.3.2. LE MODELE DE SHULMAN DES CONNAISSANCES DES ENSEIGNANTS	56
2.3.3. LES PCK DES ENSEIGNANTS	58
DEFINITIONS DES PCK.....	58
COMPOSANTES DES PCK	60
2.3.4. MODELE DE PCK RETENU	61
2.3.5. DES ORIENTATIONS POUR L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES AUX ORIENTATIONS POUR LES DI.....	65
2.3.6. CARACTERISATION DES CONNAISSANCES PROFESSIONNELLES : DU MODELE ESFI A LA MODELISATION EN CHIMIE	69
CARACTERISATION DES ORIENTATIONS POUR LES DI : MISE EN RELATION AVEC LE MODELE ESFI.....	69
CARACTERISATION DES PCK A PARTIR DU SAVOIR : LA MODELISATION	70
2.3.7. CONCLUSION.....	72
2.4. TRAVAIL COLLECTIF ET SYSTEME D'INTERACTIONS DES ENSEIGNANTS.....	72
2.4.1 TRAVAIL COLLECTIF ET DEVELOPPEMENT PROFESSIONNEL : ETAT DES LIEUX.....	73
2.4.2 FORMES DE TRAVAIL COLLECTIF	74
2.4.3 LA THEORIE DE L'ACTIVITE.....	76
SYSTEME D'ACTIVITE.....	76
CARACTERISER UNE COMMUNAUTE : STYLE DE Pensee ET COLLECTIF DE Pensee	78

2.4.4 VERS UN SYSTEME D'INTERACTIONS DE L'ENSEIGNANT	81
<i>DEFINITION DU SYSTEME D'INTERACTIONS DE L'ENSEIGNANT</i>	<i>81</i>
<i>MODELISATION DU SYSTEME D'INTERACTIONS DE L'ENSEIGNANT.....</i>	<i>82</i>
2.4.5. INTERFERENCE DES SYSTEMES D'ACTIVITE DE L'ENSEIGNANT	84
<i>INTERFERENCE DES SYSTEMES D'ACTIVITE AU NIVEAU DES RESSOURCES : MISE EN RELATION AVEC LE CYCLE DE VIE D'UN DOCUMENT.....</i>	<i>84</i>
<i>INTERFERENCE DES SYSTEMES D'ACTIVITE AU NIVEAU DES REGLES</i>	<i>86</i>
<i>INTERFERENCE DES SYSTEMES D'ACTIVITE AU NIVEAU DU STYLE DE Pensee (METAREGLES)</i>	<i>87</i>
2.4.6. CONCLUSION.....	88
<u>2.5. CONCLUSION DE LA CONSTRUCTION THEORIQUE</u>	<u>89</u>
<u>2.6. QUESTIONS ET HYPOTHESES DE RECHERCHE.....</u>	<u>90</u>
<i>QUESTIONS DE RECHERCHE</i>	<i>91</i>
<i>HYPOTHESES DE RECHERCHE</i>	<i>91</i>
 <u>CHAPITRE 3. METHODOLOGIE</u>	 <u>93</u>
 3.1. PRINCIPES POUR LA CONCEPTION DE LA METHODOLOGIE	 93
3.1.1. ETUDE A LARGE ECHELLE DE CE QUE LES ENSEIGNANTS DE SPC PENSENT DES DI.....	94
3.1.2. UN SUIVI DE DUREE LONGUE DU TRAVAIL DOCUMENTAIRE DU PROFESSEUR EN CHIMIE	94
3.1.3. UN SUIVI CONTINU DU TRAVAIL DOCUMENTAIRE DU PROFESSEUR EN CHIMIE	95
3.1.4. UN SUIVI REFLEXIF DU TRAVAIL DOCUMENTAIRE DU PROFESSEUR EN CHIMIE.....	95
3.1.5. UN RECUEIL ETENDU DES RESSOURCES DU PROFESSEUR EN CHIMIE	96
3.1.6. UN SUIVI PRENANT APPUI SUR LA CONCEPTION DANS L'USAGE	96
3.1.7. CONCLUSION.....	97
<u>3.2. METHODOLOGIE DE RECUEIL DE DONNEES.....</u>	<u>98</u>
3.2.1. UNE ENQUETE A LARGE ECHELLE PORTANT SUR LES DI.....	99
3.2.2. DES ENTRETIENS.....	99
3.2.3. DES REPRESENTATIONS SCHEMATIQUES	102
3.2.4. UN JOURNAL DE BORD	104
3.2.5. UN JOURNAL D'INTERACTIONS	106
3.2.6. DES OBSERVATIONS DE CLASSE ENREGISTREES EN VIDEO	108
3.2.7. OBSERVATION DU TRAVAIL COLLECTIF DE L'ENSEIGNANT AU SEIN DE DIVERSES COMMUNAUTES	110
3.2.8. CONCLUSION.....	111
<u>3.3. LA CONSTRUCTION DU TERRAIN DE RECHERCHE.....</u>	<u>111</u>
3.3.1. LE CHOIX DES ENSEIGNANTS	111
3.3.2. LE CHOIX DU THEME DE LA QUANTITE DE MATIERE EN CHIMIE	113
3.3.3. LES DEUX TERRAINS D'ETUDE, PRESENTATION ET METHODOLOGIE.....	113
<i>PRESENTATION DE LUCIEN ET DE SARAH.....</i>	<i>114</i>
<i>PRISE DE CONTACT AVEC LES ENSEIGNANTS SUIVIS.....</i>	<i>114</i>
<i>OUTILS METHODOLOGIQUES MIS EN ŒUVRE POUR LE SUIVI DE LUCIEN</i>	<i>115</i>
<i>Outils méthodologiques mis en œuvre au cours de la première année de suivi.....</i>	<i>115</i>
<i>Outils méthodologiques mis en œuvre au cours de la deuxième année de suivi.....</i>	<i>117</i>
<i>OUTILS METHODOLOGIQUES MIS EN ŒUVRE POUR LE SUIVI DE SARAH.....</i>	<i>118</i>
3.3.4. CONCLUSION.....	119
<u>3.4. METHODOLOGIE D'ANALYSE DES DONNEES.....</u>	<u>119</u>
3.4.1. METHODOLOGIE D'ANALYSE DES ENTRETIENS	119
<i>PRINCIPE DE DECOUPAGE DU DISCOURS</i>	<i>119</i>
<i>METHODOLOGIE DE DECOUPAGE DU DISCOURS</i>	<i>123</i>
3.4.2. METHODOLOGIE D'ANALYSE DES REPRESENTATIONS SCHEMATIQUES	125
3.4.3. METHODOLOGIE D'ANALYSE DU JOURNAL DE BORD	129
3.4.4. METHODOLOGIE D'ANALYSE DU JOURNAL D'INTERACTIONS	130

<i>PRINCIPE D'ANALYSE DU JOURNAL D'INTERACTIONS</i>	130
<i>CRITERES D'ANALYSE DU JOURNAL D'INTERACTIONS</i>	131
3.4.5. METHODOLOGIE D'ANALYSE DES RESSOURCES-FILLES	135
3.4.6. METHODOLOGIE D'ANALYSE DES OBSERVATIONS DE CLASSE	136
<i>CARACTERISATION DES PCK</i>	137
Caractérisation des PCK/compréhension des élèves	137
Caractérisation des PCK/stratégie	138
<i>CARACTERISATION DES ORIENTATIONS POUR LES DI</i>	139
<i>CHOIX DE PASSAGES PARTICULIERS POUR L'IDENTIFICATION DE CONNAISSANCES PROFESSIONNELLES</i>	141
3.4.7. CONCLUSION	142
3.5. CONCLUSION DE LA CONSTRUCTION METHODOLOGIQUE	142

CHAPITRE 4. UNE ENQUETE NATIONALE SUR LES DI, ETAT DES LIEUX.....143

4.1. PRESENTATION DE L'ENQUETE ET DE L'ECHANTILLON DES REpondANTS	144
4.1.1. OBJECTIFS DE L'ENQUETE.....	144
4.1.2. PROCEDURE D'ANALYSE DES REPONSES	144
4.1.3. CARACTERISTIQUES DE LA POPULATION DES REpondANTS DE SPC	146
4.2. QUE DISENT LES ENSEIGNANTS DE SPC DES DI ?	148
4.2.1. REGISTRES LEXICAUX MOBILISES DANS LA DEFINITION DE L'EXPRESSION « DEMARCHE D'INVESTIGATION » ..	149
4.2.2. OBJECTIFS DES DI	154
4.2.3 CAPACITES DEVELOPPEES LORS DE LA CONDUITE DES DI.....	157
4.2.4. CAPACITES OU ATTITUDES TRANSVERSALES DEVELOPPEES LORS DE LA MISE EN ŒUVRE DES DI.....	158
4.2.5. MODALITES D'APPRENTISSAGE DEVELOPPEES PAR LES DI.....	160
4.2.6. DIFFICULTES DE LA MISE EN ŒUVRE DES DI	162
4.2.7. MISE EN ŒUVRE DES DI PAR LES REpondANTS	164
4.2.8. CONCLUSION.....	165
4.3. LES RESULTATS D'ANALYSE DES REPONSES DE LUCIEN ET DE SARAH A L'ENQUETE	167
4.3.1. COMMENT LUCIEN ET SARAH DEFINISSENT LES DI ?	168
4.3.2. OBJECTIFS DES DI SELON LUCIEN ET SARAH	169
4.3.3. CAPACITES DEVELOPPEES SELON LUCIEN ET SARAH LORS DE LA CONDUITE DES DI	171
4.3.4. CAPACITES OU ATTITUDES TRANSVERSALES DEVELOPPEES SELON LUCIEN ET SARAH LORS DE LA MISE EN ŒUVRE DES DI	172
4.3.5. MODALITES D'APPRENTISSAGE DEVELOPPEES PAR LES DI SELON LUCIEN ET SARAH.....	173
4.3.6. DIFFICULTES DE MISE EN ŒUVRE DES DI PERçUES PAR LUCIEN ET SARAH	175
4.3.7. MISE EN ŒUVRE DES DI PAR LUCIEN ET PAR SARAH	176
4.3.8. CONCLUSION.....	177
4.4. CONCLUSION DU CHAPITRE	178

CHAPITRE 5. ANALYSE DES DONNEES RELATIVES A LUCIEN 181

5.1. ANALYSE DE LA DOCUMENTATION ET DU SYSTEME D'INTERACTIONS DE LUCIEN, PREMIERE ANNEE DE SUIVI	181
5.1.1. ANALYSE DU SYSTEME DE RESSOURCES DE LUCIEN	181
<i>RESSOURCES MOBILISEES PAR LUCIEN POUR ORGANISER SON ENSEIGNEMENT ET VISITE GUIDEE</i>	182
<i>REPRESENTATION SCHEMATIQUE DU SYSTEME DE RESSOURCES (RSSR) DE LUCIEN</i>	183
<i>SYNTHESE DE L'ANALYSE DU SYSTEME DE RESSOURCES DE LUCIEN</i>	188
5.1.2. ANALYSE DES SYSTEMES D'ACTIVITE DE LUCIEN	189
<i>SYSTEMES D'ACTIVITE DE LUCIEN : CROISEMENT DE L'ANALYSE DE L'ENTRETIEN GENERAL ET DE LA RSTC</i>	189
<i>SYSTEME D'ACTIVITE DE LUCIEN AU SEIN DE LA COMMUNAUTE DES PROFESSEURS DE SPC DE SON LYCEE</i>	192

Règles régissant les interactions collectives au sein de cette communauté	193
Outils mobilisés par cette communauté : des CD et des classeurs vers le wiki	195
Impact des interactions collectives de Lucien au sein de cette communauté sur sa documentation	196
<i>SYNTHESE DE L'ANALYSE DES SYSTEMES D'ACTIVITE DE LUCIEN</i>	198
5.1.3. ANALYSE D'UNE ETAPE DU CYCLE DE VIE D'UN DOCUMENT : LA CONCEPTION PAR LUCIEN DE RESSOURCE-FILLE FONDEE SUR LES DI	198
<i>QUE PENSE LUCIEN DES DI ?</i>	199
<i>RESSOURCES-MERES MOBILISEES</i>	200
<i>INTERACTIONS COLLECTIVES DE LUCIEN AVEC PAULINE</i>	200
Analyse croisée de l'entretien précédant l'observation de classe et du wiki	201
Analyse du journal de bord	204
Analyse de la RSTC retouchée	206
<i>LA RESSOURCE-FILLE OBSERVEE EN CLASSE : RESULTAT DE L'INTERFERENCE DES SYSTEMES D'ACTIVITE DE LUCIEN AU NIVEAU DES RESSOURCES</i>	208
Analyse croisée de l'entretien précédant l'observation de classe et du journal de bord	208
Analyse de la RSSR retouchée	211
<i>SYNTHESE DE L'ANALYSE DE LA CONCEPTION PAR LUCIEN D'UNE RESSOURCE-FILLE BASEE SUR LES DI</i>	214
5.1.4. ANALYSE DES PCK ET DES ORIENTATIONS DE LUCIEN POUR LES DI	215
<i>ANALYSE DE LA RESSOURCE-FILLE BASEE SUR LES DI</i>	215
<i>ANALYSE DU SYSTEME D'ACTIVITE DE LUCIEN EN CLASSE ORIENTE VERS LA MISE EN ŒUVRE DE LA RESSOURCE-FILLE...</i>	219
Des PCK et des règles d'action de Lucien mobilisées par la mise en œuvre de DI	220
Des PCK et des règles d'action : conséquence de l'interférence des systèmes d'activité de Lucien au niveau du style de pensée	230
Quelles orientations pour les DI?	234
<i>SYNTHESE DE L'ANALYSE DES PCK ET DES ORIENTATIONS DE LUCIEN POUR LES DI</i>	236
5.1.5. CONCLUSION DE L'ANALYSE DE LA DOCUMENTATION ET DU SYSTEME D'INTERACTIONS DE LUCIEN, PREMIERE ANNEE DE SUIVI	237
<u>5.2. ANALYSE DE LA DOCUMENTATION ET DU SYSTEME D'INTERACTIONS DE LUCIEN, DEUXIEME ANNEE DE SUIVI</u>	<u>238</u>
5.2.1. ANALYSE DU SYSTEME DE RESSOURCES DE LUCIEN	239
5.2.2. ANALYSE DES SYSTEMES D'ACTIVITE DE LUCIEN	246
<i>SYSTEMES D'ACTIVITE DE LUCIEN : CROISEMENT DE L'ANALYSE DE L'ENTRETIEN GENERAL, DE LA RSTC ET DE L'OBSERVATION DU TRAVAIL COLLECTIF</i>	247
Système d'activité de Lucien au sein de la communauté des enseignants de SPC de son lycée	247
Système d'activité de Lucien au sein de la communauté du GFEN	249
Interférence au niveau du style de pensée entre les systèmes d'activité de Lucien au sein de la communauté de son lycée et de celle du GFEN	253
Systèmes d'activité de Lucien au sein de la « communauté MLSP » et de la communauté « liaison collège-lycée »	255
Analyse de la RSTC	256
<i>SYSTEMES D'ACTIVITE DE LUCIEN REPERES A TRAVERS L'ANALYSE DU JOURNAL D'INTERACTIONS</i>	258
Le sous-système « sujet-communauté-objet »	258
Le sous-système « sujet-communauté-règles »	265
Le sous-système « sujet-communauté-outils »	269
Les ressources issues des interactions collectives	270
<i>IMPACT DES INTERACTIONS COLLECTIVES DE LUCIEN</i>	272
<i>SYNTHESE DE L'ANALYSE DES SYSTEMES D'ACTIVITE DE LUCIEN</i>	275
5.2.3. ANALYSE D'UNE ETAPE DU CYCLE DE VIE D'UN DOCUMENT : LA CONCEPTION PAR LUCIEN DE RESSOURCES-FILLES FONDEES SUR LES DI	275
5.2.4. ANALYSE DES PCK ET DES ORIENTATIONS DE LUCIEN POUR LES DI	279
<i>ANALYSE DE RESSOURCE-FILLE BASEE SUR LES DI</i>	279

<i>ANALYSE DU SYSTEME D'ACTIVITE DE LUCIEN EN CLASSE ORIENTE VERS LA MISE EN ŒUVRE DE RESSOURCES-FILLES....</i>	283
Des PCK et des règles d'action : conséquence de l'interférence des systèmes d'activité de Lucien au niveau du style de pensée	283
Quelles orientations pour les DI ?	293
<i>SYNTHESE DE L'ANALYSE DES PCK ET DES ORIENTATIONS DE LUCIEN POUR LES DI.....</i>	297
5.2.5. CONCLUSION DE L'ANALYSE DE LA DOCUMENTATION ET DU SYSTEME D'INTERACTIONS DE LUCIEN, DEUXIEME ANNEE DE SUIVI.....	297
<u>5.3. CONCLUSION DU CHAPITRE : QUELLES EVOLUTIONS DANS LA DOCUMENTATION ET LE SYSTEME D'INTERACTIONS ?.....</u>	<u>300</u>
5.3.1. EVOLUTION DU SYSTEME DE RESSOURCES DE LUCIEN	300
5.3.2. EVOLUTION DES SYSTEMES D'ACTIVITE DE LUCIEN	302
5.3.3. EVOLUTION DES PCK ET DES ORIENTATIONS DE LUCIEN POUR LES DI	303
<i>EVOLUTION DE LA RESSOURCE-FILLE FONDEE SUR LES DI</i>	303
<i>EVOLUTION DES PCK ET DES ORIENTATIONS DE LUCIEN POUR LES DI REPEREE A TRAVERS LES OBSERVATIONS DE CLASSE</i>	304
 <u>CHAPITRE 6. ANALYSE DES DONNEES RELATIVES A SARAH.....</u>	 <u>307</u>
<u>6.1. ANALYSE DU SYSTEME DE RESSOURCES DE SARAH</u>	<u>307</u>
<u>6.2. ANALYSE DES SYSTEMES D'ACTIVITE DE SARAH</u>	<u>311</u>
6.2.1. SYSTEMES D'ACTIVITE DE SARAH : CROISEMENT DE L'ANALYSE DE L'ENTRETIEN GENERAL ET DE L'OBSERVATION DU TRAVAIL COLLECTIF	312
6.2.2. SYSTEMES D'ACTIVITE DE SARAH REPERES A TRAVERS L'ANALYSE DE LA RSTC ET DU JOURNAL D'INTERACTIONS	316
<i>ANALYSE DE LA RSTC</i>	316
<i>ANALYSE DU JI.....</i>	318
Le sous-système « sujet-communauté-objet »	318
Le sous-système « sujet-communauté-règles »	324
Le sous-système « sujet-communauté-outils ».....	325
Les ressources issues des interactions collectives	326
6.2.3. IMPACT DES INTERACTIONS COLLECTIVES DE SARAH	327
6.2.4. SYNTHESE DE L'ANALYSE DES SYSTEMES D'ACTIVITE DE SARAH	329
<u>6.3. ANALYSE D'UNE ETAPE DU CYCLE DE VIE D'UN DOCUMENT : LA CONCEPTION PAR SARAH DE RESSOURCES-FILLES FONDEES SUR LES DI.....</u>	<u>329</u>
6.3.1. RESSOURCES-MERES MOBILISEES.....	330
6.3.2. INTERACTIONS COLLECTIVES DE SARAH.....	331
<i>INTERACTIONS COLLECTIVES DE SARAH POUR LA CONCEPTION ET LA MISE EN ŒUVRE DE LA PREMIERE RESSOURCE-FILLE BASEE SUR LES DI</i>	332
<i>INTERACTIONS COLLECTIVES DE SARAH POUR LA CONCEPTION ET LA MISE EN ŒUVRE DE LA DEUXIEME RESSOURCE-FILLE BASEE SUR LES DI</i>	339
<i>ANALYSE DE LA RSTC RETOUCHEE.....</i>	343
6.3.3. SYNTHESE DE L'ANALYSE DE LA CONCEPTION PAR SARAH DE RESSOURCES-FILLES FONDEES SUR LES DI.....	344
<u>6.4. ANALYSE DES PCK ET DES ORIENTATIONS DE SARAH POUR LES DI</u>	<u>345</u>
6.4.1. ANALYSE DE LA PREMIERE RESSOURCE-FILLE BASEE SUR LES DI	346
6.4.2. ANALYSE DE LA DEUXIEME RESSOURCE-FILLE BASEE SUR LES DI	349
6.4.3. ANALYSE DU SYSTEME D'ACTIVITE DE SARAH EN CLASSE ORIENTE VERS LA MISE EN ŒUVRE DE RESSOURCES-FILLES	353
<i>DES PCK ET DES REGLES D'ACTION DE SARAH MOBILISEES PAR LA MISE EN ŒUVRE DE DI.....</i>	353
<i>QUELLES ORIENTATIONS POUR LES DI</i>	362
6.4.4. SYNTHESE DE L'ANALYSE DES PCK ET DES ORIENTATIONS DE SARAH POUR LES DI	363
<u>6.5. CONCLUSION DU CHAPITRE.....</u>	<u>364</u>

CHAPITRE 7. CONCLUSION ET PERSPECTIVES	367
7.1. RETOUR SUR LES QUESTIONS ET LES HYPOTHESES DE RECHERCHE	368
7.2. DOMAINE DE VALIDITE DES RESULTATS ET LIMITE DE L'ETUDE.....	372
7.3. CONTRIBUTIONS THEORIQUES ET METHODOLOGIQUES.....	374
7.3.1. DEVELOPPEMENTS THEORIQUES	374
7.3.2. DEVELOPPEMENTS METHODOLOGIQUES	376
7.4. PERSPECTIVES.....	376
BIBLIOGRAPHIE.....	379

Introduction générale

Comment l'enseignement des sciences peut-il favoriser la motivation et la mise en activité des élèves ? Depuis quelques années, cet enseignement est socialement questionné à un niveau tant national qu'international. On constate en effet en France ainsi que dans de nombreux pays développés une diminution importante des effectifs dans les filières scientifiques que l'on interprète comme une désaffection pour les études scientifiques par les lycéens et surtout les étudiants. Il semblerait que le désintérêt manifesté par les jeunes à l'égard des sciences trouve en partie sa source dans l'image de la science peu enthousiasmante véhiculée par l'enseignement scolaire et dans les programmes mobilisant peu l'expérience propre des élèves (Boilevin & Morge, 2007).

Parmi les solutions avancées pour favoriser une attitude positive des élèves à l'égard de la culture scientifique en général figurent des dispositifs didactiques permettant de modifier le rapport des élèves à l'enseignement scientifique, en particulier les *démarches d'investigation* (DI), méthode d'enseignement laissant à l'élève une responsabilité importante vis-à-vis des savoirs en jeu. C'est dans cet esprit que la *réforme du lycée*, en vigueur depuis la rentrée 2010, et les nouveaux programmes qui en émanent, mettent en avant, dans la continuité de l'école primaire et du collège, ces DI. La présente thèse se situe précisément à ce moment critique de l'enseignement des sciences au lycée induit par la réforme, et plus particulièrement de la généralisation des DI dans le nouveau programme de sciences physiques et chimiques (SPC) pour la classe de seconde (M.E.N., 2010).

Dans la tradition de l'enseignement secondaire français, la physique et la chimie sont étroitement associées, elles sont intégrées sous le nom générique de sciences physiques et chimiques ou dites parfois, tout simplement, sciences physiques ; de fait, un même professeur enseigne à la fois ces deux disciplines. Cependant, Caillot (1994) montre que la physique et la chimie ne sont pas si sœurs que cela. Une de ses hypothèses pour expliquer cette différence est la place différente qu'occupent la physique et la chimie dans la sphère des savoirs et des pratiques sociales. Pour sa part, Barlet (1999) note que l'épistémologie de la chimie est très spécifique : un rapport à l'expérimental fort et complexe constitue son fondement épistémologique. Il souligne que ce fondement entraîne une véritable autonomie didactique avec des enjeux d'apprentissage assez spécifiques : dualité microscopique-macroscopique, rapport expérimentation-modélisation. C'est cette dualité « macroscopique-microscopique ; observable-modélisable ; concret-abstrait » qui fait, selon lui, la spécificité de la chimie et, en même temps, l'une des difficultés didactiques majeures de son enseignement. Il considère également que l'expérimentation et sa diversité sont fondamentales en chimie, comme dans les disciplines scientifiques voisines que sont la physique et la biologie, mais avec une dimension spécifique : « La richesse et la complexité expérimentale ne s'accommodent pas comme

en physique, d'une modélisation très mathématisée et à fonction aussi prédictive. La modélisation et l'expérimentation entretiennent en chimie, plus qu'ailleurs, un rapport dialectique, un va-et-vient continu » (p. 1432). Suivant cette perspective, il postule que la dialectique modélisation-expérimentation en chimie est plus forte qu'en physique, à cause, d'une part, de la grande diversité expérimentale des réactions chimiques et, d'autre part, d'un rapport aux mathématiques moins accentué et moins abstrait. Ainsi, dire tout ceci c'est aussi dire que les DI en chimie ont des caractéristiques qui leur sont propres, distinctes de celles de la physique. De ce fait, les DI en chimie peuvent être considérées en soi comme « un tout », elles peuvent donc être construites comme un objet d'étude spécifique.

Dans la présente thèse, nous portons essentiellement notre regard sur les DI dans l'enseignement de la chimie. De fait, comme le concept de « professeur de chimie » n'existe pas dans l'enseignement scolaire en France, et que c'est bien l'appellation « professeur de sciences physiques et chimiques » qui s'impose, nous proposons d'utiliser dans ce document l'expression « professeur en chimie » pour signifier la focalisation de notre regard sur ce moment particulier du travail du professeur de SPC¹.

La mise en place des DI modifie la place et les rôles respectifs de l'enseignant et des élèves dans l'élaboration des connaissances et transforme la relation didactique (Boilevin et *al.*, 2011). Cette modification touche les pratiques, les ressources et les connaissances professionnelles des enseignants. Ce sont ces modifications que nous voulons questionner. Le travail du professeur, ses évolutions professionnelles, peuvent être étudiés avec différentes perspectives. La particularité de cette thèse est qu'elle identifie certains collectifs, dont le professeur fait partie, comme un élément déterminant des évolutions professionnelles. Ainsi, nous nous proposons de saisir le développement professionnel des professeurs, particulièrement tourné vers les DI, à partir du travail sur les ressources qu'ils réalisent au sein de collectifs.

Notre étude se situe au moment exact de la décision institutionnelle d'intégrer les DI dans l'enseignement de la chimie en classe de seconde. Nous faisons l'hypothèse qu'il s'agit d'un contexte privilégié pour organiser notre questionnement.

Les volets d'étude de notre travail sont présentés avec la structure suivante :

- le chapitre 1 précise la problématique de notre étude ;
- dans le chapitre 2, nous exposons le cadre théorique qui a nourri notre étude et qui nous a permis de préciser les questions et les hypothèses de recherche ;
- le chapitre 3 est consacré à la présentation de la méthodologie de recueil et d'analyse des données. La construction de notre terrain de recherche y figure aussi : deux études de cas sont présentées ;
- dans le chapitre 4, nous analysons les réponses des enseignants à une enquête nationale portant sur les DI ;

¹ Avant de m'impliquer dans ce travail de recherche, j'avais commencé ma carrière comme professeure de chimie au Liban dont le système éducatif n'associe pas, comme en France, la physique et la chimie. Ceci explique aussi mon intérêt dans cette recherche à l'égard de l'enseignement de la chimie par un professeur de

- le chapitre 5 et le chapitre 6 portent sur l'analyse des données de nos deux terrains d'étude ;
- le chapitre 7 nous permet de proposer des réponses à notre questionnaire initial, de situer leur portée et enfin de proposer quelques perspectives.

Chapitre 1. Problématique

Le questionnement de notre thèse émerge d'un contexte de *réforme* de l'enseignement scientifique qui met au centre du curriculum les *démarches d'investigation* (DI) (§ 1.1). Celles-ci, occupant aujourd'hui une place privilégiée dans les programmes scolaires de l'école au lycée, mettent l'accent sur l'*autonomie* et la *responsabilité* de l'élève vis-à-vis de la construction de son savoir (§ 1.2). La généralisation des DI engendrent une nouvelle *complexité* du travail des enseignants qui questionne à la fois leurs *ressources* et leurs *connaissances professionnelles* (§ 1.3). Le *travail collectif enseignant*, vu comme un appui pour l'implémentation des DI (§ 1.4), est l'hypothèse sur laquelle débouche notre questionnement.

1.1. Les démarches d'investigation, un changement de perspective

La chimie étant une science expérimentale, la question des relations avec l'expérimentation demeure toujours une question vive. S'il est évident que, dans l'enseignement de la chimie, une place privilégiée est accordée aux activités expérimentales où l'élève doit pouvoir mettre au point et réaliser un protocole comportant des expériences, nous pouvons cependant nous demander si l'élève prend bien conscience du rôle de ces activités dans sa formation. Cette interrogation naît, en effet, des travaux de recherche portant sur le rôle des activités expérimentales dans l'enseignement des sciences (Johsua & Dupin, 1993 ; Leach & Paulsen, 1999 ; Windschitl, 2003) qui montrent que ces activités sont souvent inscrites dans des démarches linéaires, stéréotypées, et utilisées dans l'objectif d'illustrer des concepts, de vérifier une loi ou dans une démarche inductiviste². Robardet (1990) critique le modèle classique inductiviste, et considère que son usage quasi-systématique dans l'enseignement des sciences physiques et chimiques semble en grande partie responsable du fait que, dans leur majorité, les élèves ne comprennent pas cette matière. Dans la même veine, la recherche menée dans le cadre européen par Tiberghien *et al.* (2001) relève que les travaux pratiques (TP) de chimie sont orientés vers l'objectif « apprendre à suivre un protocole expérimental » et ceux de physique visent plutôt l'apprentissage des lois. Peu d'initiative est donc laissée aux élèves qui ont surtout comme rôle de reproduire une succession d'étapes ou de gestes dans un certain ordre, sans réflexion préalable et sans forcément les avoir compris.

² La démarche inductiviste repose sur l'analyse, en classe, d'une expérience prototypique à partir de laquelle sont mis en évidence les concepts et les lois. Ce passage des faits à la loi s'appuie sur la rigueur, l'observation et la mesure (Robardet, 1990).

C'est ainsi que ces recherches conduisent à des propositions mettant l'accent sur la nécessité de repenser l'enseignement scientifique afin de montrer aux élèves comment la science se construit, de développer l'esprit créatif, la curiosité, et le sens de l'observation, valeurs considérées comme essentielles en sciences expérimentales.

Peu à peu, les recherches en éducation ont diffusé dans la communauté enseignante, et les programmes officiels ont progressivement commencé à en porter la marque. Du côté de l'institution, la question de la place de l'expérience dans les travaux d'enseignement est aussi discutée. En 1996, le groupe « physique-chimie » de l'Inspection Générale (1996) s'interrogeait précisément sur cette question. Cette étude préconise des *méthodes pédagogiques actives* où les activités expérimentales doivent permettre d'apprendre aux élèves à observer, à se poser des questions et à confronter les conséquences de leurs représentations personnelles à la réalité. Par ailleurs, depuis quelques années, nous voyons se succéder des groupes de travail pour analyser les raisons du problème de la désaffection des élèves pour les études scientifiques. Or il semblerait que le déclin inquiétant de l'intérêt des jeunes à l'égard des sciences trouve, en partie, sa source dans les méthodes d'enseignement souvent qualifiées « d'abstraites » (Leroy, 2011). De fait, plusieurs rapports ont été publiés en France (Ourisson, 2002 ; Bach, 2004 ; Rolland, 2006) mettant en cause le type d'enseignement prodigué en sciences expérimentales et prônant un enseignement moins magistral qui permettrait aux élèves d'être plus *actifs*. Ces rapports affirment ainsi la nécessité de renouveler l'enseignement scientifique et proposent une série de recommandations en vue de stimuler l'intérêt des élèves, notamment le recours aux *démarches d'investigation*³ (DI) (§ 2.1.1). A travers ce type de démarches, il s'agit de développer l'*autonomie* des élèves en proposant des tâches plus ouvertes et des activités de plus haut niveau cognitif (Boilevin & Brandt-Pomares, 2011). C'est dans cet esprit que s'inscrivent la *réforme du lycée* et, en particulier le nouveau programme de sciences physiques et chimiques (SPC) pour la classe de seconde, en vigueur à la rentrée 2010, qui mettent en avant les DI (M.E.N., 2010).

Par ailleurs, le renouvellement pédagogique qui s'appuie sur les DI ne sort pas du néant. Il bénéficie d'expériences de terrain fructueuses, et plus particulièrement de l'opération « La main à la pâte » qui a été créée en France en 1996 et a permis de mettre en évidence diverses voies pour installer, dès l'école primaire, les premières bases d'une culture scientifique (Mathé *et al.*, 2008). Ce projet a, en effet, largement promu les DI. D'ailleurs c'est dans ce projet que l'expression « démarche d'investigation » a été introduite en France. La pratique des DI s'est étendue dans les écoles primaires au moment du lancement, en 2000, du PRESTE (Plan de Renovation de l'Enseignement des Sciences et des Technologies à l'Ecole) qui a permis d'institutionnaliser cette rénovation pédagogique à travers la mise en place des DI (M.E.N., 2000). Au collège, la situation est différente. Ce n'est que dans le cadre des nouveaux programmes des disciplines scientifiques, mis en place depuis la rentrée 2006, que les DI ont été officiellement préconisées et considérées comme méthode d'enseignement privilégiée (M.E.N., 2005). Progressivement, l'on voit donc se dessiner dans les curricula des évolutions quant au rôle des activités expérimentales qui s'inscrivent de plus en plus dans des

³ Notons que tout au long de ce document, « les » démarches d'investigation sont en jeu. Nous utilisons le pluriel pour souligner le caractère diversifié de ces démarches. Il n'y a pas, en effet, *une* démarche unique.

DI. En remontant ainsi dans cette histoire récente de l'enseignement des sciences, on peut comprendre que la réforme du lycée et les nouveaux programmes qui en découlent se situent dans ce contexte qui encourage la mise en œuvre d'une approche pédagogique fondée sur les DI.

Cependant, cette promotion des DI ne se limite pas à la France, elle s'inscrit dans une tendance internationale. Le rapport Rocard (Rocard *et al.*, 2007), au niveau européen, appelle aussi à un renouvellement de l'enseignement des sciences fondé sur les DI afin de pallier la désaffection des élèves pour les études scientifiques. Ce rapport explique qu'à travers ce renouvellement, il y a bien une volonté de changer les pratiques d'enseignement ainsi que la place du professeur et de l'élève d'une approche « *transmission descendante* » (*top down transmission*) où le professeur présente le savoir, à une approche « *transmission ascendante* » (*bottom up*) où l'élève construit son savoir sous la conduite de l'enseignant. Cette approche pédagogique basée sur les DI est aussi à mettre en perspective avec l'*Inquiry-based Science Education* (IBSE), ou l'*Inquiry Based Science Teaching* (IBST), qui s'est imposée dans les textes officiels de plusieurs pays anglo-saxons dans les années 1990 (Coquidé *et al.*, 2009). Aux Etats-Unis, le National Research Council (NRC, 1996) préconise ainsi de fonder l'enseignement scientifique sur l'investigation considérée comme étant un processus actif de l'apprentissage : ce que les *élèves font* et non pas ce qui est fait pour eux. Le point commun entre les DI et l'IBST réside donc dans l'affirmation de la nécessité de développer l'autonomie et l'activité cognitive des élèves.

Ainsi ces attentes institutionnelles, tant au niveau national qu'international, pour une rénovation basée sur la conduite, par les élèves, de leurs propres investigations, traduisent l'intérêt que porte le système éducatif pour le développement d'une culture scientifique donnant une image plus riche et diversifiée des démarches scientifiques (Boilevin *et al.*, 2010). De ce fait, à travers les programmes scolaires et les discours institutionnels, il est désormais reconnu préférable de mettre en place un enseignement qui implique davantage les élèves dans le travail mené en classe et les associe à la construction du savoir.

Nous présentons, dans ce qui suit, le point de vue institutionnel vis-à-vis des DI, qui se manifeste à travers les programmes scolaires français, prônant les DI, de l'école au lycée.

1.2. Les DI : les programmes, qu'en disent-ils ?

A l'école et au collège, les DI inscrites dans les textes officiels se déclinent en un ensemble de *moments*. En effet, en 2001, le *Groupe Technique associé au Comité de suivi du Plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école* (2001) présente un canevas dans lequel cinq moments clés caractérisent les divers aspects des DI à l'école. Ce canevas peut être rapproché de celui préconisé dans l'introduction commune des programmes de collège où sept moments essentiels sont identifiés (M.E.N., 2008) (voir Tableau 1). Toutefois, il est précisé que la succession de ces moments ne constitue pas nécessairement une trame à adopter de manière linéaire. Le descriptif des programmes

souligne également que les DI ne suivent pas un modèle unique et qu'elles ne pas non plus exclusives d'autres démarches d'enseignement des sciences.

Ecole (cinq moments)	Collège (sept moments)
Le choix de la situation de départ (par le professeur)	Le choix d'une situation-problème par le professeur
La formulation du questionnement des élèves	L'appropriation du problème par les élèves
L'élaboration des hypothèses et la conception de l'investigation pour valider/invalidier	La formulation de conjectures, d'hypothèses explicatives, de protocoles possibles
L'investigation conduite par les élèves	L'investigation ou la résolution du problème conduite par les élèves
	L'échange argumenté autour des propositions élaborées
L'acquisition et la structuration des connaissances (sous la conduite du professeur)	L'acquisition et la structuration des connaissances
	L'opérationnalisation des connaissances

Tableau 1. Canevas des DI à l'école et au collège (les correspondances dans ce tableau ne sont pas aussi strictes)

Cependant, dans le nouveau programme de SPC de la classe de seconde⁴, les DI ne sont pas présentées sous forme d'un canevas comprenant différents moments. Voici ce qui est prescrit : « Initier l'élève à la démarche scientifique c'est lui permettre d'acquérir des compétences qui le rendent capable de mettre en œuvre un raisonnement pour identifier un problème, formuler des hypothèses, les confronter aux constats expérimentaux et exercer son esprit critique. Il doit pour cela pouvoir mobiliser ses connaissances, rechercher, extraire et organiser l'information utile, afin de poser les hypothèses pertinentes. Il lui faut également raisonner, argumenter, démontrer et travailler en équipe. En devant présenter la démarche suivie et les résultats obtenus, l'élève est amené à une activité de communication écrite et orale susceptible de le faire progresser dans la maîtrise des compétences langagières. Dans la continuité du collège, la démarche d'investigation s'inscrit dans cette logique pédagogique » (M.E.N., 2010, p. 1).

Par ailleurs, on voit que, dans les programmes de collège, les DI s'articulent autour du choix d'une *situation-problème* par le professeur. Cette notion de situation-problème n'apparaît pas dans les programmes de l'école primaire qui évoquent l'idée de *situation de départ* (voir Tableau 1). En revanche, elle est présente dans le nouveau programme de SPC de la classe de seconde qui en fait le cœur de l'exercice de l'activité expérimentale : « L'activité expérimentale offre la possibilité à l'élève de répondre à une situation-problème par la mise au point d'un protocole, sa réalisation, la possibilité de confrontation entre théorie et expérience, l'exploitation des résultats. Elle lui permet de confronter ses représentations avec la réalité. Elle développe l'esprit d'initiative, la curiosité et le sens critique » (M.E.N., 2010, p. 2). En effet, dans de nombreuses définitions de la situation-problème, on trouve l'idée d'un problème concret faisant référence

⁴ Nous nous centrons ici sur le nouveau programme de SPC de la classe de seconde parce qu'il concerne la discipline et la classe sur lesquelles nous portons une attention spécifique dans notre étude.

à la vie « réelle » (Mathé *et al.*, 2008), d'un problème dévolu à l'élève et orienté selon un *objectif-obstacle* (Fabre, 1997). Pour Robardet (2001), la situation-problème est un *instrument didactique* d'une démarche hypothético-déductive et dont l'objectif pédagogique visé est toujours le *franchissement d'un obstacle* par l'élève pour faire évoluer favorablement ses représentations et construire ainsi un savoir nouveau.

Ainsi, de l'école au lycée, nous remarquons que les DI, dans les programmes, sont associées à un modèle *hypothético-déductif* où la mise à l'épreuve d'hypothèses à travers une *dimension expérimentale* apparaît centrale, avec une focalisation sur la mise en activité des élèves et leur *responsabilité accrue* dans la construction de leurs savoirs. Questionnement, élaboration d'hypothèses, expérimentation, recherche d'explications ou de justifications, argumentation, communication apparaissent donc des activités privilégiées dans les DI laissant une place importante à l'autonomie de l'élève. Celui-ci n'est plus un récepteur passif, il a changé de rôle pour diriger davantage son propre travail et son propre processus d'apprentissage. Il est censé s'engager dans la conception et la mise en œuvre d'un protocole expérimental, qui n'est plus imposé et prescrit par le professeur, pour tester ses hypothèses et acquérir par la suite des savoirs et des savoir-faire. De fait, nul ne peut nier les bouleversements que cette rénovation pédagogique, fondée sur les DI, induit sur les méthodes d'enseignement. Un véritable changement de point de vue s'opère par rapport au travail du professeur non seulement en classe, mais aussi hors classe.

1.3. Les DI, une nouvelle complexité du travail des enseignants : vers un questionnement des ressources et des connaissances professionnelles

Les DI prônées dans le nouveau programme de SPC de la classe de seconde constituent, certes, une innovation visant à favoriser l'apprentissage des élèves, mais elles impliquent aussi une nouvelle *complexité* du travail de l'enseignant. La science, dans cette optique, est affaire de questions plus que de réponses : l'objectif de la formation scientifique n'est plus d'injecter des connaissances (les résultats de la science) dans les têtes des élèves, mais plutôt d'insister sur les *démarches* (les questions) qui permettent de construire ces connaissances. On passe alors d'une expérimentation scientifique considérée comme une « recette à suivre » à une expérimentation conçue comme une « recette à élaborer ». Nous comprenons dès lors que les enseignants deviennent les principaux acteurs de la mise en place de ce renouveau pédagogique. En effet, le professeur ne transmet pas seulement une somme de connaissances à ses élèves, mais aussi une image de ce que veut être la science. Au-delà du bagage théorique délivré, il est donc question du rapport au savoir, de l'attitude à adopter face à la recherche et à la construction de nouvelles connaissances, attitude que l'on va transmettre implicitement à ses élèves. Aujourd'hui, avec l'arrivée du nouveau programme de lycée, l'élève est placé face à un problème et doit avoir la capacité de chercher et d'essayer les outils nécessaires en vue de le résoudre. Engager des élèves dans des DI, c'est alors leur permettre de « *faire* » de la science, et non pas seulement leur « *montrer* » les résultats de la science. L'implémentation

des DI induit donc une *rupture* avec des pratiques d'enseignement encore fréquentes, d'où sa difficulté : le rôle de l'enseignant, ainsi que la relation didactique, s'en trouvent profondément modifiés. Le professeur n'est plus celui qui expose le savoir, mais celui qui propose des situations susceptibles de favoriser la construction du savoir par l'élève. Cela induit en retour des changements – en classe autant que hors classe – dans la façon de concevoir l'enseignement. D'ailleurs, les travaux de recherche qui ont mis en évidence un écart entre les intentions didactiques nouvelles et ce que pensent ou font les enseignants (Couchouron *et al.*, 1996 ; Calmettes, 2008) nous conduisent à penser que de nombreux enseignants rencontreront des difficultés à s'adapter à la nouveauté des DI et à modifier leurs pratiques pour répondre aux prescriptions institutionnelles. La question d'appropriation de cette prescription par les enseignants apparaît donc comme primordiale.

Une des difficultés auxquelles sont confrontés les enseignants qui s'engagent dans l'évolution de leur enseignement est la conception de *ressources* (§ 2.2.1) pour mettre en place un enseignement qui donne davantage de responsabilité à l'élève en termes d'élaboration de savoirs. Le travail de l'enseignant sur les ressources s'avère ainsi une question cruciale. Là aussi, cela suppose un travail de sélection et de combinaison de ressources de diverses natures afin de préparer un enseignement fondé sur les DI dans lequel la créativité et l'initiative propre des élèves prennent nécessairement une place plus grande. Ce travail sur les ressources est aussi important, s'agissant de DI : beaucoup de ressources pour l'enseignement de la chimie ne sont pas, en effet, des ressources conçues *pour* les DI ; il est alors question des processus de conception et d'appropriation qui orientent la production et l'adaptation de ces ressources *dans la perspective* de DI. A ce titre, si les DI imposent une nouvelle posture de l'enseignant, elles sont tout de même loin de rendre le rôle de l'enseignant caduc. Bien au contraire, son rôle reste capital mais participe différemment à l'action didactique. De *transmetteur* d'informations, il devient *guide* dans la mise en œuvre de situations d'apprentissage.

Au cours du processus de conception de ressources, l'enseignant est supposé, sur le plan didactique, connaître les conceptions des élèves dans différents domaines de la chimie (les concepts que les élèves trouvent difficiles à apprendre, les types d'erreurs, etc.), anticiper leurs réactions éventuelles, leurs propositions, et leurs difficultés possibles afin de prévoir des arguments, des exemples et des contre-exemples pour s'en servir en classe. Cela suppose aussi un choix de problèmes pertinents, au regard des objectifs d'apprentissage visés, qui aident les élèves à comprendre un contenu chimique spécifique. En outre, au cours de l'implémentation de DI, l'enseignant doit repérer les difficultés des élèves, ce qu'ils savent et ce qu'ils ne savent pas faire, pour mieux ajuster ses interventions aux possibilités de ces derniers sans pour autant apporter des réponses toutes faites. Il doit veiller à la gestion de la classe, du temps didactique, des interactions entre les élèves. D'où la question de *connaissances professionnelles* des enseignants (§ 2.3) qui se pose avec acuité. En effet, les DI peuvent être complexes à gérer, encore plus, pour des enseignants qui n'en ont pas l'habitude et avec des élèves qui n'y sont pas familiarisés non plus. Des études qui ont relevé des difficultés des enseignants à mettre en place des DI ont attribué, en partie, ces difficultés au manque de connaissances professionnelles des enseignants (Kim *et al.*, 2007 ; Calmettes, 2008).

Ainsi, penser le rôle du professeur en chimie dans le cadre des DI oblige à penser un *renouvellement* de ses ressources, mais aussi une évolution de ses connaissances professionnelles. Le foisonnement des ressources en ligne, qui apparaît comme une opportunité pour les DI, rend possibles des processus de *mutualisation* et de *collaboration*, et la mise en place de réseaux au sein desquels s'établissent de nouvelles relations entre les enseignants et les outils de leur enseignement, entre les enseignants et les concepteurs de ressources (Gueudet & Trouche, 2008). Cette profusion de ressources est donc porteuse de développement possible de formes collectives de travail dans l'enseignement. Par ailleurs, au sein même de la classe, les DI supposent de nouvelles formes de travail, elles sollicitent et valorisent le travail collectif entre les élèves. Ainsi, nous considérons que cet *essor du collectif*, à la fois hors classe et en classe, pourrait assister le travail de l'enseignant tourné vers les DI. De ce fait, nous faisons l'hypothèse que le *travail collectif enseignant* pourrait constituer un appui pour la conception et la mise en œuvre de ressources dans la perspective de DI, d'une part, et pour le développement des connaissances professionnelles des enseignants concernés, d'autre part.

1.4. Un questionnement de la potentialité du travail collectif enseignant : un appui pour la mise en place des DI ?

Le travail d'un enseignant s'ancre toujours dans une dimension collective. En effet, un enseignant ne travaille jamais seul, il entretient toujours des relations de travail avec des collègues et participe à différentes institutions ou associations. Dans le Dictionnaire de pédagogie et d'instruction primaire, Buisson (1911) souligne que « tout enseignement est une collaboration ». Sur le plan institutionnel, le rapport Rocard (Rocard *et al.*, 2007) qui prône la mise en place des DI (§ 1.1) signale que « le fait d'appartenir à un réseau leur permet [aux professeurs] d'améliorer la qualité de leur enseignement et accroît leur motivation. Les réseaux participent efficacement au développement professionnel des professeurs, ils sont complémentaires de formes plus traditionnelles de formation continue des enseignants et ils stimulent leur moral et leur motivation » (p. 3). Il ajoute que la pédagogie renouvelée d'enseignement des sciences, basée sur les DI, fournit de plus grandes opportunités de collaboration et favorise les relations entre les protagonistes de l'enseignement formel et informel. En effet, de nombreux types de collectifs, impliquant des enseignants, se préoccupent des DI : collectifs visant la formation, initiale ou continue, des professeurs qui en sont membres ; équipes au sein d'établissements, répondant à une injonction institutionnelle ; collectifs développant des ressources à destination d'autres professeurs (Gueudet, 2010).

Des travaux ont, par ailleurs, relevé l'importance du travail collectif enseignant pour favoriser la mise en pratique des DI. Par exemple, Anderson (2007) souligne que, pour promouvoir la mise en place des DI, il est essentiel de disposer, entre autres, des contextes pour la collaboration. Cet auteur considère que la collaboration entre les enseignants influe énormément sur leurs valeurs et leurs croyances « collaborative work among teachers can be a powerful influence with a transformative result » (p. 827). De ce fait, il affirme que le développement professionnel des enseignants, tourné vers les DI, ne peut résulter d'un effort

isolé mais doit être pensé en liaison étroite avec la collaboration entre collègues. Certaines recherches (Grangeat *et al.*, 2009 ; Gueudet *et al.*, 2011) ont également montré que le travail collectif peut se révéler efficace en terme de développement professionnel et plus particulièrement en terme d'évolution des pratiques enseignantes et des connaissances professionnelles.

Ainsi, à l'instar de ces travaux de recherche, nous pourrions raisonnablement considérer que le travail collectif pourrait permettre aux professeurs en chimie de réfléchir ensemble et de concevoir des ressources susceptibles de soutenir l'implémentation des DI en classe. Les enseignants peuvent tirer parti d'un travail collectif lorsque ce dernier leur donne l'occasion de réfléchir et d'agir sur des problèmes professionnels spécifiques et les *outille* de ressources nécessaires à cette réflexion et à cette action. De fait, les enseignants, en collaboration, partageraient leurs réflexions, leurs questions, leurs ressources, et leurs expertises sur des thèmes allant de la gestion de la classe au développement professionnel. Les *interactions* entre enseignants que suppose ce travail collectif apparaissent alors d'une importance capitale à l'égard de la mise en place de DI. Ces interactions sont inscrites dans des échanges, en présentiel ou à distance, qui découlent de la cohabitation dans un même établissement ou qui accompagnent la conduite de projets communs ou d'un intérêt partagé.

1.5. Conclusion

Héritées de la rénovation des programmes de sciences du primaire et du collège, les DI préconisées dans le nouveau programme de SPC de la classe de seconde, dans le cadre de la réforme 2010 du lycée, sont qualifiées de nouveauté. Leur actualité est donc vivante et leur développement toujours en question.

Les DI se démarquent des méthodes transmissives et expositives de l'enseignement, dominées par le professeur, par le fait qu'elles donnent véritablement à l'élève le statut d'*acteur* de son apprentissage ; la responsabilité de l'élève vis-à-vis du savoir en jeu reste donc au cœur de ces démarches. En revanche, l'enseignant endosse un rôle de guide dans le processus de construction du savoir par l'élève, délaissant ainsi des méthodes plus transmissives. De ce fait, des changements profonds atteignent non seulement son activité en classe, mais aussi son activité hors classe, en particulier la façon de concevoir ses ressources pour préparer son enseignement. La prise en compte des DI par les enseignants suppose ainsi une *restructuration* et une évolution de leurs ressources, de leurs pratiques et de leurs connaissances professionnelles. C'est donc ce changement de perspective qui doit interpeller la réflexion de tous ceux qui, de près ou de loin, participent à l'éducation scientifique, et qui a motivé ainsi le questionnement de cette thèse.

Dans un contexte d'incitations institutionnelles à la mise en place de DI dans les classes, nous considérons que les collectifs, impliquant des professeurs, sont susceptibles de contribuer à promouvoir cette mise en place. Nous faisons alors l'hypothèse que le travail collectif pourrait être un moteur du développement des connaissances professionnelles des enseignants, et plus largement encore de leur développement professionnel. Il semblerait donc

une direction susceptible de favoriser l'implémentation des DI pour permettre, en ce moment critique, de *re-sourcer* (Adler, 2010) le travail des enseignants. En effet, nous avons déjà posé la question de l'articulation entre le travail individuel et le travail collectif dans le cadre de notre mémoire de master (Hammoud, 2009). L'étude était restreinte à un collectif, le groupe SESAMES⁵, qui alimente en ressources le site Pégase⁶ dédié à l'enseignement des SPC. Nous avons alors examiné les aspects individuels et collectifs du travail des enseignants qui étaient soit des concepteurs de ressources, soit des utilisateurs (mais non concepteurs) des ressources en ligne proposées sur le site. Nous avons étudié, plus particulièrement, comment l'imbrication de ces aspects contribue à l'enrichissement et à l'évolution des ressources d'une part, et au développement professionnel des enseignants, d'autre part. Cependant, nous avons considéré, sur un temps relativement court, le travail hors classe de quatre enseignants (dont trois sont des concepteurs de ressources et font donc partie du collectif SESAMES). A travers les cas étudiés, nous avons relevé des dynamiques conjointes des ressources des enseignants, de leur activité et de leurs connaissances professionnelles, adossées au travail collectif.

Dans le cadre de notre travail de thèse, nous nous proposons d'élargir le questionnement de ce mémoire de master en considérant cette fois-ci le travail du professeur en chimie dans sa globalité, dans son unité et sa dynamique, en classe comme hors classe, dans la perspective de DI. Nous considérons, en effet, les ressources de l'enseignant comme étant au cœur de ce travail et révélatrices de la pratique et des connaissances professionnelles de l'enseignant en ce sens qu'elles dévoilent des indices sur la façon dont celui-ci se représente la construction du savoir par l'élève ainsi que son rôle et le rôle de l'élève dans le processus de déroulement des DI. Par ailleurs, nous ne limitons pas notre regard aux interactions de l'enseignant à l'intérieur d'un collectif seulement, mais aussi à ses interactions au sein d'un ensemble de collectifs variés (institutionnels, « naturels » : sur le lieu de travail, associatifs, etc.) dans lesquelles le professeur travaille ses propres ressources au contact d'autres enseignants, de manière à embrasser, autant que faire se peut, son travail collectif. C'est cette diversité que nous avons prise en compte dans notre étude, qui fait, en effet, l'originalité de notre recherche. Ainsi, nous nous intéressons aux *interactions collectives* des professeurs en chimie au lycée (Hammoud *et al.*, 2010), en particulier de la classe de seconde, et nous étudions le jeu entre travail collectif, conception de ressources et développement des connaissances professionnelles. C'est dans ce cadre que nous nous proposons alors de participer à l'élaboration d'une nouvelle étude qui vise une meilleure compréhension des processus interactionnels qui sous-tendent le travail collectif des professeurs en chimie et qui, à travers lui, contribuent au développement professionnel des enseignants dans le contexte de DI.

Ainsi, notre problématique s'articule autour du questionnement suivant :

- quelles sont les connaissances professionnelles d'un professeur en chimie mobilisées par la mise en œuvre de DI ?
- quel est l'impact des interactions collectives d'un professeur en chimie sur la conception et la mise en œuvre de ses ressources dans la perspective de DI ? En quoi

⁵ SESAMES : Situations d'Enseignement Scientifique : Activités de Modélisation, d'Evaluation, de Simulation, <http://www2.ac-lyon.fr/enseigne/physique/phychi2/spip.php?rubrique27>

⁶ <http://pegase.inrp.fr/>

peuvent-ils contribuer à l'évolution de ses connaissances professionnelles, et plus profondément encore à son développement professionnel tourné vers les DI ?

Ce questionnement sera précisé à la lumière de notre cadrage théorique présenté dans le chapitre suivant. Les phénomènes que nous souhaitons examiner sont, en effet, complexes. Leur étude nécessite une construction théorique et méthodologique qui nous permet de mieux les appréhender. C'est à cet objectif que les chapitres suivants tentent de répondre.

Chapitre 2. Cadre théorique

Nous présentons dans ce chapitre les cadres théoriques que nous avons exploités dans notre recherche. Plus qu'une convocation de cadres théoriques, ce chapitre se veut une *contribution* théorique qui articule et fasse dialoguer les différents cadres théoriques que nous avons mobilisés, mais aussi qui tente de penser les « impensés » ou les « non-pensés » de ces cadres pour proposer de nouveaux concepts qui seraient aptes à contribuer à l'éclairage des phénomènes complexes que nous regardons.

Notre étude se nourrit, en effet, de plusieurs approches. Nous commençons par présenter ce que les recherches sur l'enseignement entendent par « *démarche d'investigation* ». Dans cette même partie, nous proposons aussi le *modèle de l'enseignement scientifique fondé sur les démarches d'investigation (ESFI)* (Grangeat, 2011a) qui a pour objectif d'appréhender la complexité de ces démarches (§ 2.1). La question d'appropriation des DI par l'enseignant est une question vive. En effet, ce sont les *ressources* et les *connaissances professionnelles* de l'enseignant qui sont interpellées par ce mouvement de renouvellement de l'enseignement des sciences. Pour examiner le travail de l'enseignant sur les ressources, nous mobilisons *l'approche documentaire du didactique* (Gueudet & Trouche, 2008). Notre appropriation de cette approche théorique nous conduit à proposer les concepts de « *ressources-mères* », « *ressource-fille* » et « *cycle de vie d'un document* » dans le but de saisir plus finement les différentes facettes du travail du professeur mobilisant un ensemble varié de ressources, tant en classe qu'hors classe (§ 2.2). Cependant, le travail de l'enseignant sur les ressources s'appuie sur et produit des connaissances professionnelles. Pour étudier les connaissances professionnelles qui pilotent la conception et l'usage des ressources, nous nous référons au concept de *PCK (Pedagogical Content Knowledge)* (Magnusson *et al.*, 1999). Dans cette même partie qui porte sur les connaissances professionnelles, nous proposons également un autre type de connaissances qui représentent une vue et une conceptualisation générale de l'enseignement fondé sur les DI, et que nous nommons « *orientations de l'enseignant pour les DI* ». Pour caractériser les connaissances professionnelles d'un professeur en chimie, nous proposons une mise en relation entre les orientations pour les DI et le modèle ESFI d'une part, et entre les PCK et une approche théorique issue de la *didactique de la chimie*, à savoir la *modélisation*, d'autre part (§ 2.3). Le travail de l'enseignant et ses connaissances professionnelles s'adossent à une dimension collective ; de fait, dans tout travail du professeur, aspects individuels et collectifs se combinent. Pour analyser en profondeur les aspects collectifs du travail de l'enseignant, nous avons fait le choix d'exploiter la *théorie de l'activité* (Engeström, 1999). Pour rendre compte de la diversité des interactions collectives que l'enseignant entretient au sein de communautés variées, nous proposons le concept de « *système d'interactions* » ainsi qu'une *modélisation* de ce système (§ 2.4).

A la lumière de ce cadrage théorique, nous précisons enfin questions et hypothèses de recherche (§ 2.6).

2.1. Les DI, base d'un renouvellement de l'enseignement des sciences

La rénovation de l'enseignement de la chimie au lycée se poursuit aujourd'hui avec la mise en place des DI qui constituent une des évolutions récentes dans les curricula. L'introduction des nouvelles approches pédagogiques fondées sur les DI semblerait être une voie d'action à travers laquelle les enseignants pourraient améliorer la compréhension ainsi que la motivation de leurs élèves tout en provoquant un changement radical de leurs attitudes à l'égard de la culture scientifique en général.

Dans cette partie, nous proposons dans un premier temps d'explorer ce que recouvre l'expression « *démarche d'investigation* » du point de vue des travaux de recherche (§ 2.1.1). Dans un deuxième temps, nous présentons *le modèle de l'enseignement scientifique fondé sur les démarches d'investigation (ESFI)* (Grangeat, 2011a) que nous exploitons dans notre étude (§ 2.1.2).

2.1.1. Qu'entend-on par « démarche d'investigation » ?

Nous ne prétendons pas ici faire une présentation exhaustive des travaux de recherche sur l'existence d'une vaste littérature consacrée aux DI, tant au niveau national qu'international. Néanmoins, nous nous attachons à tracer les principales perspectives qui en émergent afin de bien situer l'expression « démarche d'investigation ». Nous exposons à travers cette vue panoramique différentes définitions de cette expression proposées dans la littérature de recherche, et nous abordons des aspects didactiques et épistémologiques des DI ainsi que des déclinaisons possibles de cette expression, reflétant différentes formes de ces démarches.

De l'école au lycée, le renouvellement des programmes d'enseignement donne désormais une place importante aux DI (§ 1.2). Il est alors tout à fait naturel que ces démarches fassent aussi l'objet d'étude dans le domaine de la recherche en didactique. Dans les travaux de recherche, l'expression « démarche d'investigation » recouvre des significations diverses, associées aussi bien à des aspects didactiques qu'épistémologiques. Bien qu'il n'existe pas encore, dans la littérature de recherche en éducation, une définition qui fasse consensus, la *responsabilité accrue* des élèves vis-à-vis du savoir reste le fondement de tout enseignement basé sur les DI (Coquidé *et al.*, 2009).

Beaucoup de définitions des DI mettent l'accent sur l'activité des élèves, et par conséquent, sur ce que devrait faire – et ne pas faire – l'enseignant. Par exemple, Millar (1996) définit une investigation dans l'enseignement comme « une tâche pratique où l'approche à suivre pour s'attaquer à une question ou résoudre un problème est ouverte : les élèves peuvent décider ce qu'ils observent ou mesurent, ce qu'ils modifient ou manipulent, quel équipement ils utilisent (dans le cadre des ressources disponibles) » (p. 11). Morge & Boilevin (2007) considèrent que cette définition est trop restrictive puisqu'elle ne retient que les situations

dans lesquelles le protocole expérimental est à inventer et exclut toute situation de recherche dans laquelle le phénomène est donné, où l'expérience n'est pas à construire. Ces auteurs proposent ainsi d'élargir cette définition. De fait, à partir d'un ensemble de situations proposées dans les recherches en didactique, ou/et en formation d'enseignants en physique et chimie, ils définissent l'investigation par un ensemble de critères, mettant notamment en évidence des tâches qui relèvent de la responsabilité de l'élève et que l'enseignant doit leur déléguer. Ces critères, comme ils le mentionnent, permettent de distinguer une séance d'investigation d'une autre séance d'enseignement :

- la séance comprend un enchaînement de tâches dont l'enseignant délègue la réalisation à ses élèves ;
- les élèves élaborent des productions en réponse aux tâches ;
- les élèves ont les moyens de participer au contrôle des productions et ils y participent ;
- le contrôle des productions s'effectue par la recherche de leur validité, leur cohérence (par opposition à la recherche de correspondance entre la production réalisée par les élèves et le savoir scientifique de l'enseignant) ;
- les élèves effectuent un apprentissage par la réalisation des tâches. Il ne s'agit pas uniquement d'un réinvestissement de connaissances ;
- des tâches d'ordre conceptuel sont à la charge de l'élève qui ne réalise pas uniquement des tâches d'ordre empirique (qui s'appuient sur des expériences).

Pour Larcher et Peterfalvi (2006), l'investigation met l'accent sur le questionnement et l'important est que l'élève construise ses connaissances : « l'activité cognitive des élèves, activité incontournable pour une appropriation individuelle, y est davantage « visible », sollicitée explicitement » (p. 829). Ces auteurs considèrent aussi que la démarche pédagogique basée sur les DI est compatible avec, ou repose implicitement sur, une théorie de l'apprentissage qui postule que chacun construit ses connaissances, que l'on apprend avec d'autres. Or on peut penser que la théorie de l'apprentissage qu'évoquent ces auteurs est à mettre en perspective avec le *constructivisme* (Piaget, 1964), qui met l'accent sur l'activité du sujet pour appréhender les phénomènes et construire sa connaissance, ou le *socio-constructivisme* (Vygotsky, 1985) qui y ajoute les interactions sociales, dans la mesure où le savoir est construit par un sujet en quête de connaissance, et développé dans un cadre social à travers les interactions entre pairs et experts. D'ailleurs, Calmettes (2008) abonde dans le même sens et affirme que, d'un point de vue didactique, le constructivisme et le socioconstructivisme paraissent des références possibles pour les DI. Morge & Boilevin (2007) soulignent aussi que les situations d'apprentissage en DI reposent sur l'hypothèse socio-constructiviste. De même, Mathé (2010) précise que « la conception et la mise en œuvre dans les classes de telles démarches [DI] supposent, sur le plan pédagogique, un déplacement d'un point de vue transmission-application vers un cadre socioconstructiviste qui donne davantage la responsabilité aux élèves en termes de développement de démarches et d'élaboration de savoirs » (p. 20). Ainsi, on peut comprendre cette promotion des DI à la lumière des fondements théoriques du constructivisme et du socio-constructivisme qui ont contribué à légitimer le recours à des méthodes pédagogiques dites « actives ».

D'autres conceptualisations des DI ont rapproché celles-ci de quelques concepts de la *théorie des situations didactiques* que Brousseau (1998) a développée en didactique des mathématiques. Par exemple, Calmettes (2009) considère que les DI présentent des caractéristiques des *situations adidactiques* (Brousseau, 1998). Celles-ci sont vécues par l'élève comme autonome, comme chercheur d'un problème lié à un savoir « enjeu » de la situation et où le maître se refuse à intervenir comme proposeur des connaissances qu'il veut voir apparaître. Donc le rapprochement des DI de telles situations résident dans le fait que c'est l'élève qui prend en charge la responsabilité de résoudre le problème et qui construit son savoir. Par ailleurs, certains chercheurs estiment que la responsabilité attribuée aux élèves vis-à-vis du savoir en jeu, au cours des DI, tient en partie au fait que les productions de ceux-ci (intellectuelles ou matérielles) constituent l'un des points de départ du travail du professeur. En ce sens, ils envisagent les DI comme une modalité spécifique de *contrat didactique* que Brousseau (1998) définit comme un ensemble de règles explicites ou implicites qui partagent et limitent les responsabilités de chacun, élèves et professeur, vis-à-vis d'un savoir enseigné. La définition des DI proposée par Gueudet *et al.* (2009) s'inscrit dans cette perspective : les DI correspondent à une forme de contrat didactique où l'élève exerce une responsabilité importante vis-à-vis du savoir en jeu et où l'enseignant s'appuie sur les productions des élèves pour faire avancer le savoir dans la classe.

Par ailleurs, d'un point de vue épistémologique, les DI sont étudiées au regard de l'éventuelle *transposition didactique* des *démarches scientifiques* et des modalités de construction des « savoirs savants » scientifiques (Calmettes, 2010). La notion de transposition didactique a été, en effet, développée par Chevallard (1991) pour désigner l'ensemble des transformations que subissent un *savoir savant* (savoir produit par l'activité scientifique) jusqu'à devenir un *savoir enseigné* en classe, en passant par sa description dans les programmes scolaires (*savoir à enseigner*) et son appropriation par les enseignants. Mathé (2010), par exemple, propose de reprendre le modèle de la transposition didactique de Chevallard (1991), et de l'appliquer non pas à des concepts et des savoirs, mais à des démarches scientifiques. Elle considère, de ce fait, que les démarches scientifiques employées par les chercheurs correspondent aux « savoirs savants », que les DI telles qu'elles sont décrites dans les programmes renvoient au « savoir à enseigner », et que les DI dans les pratiques des enseignants relèvent du « savoir enseigné ». De leur côté, Morge & Boilevin (2007) notent que les DI peuvent être rapprochées de la pratique de la recherche scientifique. Ils évoquent trois éléments essentiels, communs entre une démarche scientifique et les DI, permettant de discuter cette possible transposition : une tâche à effectuer ou un problème à résoudre, un travail en équipe, et la communication des résultats des recherches aux autres équipes. Cependant, bien que les DI soient interrogées pour ce qu'elles sont sur le plan scientifique, et surtout par rapport à la transposition didactique qui peut en être faite, Calmettes (2009) affirme : « « Référence » ne signifie pas « identité » et bien évidemment, il ne peut s'agir de « reproduire » en classe un laboratoire de chercheur scientifique et bien d'autres aspects seraient à discuter de ce point de vue : durée, recherches bibliographiques, gestion des errements, contextes de production, programmes de recherche, etc. ». Pour leur part, Gengarelly & Abrams (2009) présentent une réflexion sur la distinction entre l'investigation en classe et l'investigation scientifique par les chercheurs, en pointant des différences dans les sujets

abordés et dans l'engagement (il s'agit d'un investissement authentique pour les scientifiques en vue de comprendre les phénomènes naturels). Ces auteurs définissent également un objectif général pour l'investigation en classe : améliorer la compréhension des concepts scientifiques, comprendre la nature de la science (*nature of science NOS*), cultiver l'aptitude à trouver des réponses à des questions sur le monde naturel, et améliorer les attitudes envers la science.

Néanmoins, l'expression « démarche d'investigation » ou « *inquiry* » s'avère polysémique ; « il est devenu un slogan englobant de nombreux aspects de l'enseignement des sciences, mais aussi un label utile qui résume de nombreuses idées importantes et peut servir à intégrer différentes facettes de la pratique éducative » (Anderson, 2007, p. 808, notre traduction). En effet, cette expression a différentes significations dans des contextes variés. Par exemple, dans les documents de réforme de l'enseignement des sciences aux Etats-Unis (NRC, 1996), le terme « *inquiry* » est largement utilisé, mais suivant différentes manières. En fait, trois principales utilisations de ce terme, qui reflètent trois formes de l'investigation, en ressortent : on retrouve l'idée de l'*investigation scientifique (scientific inquiry)*, de l'*apprentissage basé sur les DI (inquiry based learning)* et de l'*enseignement basé sur les DI (inquiry based teaching)*. Bien entendu, ces trois formes, quoique distinctes l'une de l'autre, sont aussi liées. L'investigation scientifique renvoie, selon le NRC (1996), aux différentes manières par lesquelles les scientifiques étudient le monde naturel et proposent des explications basées sur des évidences issues de leur travail. De ce fait, le travail des scientifiques, la nature de leurs investigations, les capacités et les compréhensions nécessaires pour accomplir ce travail sont au cœur de cet usage du mot « investigation ». Quant à l'apprentissage basé sur les DI, il consiste en un processus *actif* de l'apprentissage : « Inquiry is central to science learning. When engaging in inquiry, students describe objects and events, ask questions, construct explanations, test those explanations against current scientific knowledge, and communicate their ideas to others. They identify their assumptions, use critical and logical thinking, and consider alternative explanations. In this way, students actively develop their understanding of science by combining scientific knowledge with reasoning and thinking skills » (p. 2). En ce qui concerne l'enseignement basé sur les DI, il renvoie aux activités dans lesquelles les élèves développent une connaissance et une compréhension des idées scientifiques et de la façon dont les scientifiques étudient le monde naturel.

En effet, une définition plus précise de l'enseignement basé sur les DI a été proposée dans le projet Mind The Gap⁷, reprise ensuite dans le projet S-TEAM⁸ : « Inquiry-based science teaching may be characterized by activities that pay attention to engaging students in: (i) authentic and problem based learning activities where there may not be a correct answer ; (ii) a certain amount of experimental procedures, experiments and "hands on" activities, including searching for information ; (iii) self regulated learning sequences where student autonomy is emphasized ; (iv) discursive argumentation and communication with peers ("talking science") » (Jorde *et al.*, 2010, p. 3). Cette définition se situe, en effet, dans le prolongement de celle proposée par Linn *et al.* (2003) qui

⁷ Mind the Gap - Learning, Teaching, Research and Policy in Inquiry-Based Science Education - est un projet européen qui s'intéresse au développement professionnel des enseignants dans l'enseignement basé sur les DI.

⁸ S-TEAM : Science-Teacher Education Advanced Methods est un projet européen qui s'intéresse à améliorer l'enseignement et l'apprentissage des sciences à travers l'enseignement basé sur les DI, <http://www.s-teamproject.eu/>

soulignent : « we define inquiry as engaging students in the intentional process of diagnosing problems, critiquing experiments, distinguishing alternatives, planning investigations, revising views, researching conjectures, searching for information, constructing models, debating with peers, communicating for diverse audiences, and forming coherent arguments » (p. 518). Cette définition met, de fait, l'accent sur une façon générale de penser les DI, qui appelle une caractérisation plus spécifique appliquée au processus d'enseignement/apprentissage.

Par ailleurs, les DI laissent apparaître des confusions dans les prescriptions ou dans les pratiques puisqu'elles se révèlent à la fois comme *objet* d'enseignement et *moyen* d'enseignement (Boilevin & Brandt-Pomares, 2011). A cet égard, Abd-El-Khalick *et al.* (2004) soulignent la différence entre l'enseignement des sciences *au moyen de* l'investigation (*teaching science through inquiry*) et l'enseignement des sciences *comme* une investigation (*teaching science as inquiry*). Dans le premier cas, les DI se présentent comme un *moyen* d'enseignement (*inquiry as means*). Elles sont donc utilisées comme une stratégie d'enseignement dont l'objectif est de faire apprendre aux élèves un contenu scientifique. Alors que dans le deuxième cas, ce sont les DI qui apparaissent comme un objet, un résultat d'apprentissage (*inquiry as ends*). « "Inquiry as means" (or inquiry in science) refers to inquiry as an instructional approach intended to help students develop understandings of science content (i.e., content serves as an end or instructional outcome). "Inquiry as ends" (or inquiry about science) refers to inquiry as an instructional outcome: Students learn to do inquiry in the context of science content and develop epistemological understandings about NOS [nature of science] and the development of scientific knowledge, as well as relevant inquiry skills (e.g., identifying problems, generating research questions, designing and conducting investigations, and formulating, communicating, and defending hypotheses, models, and explanations) » (p. 398). De ce fait, d'un point de vue didactique, les enjeux d'apprentissage à travers les DI en classe sont questionnés suivant qu'il s'agit d'acquérir des notions scientifiques ou des méthodes, d'apprendre de la science ou de faire de la science.

Ainsi, nous avons reconstruit dans cette partie notre interprétation de ce que recouvre l'expression « démarche d'investigation » en embrassant des perspectives nationales et internationales ainsi que les divers aspects et facettes de l'enseignement qu'englobe cette expression. Nous avons aussi mis en évidence que le consensus autour de ce que sont les DI est incomplet. D'ailleurs le projet S-TEAM corrobore ce constat dans la mesure où aucune définition claire de ce que sont les DI n'a émergé suite à la série de séminaires organisés dans les quinze pays participant au projet : « the seminars showed that no common definition currently exists at a European level. In many of the participating countries appropriate translations of the term in the national language were not found » (Jorde *et al.*, 2010, p. 3). Cependant, dans ce qu'on appelle DI en France ou *inquiry* à l'étranger avec ses multiples déclinaisons et acceptions didactiques ou épistémologiques *Inquiry Based Science Education (IBSE)*, *Inquiry-Based Science Learning (IBSL)*, *Inquiry-Based Science Teaching (IBST)*, l'accent est toujours mis sur le rôle actif de l'élève dans la construction de son savoir.

Comme notre objet d'étude se centre sur les DI, il nous semble primordial de préciser ce que nous envisageons de mettre derrière cette expression. Bien entendu, il ne s'agit pas de figer une définition qui enfermerait l'enseignant et les élèves dans une procédure rigidifiée car cela va à l'encontre des fondements même des DI. Notre conceptualisation des DI tisse évidemment des liens avec celles que nous avons présentées dans cette partie, mais aussi avec

le point de vue institutionnel qui se traduit dans les programmes scolaires (§ 1.2) ; cependant, elle se centre davantage sur le point commun entre ces conceptualisations, à savoir la nécessité d'autonomie et d'activité cognitive des élèves. Ainsi, dans notre étude, seront appelées DI tout type d'enseignement/d'apprentissage de la chimie laissant à l'élève une responsabilité importante vis-à-vis des savoirs en jeu. Celui-ci est censé travailler en autonomie et construire des savoirs scientifiques en développant par lui-même la méthode et la démarche appropriée, prenant en compte l'interaction avec les pairs et avec l'enseignant, pour résoudre le problème posé.

2.1.2. Le modèle de l'enseignement scientifique fondé sur les démarches d'investigation (ESFI)

Nous avons exposé dans la partie précédente diverses significations que revêt l'expression « démarche d'investigation » du point de vue de la recherche. Dans cette partie, nous présentons le *modèle de l'enseignement scientifique fondé sur les démarches d'investigation (ESFI)* (Grangeat, 2011a) que nous exploitons dans notre étude et qui permet de prendre en compte la complexité de l'enseignement basé sur les DI.

L'enseignement fondé sur les DI constitue une activité complexe dans la mesure où il fait jouer plusieurs variables qui interagissent entre elles, parfois de manière indépendante des acteurs principaux (Grangeat, en cours). Les travaux et les réflexions menés dans le cadre du projet européen S-TEAM ont abouti à un modèle de l'enseignement scientifique fondé sur les démarches d'investigation (*ESFI*) (Grangeat, 2011a) permettant une analyse de l'activité des enseignants au cours d'une séance basée sur les DI. L'objectif était, d'une part, de permettre aux enseignants de situer leur activité d'enseignement dans un éventail de possibles, et ceci de manière réfléchie, raisonnée, justifiée. D'autre part, cette modélisation vise à rendre confiance à ces acteurs en fournissant des outils qui sont issus des recherches en éducation et qui permettent à chacun de conduire son activité et de l'améliorer en prenant en considération la complexité des stratégies d'enseignement reconnues comme efficaces (Grangeat, 2011b). Il s'agit donc d'une modélisation de l'enseignement fondé sur les DI qui tient compte de son inhérente complexité et qui reflète un niveau intermédiaire entre la compréhension (la recherche) et l'intervention (agir sur les situations, accompagner les acteurs).

Le modèle ESFI proposé identifie six *dimensions* critiques ou six axes représentant des *continuums* : *l'origine du questionnement*, la *nature du problème*, la *responsabilisation* des élèves, la prise en compte de la *diversité* des élèves, le développement de l'*argumentation*, et l'*explicitation des buts* et des savoirs acquis qui sont visés à travers les DI. Sur chaque continuum, quatre niveaux de *règles d'action* (§ 2.4.3), qui guident l'activité enseignante dans les DI, servent de repère : les premiers niveaux correspondent à des règles d'action centrées majoritairement sur l'enseignant et les contenus. À l'inverse, les niveaux terminaux correspondent à des règles d'action centrées sur les apprenants (voir Tableau 2). Notons que les six dimensions ont été dégagées à partir des productions du projet S-TEAM. En revanche, la conception des quatre niveaux de règles d'action pour chaque dimension n'est pas issue de théories ou de programmes officiels, mais découle de travaux empiriques à la suite de l'étude de dix-huit séances de classe mises en œuvre par dix-huit enseignants de science (experts,

ordinaires et débutants des quatre disciplines scientifiques). En effet, il a été demandé à ces enseignants de conduire une séance fondée sur les DI sans qu'il y ait une intervention de la part des chercheurs sur le contenu et sur l'organisation de ces séances qui étaient, de ce fait, sous la responsabilité des acteurs de l'étude. Les niveaux de règles d'action ont été ainsi précisés par l'analyse de l'activité effective.

Dimensions critiques	Règles d'action
Origine du questionnement	1. Proposer un problème 2. Proposer un problème en lien avec l'expérience des élèves 3. Proposer une situation et amener les élèves à construire le problème 4. Construire un problème en classe avec les élèves à partir d'un thème
Nature du problème	1. Proposer un protocole à suivre étape par étape 2. Proposer un protocole à concevoir dans une situation connue 3. Proposer une consigne ouverte et un matériel limité 4. Proposer une consigne ouverte et un matériel libre
Responsabilisation des élèves dans la conduite de l'investigation	1. Mettre en place les étapes de la démarche d'investigation 2. Amener les élèves à concevoir plusieurs procédures 3. Rendre les élèves responsables du processus 4. Mettre à disposition des élèves des outils d'autoévaluation
Prise en compte de la diversité des élèves	1. Gérer le comportement de certains élèves pour les rendre actifs 2. Modifier la tâche pour maintenir l'engagement de certains élèves 3. Vérifier la compréhension dans chaque groupe 4. Adapter la situation à la spécificité de certains élèves
Développement de l'argumentation	1. Faciliter la communication entre les élèves dans les petits groupes 2. Communiquer à la classe les propositions des élèves 3. Permettre la prise en compte des arguments d'autrui 4. Faire justifier les réponses par des savoirs ou des résultats
Explicitation des buts, des savoirs acquis	1. Enoncer les attentes pour la séance en cours 2. Faire le bilan de la séance à propos des savoirs 3. Faire dire aux élèves ce qu'ils ont appris durant la séance 4. Expliciter les métaconnaissances pour un réinvestissement des acquis

Tableau 2. Le modèle ESFI à six dimensions (Grangeat, 2011b)

La première dimension du modèle ESFI concerne l'*origine du questionnement*, le choix du problème. A un premier palier du continuum, l'enseignant propose le problème et le questionnement initial et fait en sorte qu'il devienne celui des élèves. A l'autre extrémité du continuum, il construit un problème en classe avec les élèves, par exemple à partir d'un thème commun ou d'une sorte d'intrigue (voir Tableau 2). Quant à la deuxième dimension, elle correspond à la *nature du problème* qui motive l'investigation, au type de tâche demandée aux élèves : d'un côté du continuum, la règle d'action consiste à proposer un problème *fermé* où les élèves suivent un protocole. A l'autre extrémité de cet axe, la règle d'action consiste à proposer un problème *ouvert* où les élèves ont à déterminer leur protocole et à choisir le matériel pour tester leurs hypothèses. La troisième dimension est relative à la *responsabilisation des élèves* dans la conduite des DI : le premier pôle du continuum est caractérisé par un fort guidage de l'enseignant, et l'opposé est défini par une plus grande part laissée à l'autorégulation des apprentissages par les élèves. La quatrième dimension concerne la prise en considération de la *diversité des élèves*. En ce qui concerne les règles d'action, le premier palier du continuum, centré sur l'enseignant, consiste simplement à gérer le comportement de certains élèves pour les rendre actifs dans les DI. En revanche, l'autre pôle du continuum, centré sur les élèves, consiste à adapter la situation de manière à prendre en compte la spécificité des élèves. La cinquième dimension du modèle porte sur le développement de l'*argumentation scientifique* : la règle d'action située au premier niveau du continuum consiste à faciliter la communication entre élèves dans les petits groupes de travail, alors que celle située au pôle ultime consiste à leur permettre de justifier leur point de vue en référence à des résultats ou à des savoirs. La sixième dimension consiste, quant à elle, à rendre explicite les objectifs des enseignants et notamment les savoirs qui sont visés à travers les DI : au premier palier du continuum, la règle d'action consiste pour les enseignants à énoncer leurs attentes pour la séance en cours. Toutefois, au palier ultime, la règle d'action comporte l'explicitation des métaconnaissances nécessaires à un réinvestissement des acquis de la séance : chaque élève devra se demander quelles connaissances sont à mobiliser pour répondre à la question, quelle tâche est requise et dans quelle situation elle s'inscrit, et enfin, quelles sont les stratégies disponibles pour réaliser l'activité, notamment en termes de contrôle de l'exactitude des démarches et des résultats (Grangeat, 2011b).

Il convient, cependant, de noter que ce modèle a été exploité dans les travaux de Grangeat (2010 ; 2011a) afin de repérer les savoirs-processus⁹ mis en œuvre par les enseignants et construire ensuite leur modèle opératif¹⁰ individuel. Dans le cadre de notre étude, nous exploitons le modèle ESFI dans une autre perspective qui tient compte de notre cadrage théorique en vue d'analyser l'activité du professeur en chimie lors de la conception et

⁹ Le savoir-processus est, selon Grangeat (2010), un élément constitutif de base de la conceptualisation de l'activité du sujet. Il se compose de quatre éléments : les buts de l'action, les indices qui déclenchent cette action, une ou des règles d'action que le sujet va mettre en œuvre, et des connaissances, dites de référence, qui justifient l'action et les choix réalisés.

¹⁰ Le modèle opératif regroupe, selon Grangeat (2010), l'ensemble des éléments constitutifs des connaissances professionnelles : les buts que se fixent les professionnels, les constats tirés du diagnostic sur la situation, les répertoires d'actions pratiques, les connaissances de référence qui donnent sens à l'action. Grangeat (*ibidem*) propose d'accéder au modèle opératif de la personne en regroupant les différents savoirs-processus selon leurs buts génériques.

la mise en œuvre des DI, et d'inférer ainsi les règles d'action qui sont en jeu par rapport aux six dimensions du modèle. En effet, ce qui a attiré notre attention dans le modèle ESFI c'est précisément cette idée de continuum qui nous permet de situer l'activité de l'enseignant sur des dimensions et des niveaux de règles d'action bien identifiés. Ce continuum nous permet non seulement d'identifier les règles d'action de l'enseignant, mais aussi il nous permet de repérer des évolutions de ces règles d'action, en particulier sous l'effet du travail collectif.

Nous avons présenté dans cette partie le modèle ESFI à six dimensions. Celles-ci représentent des continuums sur lesquels les enseignants se positionnent, sans toujours chercher à se situer au maximum (c'est-à-dire aux niveaux terminaux correspondant aux règles d'action centrées sur les apprenants). Ce continuum consiste en des réorganisations successives de la pratique enseignante et des manières de penser sa propre activité et de la réaliser en rapport avec la situation où elle est inscrite. A travers ce modèle, nous nous attachons à positionner l'activité de l'enseignant au cours des DI. Or ces dimensions structurées en quatre paliers de règles d'action mettent en lumière les choix didactiques des enseignants. Ces choix sont, sans aucun doute, pilotés par les *connaissances professionnelles* (§ 2.3) de l'enseignant qui vont l'amener à privilégier quelques aspects importants de son activité et à jouer ainsi sur l'étendue de ces paliers de règles d'action en fonction des spécificités de l'activité en cours. Il est alors intéressant de repérer ces connaissances et d'approfondir le lien qui se noue entre ces connaissances et les règles d'action de l'enseignant pour chaque dimension. Ceci fera l'objet des parties suivantes de notre construction théorique, en particulier celle qui aborde les connaissances professionnelles des enseignants (§ 2.3.6) où nous montrons comment nous pensons l'articulation entre ce modèle et les connaissances professionnelles.

2.1.3. Conclusion

Nous avons montré dans cette partie qu'il existe différentes façons de conceptualiser les DI, associées à des aspects épistémologiques ou didactiques : aucune définition des DI, faisant consensus, n'existe aujourd'hui. Pour autant, des points communs émergent des différentes conceptualisations des DI. Du point de vue de la recherche (§ 2.1.1) et du point de vue institutionnel (§ 1.2), les DI n'apparaissent pas comme une procédure linéaire que les enseignants pourraient appliquer de manière normée, en suivant une démarche unique et toujours identique. Elles sont, en revanche, définies à partir d'une combinaison de caractéristiques qui représentent des lignes directrices et laissent une place importante à l'autonomie des acteurs, les professeurs comme les élèves. L'idée forte qui s'impose est d'impliquer les élèves dans le travail mené en classe et de leur laisser une responsabilité importante vis-à-vis du savoir pour qu'ils puissent développer et confronter leurs conceptions, proposer des hypothèses, et les mettre à l'épreuve tout en confrontant leurs points de vue avec leurs pairs. Par ailleurs, le modèle ESFI que nous avons présenté nous semble intéressant dans la mesure où il nous permet de caractériser l'activité de l'enseignant au cours des DI. Ce modèle constitue un outil, que nous intégrons dans notre construction théorique, afin de repérer les règles d'action (§ 2.4.3), qui sont en jeu par rapport aux six dimensions du modèle,

et au-delà les connaissances professionnelles de l'enseignant (§ 2.3.6) qui pilotent ces règles d'action.

Certes, les DI induisent des changements dans le rôle du professeur en classe, mais aussi dans la façon de penser son enseignement hors classe. Ces changements touchent aussi bien ses ressources que ses connaissances professionnelles. Nous proposons alors dans la partie suivante d'aborder une facette fondamentale du travail de l'enseignant, à savoir son travail sur les ressources.

2.2. Approche documentaire, ressources vivantes et cycle de vie d'un document

Le développement de *l'approche documentaire du didactique* (Gueudet & Trouche, 2008) est lié à la compréhension des mutations engendrées par l'irruption du numérique dans l'activité des enseignants et dans leur *développement professionnel*. Cette compréhension a nécessité une prise en compte globale de l'activité des enseignants, et de ce fait l'intérêt est dirigé non seulement vers l'activité *en classe* mais également vers l'activité *hors classe* des professeurs.

L'approche documentaire considère le travail des enseignants comme un jeu avec un ensemble de *ressources*. Les concepts élémentaires de cette approche qui a été exposée pour la première fois lors d'un cours à l'école d'été de didactique des mathématiques en 2007 (Gueudet & Trouche, 2007) ont été introduits sur la base d'études portant sur des professeurs de mathématiques du second degré. Nous avons, cependant, exploité cette approche en étendant son champ d'application à des professeurs de sciences physiques et chimiques (SPC) du second degré (Hammoud, 2009), appuyant ainsi l'idée d'une transposition possible des concepts de l'approche documentaire au-delà des mathématiques. Dans notre recherche, l'approche documentaire (Gueudet & Trouche, 2008) nous servira comme cadre pour l'étude de la dynamique du travail du professeur sur les ressources pour l'enseignement de la chimie.

Nous exposons dans cette partie les concepts fondamentaux de cette approche : les *ressources* et le *travail documentaire* de l'enseignant (§ 2.2.1). Nous abordons ensuite la dialectique *ressources/document* et présentons le *système documentaire* de l'enseignant comme espace d'interactions entre *système de ressources* et *connaissances professionnelles* (§ 2.2.2). Nous continuons avec des propositions pour le développement de cette approche théorique par l'introduction des concepts de *ressources-mères* et de *ressource-fille* (§ 2.2.3) et de *cycle de vie* d'un document (§ 2.2.4).

2.2.1. Les ressources de l'enseignant et le travail documentaire

Nous abordons ici les acceptions que recouvre le terme « *ressource* » de l'enseignant, ainsi que le sens que nous attribuons à ce terme dans notre étude. Nous présentons ensuite la définition du *travail documentaire* de l'enseignant.

Nous partons de l'idée que l'activité du professeur en chimie, particulièrement celle qui vise à provoquer ou accompagner des apprentissages chez les élèves, développe et mobilise des *ressources* réifiant des savoirs du domaine enseigné ainsi que des connaissances professionnelles. Le terme « ressource » est entendu ici, non seulement comme correspondant à des contenus, mais également comme intégrant la question de l'anticipation de l'appropriation par les enseignants. Mais comment définit-on une ressource ?

Le terme « ressource » recouvre, dans les curricula, à la fois des moyens d'enseignement classiques (les manuels scolaires par exemple), mais aussi les logiciels pour l'enseignement et les ressources en ligne, ces dernières étant appelées sans doute à prendre une place de plus en plus grande dans le travail des enseignants. Ainsi, le sens attribué communément à ce mot, dans et pour l'éducation, est celui des ressources matérielles. Poussant ce mouvement un peu plus loin, Adler (2010) propose, dans le contexte de l'enseignement des mathématiques, de penser la « ressource » comme une forme de l'expression composée *re-sourcer* : nourrir à nouveau, ou différemment. Cette auteure insiste sur la nécessité d'étendre le sens commun de ressources au-delà des objets matériels, et propose une conceptualisation large de ressources où sont prises en considération un ensemble de ressources matérielles, humaines et culturelles disponibles. La définition de ressource retenue par Gueudet & Trouche (2010) est d'ailleurs proche des propositions de Adler (*ibidem*) : tout ce qui est susceptible de *re-sourcer* le travail des professeurs. A l'instar de ces auteurs, nous conférons au terme de ressource une acception très large : tout ce qui concourt au projet d'enseignement du professeur en chimie, tout élément occasion d'une réflexion en réponse à un problème d'enseignement (ressources matérielles, numériques ou non, mais aussi des *ressources socioculturelles*, par exemple, les interactions avec les élèves ou les discussions avec des collègues). Ainsi, suivant cet angle de vue, une réaction d'élève ou un conseil d'un collègue constituent des ressources pour un enseignant, au même titre que des livres ou des consultations d'internet.

Dans son activité professionnelle, le professeur en chimie mobilise un ensemble de ressources de diverses natures : un manuel scolaire, les programmes officiels, un logiciel, un site dédié à l'enseignement, une copie d'élève, une idée d'un collègue, etc. Dans notre étude, nous portons un regard d'ensemble sur l'activité du professeur en chimie et nous prenons en compte la variété de ressources susceptibles d'intervenir dans son travail. Cette variété de ressources nous semble déterminante : nous considérons les interactions avec des ressources comme des éléments majeurs dans le travail des enseignants, d'où la définition large de ressources que nous retenons. Rappelons que dans le système éducatif français, la physique et la chimie sont associées et un même professeur enseigne à la fois ces deux disciplines (§ introduction). Toutefois, comme notre recherche porte sur l'enseignement de la chimie, nous avons fait le choix de nous intéresser plus particulièrement aux ressources auxquelles le professeur fait appel pour enseigner un contenu dans le domaine de la chimie.

Pour réaliser ses tâches d'enseignement, le professeur en chimie interagit avec un ensemble de ressources disponibles : il les sélectionne, les transforme, les recompose, les met en œuvre, les partage, les révise... au cours de processus articulant étroitement conception et mise en œuvre. C'est l'ensemble de ce travail que Gueudet & Trouche (2009a) nomment *travail documentaire*, c'est donc le travail du professeur sur les ressources visant à constituer la matière de son enseignement. La *documentation* désigne à la fois ce travail et ce qu'il

produit. Le travail documentaire concerne toutes les facettes de l'activité professionnelle des enseignants, il prend place dans un ensemble de lieux, hors classe autant qu'en classe, il se déploie dans la durée, il a des aspects individuels mais aussi collectifs. Il est donc au cœur de l'activité professionnelle des enseignants.

Nous avons présenté dans cette partie ce que nous entendons par « ressources » de l'enseignant, et nous avons opté pour une définition large de ce terme qui va au-delà des ressources matérielles pour englober une diversité d'éléments susceptibles d'alimenter la réflexion du professeur sur son projet d'enseignement. Le travail de l'enseignant sur les ressources, nommé travail documentaire, est central dans l'activité professionnelle, il s'effectue hors classe comme en classe. Il habite donc tous les aspects de cette activité, tous ses lieux, tous ses temps.

2.2.2. Dialectique ressources/document, système de ressources et système documentaire

Dans la partie précédente, nous avons abordé deux concepts constitutifs de l'approche documentaire : les ressources et le travail documentaire. Dans cette partie, nous présentons d'autres concepts élémentaires de cette approche, à savoir la *dialectique ressources/document*, le *système de ressources* et le *système documentaire*.

L'approche documentaire propose de distinguer les *ressources* (ce qui est disponible) qu'un professeur exploite des *documents* qu'il développe, à partir de ces ressources. En effet, un document est développé pour réaliser un objectif d'enseignement, plus précisément pour traiter une *classe de situations*¹¹ (par exemple concevoir et mettre en œuvre un enseignement sur la quantité de matière en classe de seconde). Tout au long de son travail documentaire, un professeur interagit avec un ensemble de ressources qu'il met au travail et qui vont donner naissance, à travers différents contextes pour la même classe de situations, à un document au cours d'une *genèse documentaire*. Les processus de constitution des ressources en documents, appelés *genèses documentaires*, combinent deux processus imbriqués : les processus d'*instrumentation* (les ressources outillent l'enseignant et influencent son activité, ces processus marquent les évolutions des pratiques et des connaissances professionnelles induites par le travail sur les ressources) et les processus d'*instrumentalisation* (le professeur s'approprie les ressources, les ajuste, les adapte, les enrichit et les réorganise selon son objectif d'enseignement ; il s'agit donc des processus de transformation des ressources au cours de leur appropriation) (voir Figure 1). Ainsi, la distinction des processus duaux d'*instrumentation* et d'*instrumentalisation* permet de repérer les contributions respectives de l'enseignant et des ressources au document qui émerge des genèses.

¹¹ Une classe de situations regroupe les situations d'activité professionnelle partageant une même finalité (Rabardel & Bourmaud, 2005). Ici le mot situation est décrit dans ce qu'il représente du domaine de l'activité de l'enseignant.

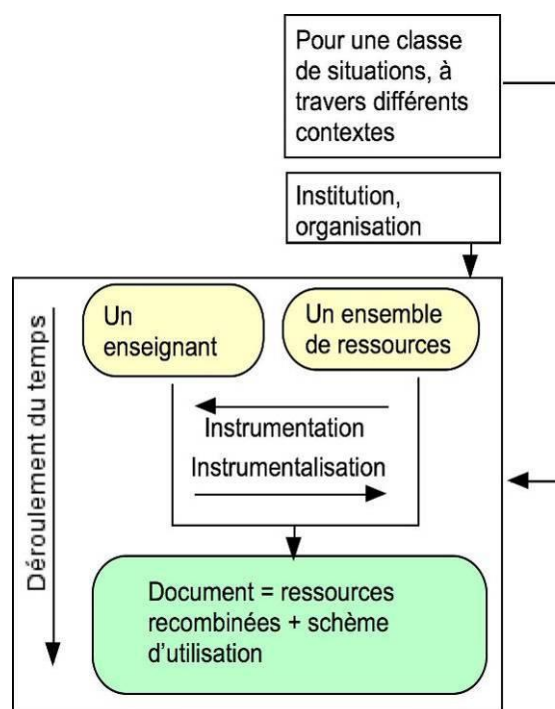


Figure 1. Représentation schématique de la genèse d'un document (Gueudet & Trouche, 2008)

Suivant cette approche, un document est décrit sous la forme d'un couple : une part « ressources », et une part « organisatrice de l'activité avec ces ressources ». Gueudet & Trouche (2008) ont utilisé la notion de *schème* (Vergnaud, 1996) pour désigner cette part organisatrice de l'activité, un schème étant défini comme une organisation invariante de l'activité pour une classe de situations. Un document est ainsi une entité hybride composée de ressources réorganisées et d'un schème d'utilisation associé, propre à un enseignant. On peut alors résumer ce processus par l'équation :

$$\text{Document} = \text{ressources recombinaées} + \text{schème d'utilisation}$$

Un schème selon Vergnaud (1996) est formé de quatre catégories de composantes : un but ou plusieurs (c'est la partie fonctionnelle du schème), des règles d'action (c'est la partie opérationnelle du schème qui consiste à décider de l'action, à prendre de l'information et à contrôler l'action), des *invariants opératoires* (c'est la partie cognitive du schème) et des possibilités d'inférence. Les invariants opératoires ont un rôle éminent et sont composés des connaissances implicites de l'enseignant qui structurent le schème tout entier. C'est sur le répertoire des schèmes disponibles que repose donc le fonctionnement cognitif d'un enseignant. En partant de la définition de schème donnée par Vergnaud (1996), Gueudet & Trouche (2009b) distinguent une part visible et une part invisible des schèmes d'utilisation. La part visible correspond aux *régularités* observables dans l'activité de l'enseignant à travers différents contextes pour une même finalité ; ce sont ces régularités que Gueudet & Trouche (*ibidem*) appellent « usages ». Quant à la part invisible des schèmes d'utilisation, elle relève d'une structure cognitive induisant les usages observés : les invariants opératoires qui sont ici des *connaissances professionnelles* des enseignants. Suivant cette perspective, un document est alors composé de ressources, d'usages associés et de connaissances professionnelles qui les pilotent. Ces connaissances peuvent être dans le champ de la chimie, elles peuvent concerner les types de tâches à proposer aux élèves, les difficultés à anticiper, etc. Ce point

fondamental peut alors s'écrire sous la forme de l'équation ci-dessous, équation qu'il faut toujours penser en association avec un développement temporel. Soulignons que, dans notre étude, nous nous appuyons sur cette équation et non pas sur celle que nous avons présenté ci-dessus¹². En effet, nous avons fait le choix dans notre étude de ne pas exploiter la notion de schème, mais plutôt celle des *connaissances professionnelles* (§ 2.3) qui pilotent le travail du professeur en chimie sur les ressources.

$$\text{Document} = \text{ressources recombinaées} + \text{usages} + \text{connaissances professionnelles}$$

Par ailleurs, Gueudet & Trouche (2010) considèrent que les documents d'un professeur ne vivent pas isolés, ils introduisent ainsi la notion de *système documentaire* : il s'agit d'un ensemble de documents articulés. Dans son activité professionnelle, l'enseignant interagit avec un ensemble de ressources que Gueudet & Trouche (2010) nomment *système de ressources*. Le système documentaire, comme le soulignent ces auteurs, est alors composé du système de ressources et de connaissances professionnelles qui pilotent l'élaboration et les usages de ces ressources. Il est intéressant de noter que, dans notre étude, nous portons sur le système de ressources de l'enseignant une vision d'ensemble du fait qu'il est un système solidaire, mais comme nous l'avons rappelé dans la partie précédente (§ 2.2.1), nous regardons essentiellement dans ce système les ressources mobilisées par le professeur pour l'enseignement d'un contenu chimique spécifique. Nous précisons davantage dans le chapitre suivant (§ 3.2) cette alternance entre la vue d'ensemble du système de ressources du professeur et la vue, à l'intérieur de ce système, des ressources destinées à l'enseignement de la chimie.

Ainsi, nous avons vu dans cette partie qu'un ensemble de ressources recombinaées, mobilisées par l'enseignant pour un type de tâches donné, conduit au développement d'un document et que des connaissances professionnelles appuient et pilotent ce développement. Aussi, les articulations entre les documents, dans le système documentaire de l'enseignant, vont au-delà des ressources et concernent également les connaissances professionnelles qui peuvent être communes à plusieurs documents. Cependant, une dénomination de ces ressources combinées nous semble devoir s'imposer. Ceci fait l'objet de la partie suivante.

2.2.3. Vers les concepts de ressources-mères et de ressource-fille

Comme nous venons de l'annoncer, une dénomination des ressources combinées, qui entrent en jeu dans la construction d'un document, est nécessaire. C'est à cet objectif que cette partie tente de répondre. Nous présentons ici notre contribution à l'approche documentaire. Cette contribution réside, en effet, dans la proposition des concepts de « *ressources-mères* » et de « *ressource-fille* ». Nous explicitons dans cette partie la réflexion qui a engendré et accompagné cette proposition et nous donnons la définition de ces deux concepts.

Nous venons de présenter dans les paragraphes précédents deux notions qui constituent l'essence de l'approche documentaire, à savoir la notion de ressource et celle de document. Cependant, il nous semble important de bien distinguer ce qui relève de chacune de ces deux notions, et encore plus ce qui relève de ce qui est utilisé et de ce qui est produit au cours du

¹² Document = ressources recombinaées + schème d'utilisation

travail de l'enseignant sur les ressources. Nous avons vu d'après la définition de document (§ 2.2.2) que les régularités observables dans l'activité de l'enseignant (les usages) conditionnent la construction d'un document ; autrement dit, une seule utilisation¹³ d'une ressource n'aboutit pas à un document. Ainsi, un document se construit dans le temps long, c'est le temps des genèses. En outre, nous avons vu qu'une ressource renvoie à tout élément que l'enseignant mobilise pour penser et préparer son enseignement (§ 2.2.1). En exploitant ainsi l'approche documentaire, nous nous sommes posé la question suivante : comment conceptualise-t-on et définit-on ce que l'enseignant conçoit pour le mettre en œuvre dans sa classe ?

Selon notre point de vue, nommer « ressource » à la fois ce qui est mobilisé et ce qui est produit par l'enseignant pourrait induire une confusion. De plus, nous ne pouvons pas qualifier ce que l'enseignant conçoit, pour une mise en œuvre en classe, comme étant un document du fait que le document se construit dans le temps et suppose des régularités dans l'action du professeur. Ainsi, ni le mot ressource ni le mot document ne conviennent pour décrire ce que l'enseignant produit à partir des ressources qu'il exploite. La question que nous nous sommes ainsi posée et qui a déclenché cette réflexion nous a amenée à penser des termes qui permettent de rendre compte de ce que l'enseignant utilise et mobilise pour préparer son enseignement et de ce qu'il produit et développe à partir des ressources de départ. Deux concepts, à savoir « ressources-mères » et « ressource-fille », sont ainsi introduits pour répondre à notre questionnement.

Nous proposons d'introduire le concept de « ressources-mères » pour définir l'ensemble de ressources de départ que l'enseignant mobilise pour préparer un enseignement donné. Nous désignons par ressource-fille ce que l'enseignant a préparé et va mettre en œuvre dans sa classe à l'issue de l'étape de la conception ; une ressource-fille est donc le résultat finalisé, à un moment donné, pour une mise en œuvre dans la classe, le produit et le fruit de ressources-mères¹⁴. Ainsi, dans ce que nous proposons, nous considérons que la ressource-fille résulte de la mobilisation et de la recombinaison de ressources-mères.

Le professeur va, au cours du temps, recevoir et chercher des ressources que son travail rend nécessaire pour un objectif d'enseignement donné. Parmi celles-ci, certaines sont, *a posteriori* repérables et explicitables par le professeur, d'autres ne le sont pas nécessairement. En fait, le professeur est *exposé*, au cours du temps, à des ressources dont il ne réalise pas toujours l'effet sur son travail documentaire. Précisant la définition que nous avons donnée ci-dessus, nous considérons que les ressources-mères constituent l'ensemble des ressources, repérables et explicitables par le professeur, qui ont permis d'aboutir à la ressource-fille.

Il est important aussi, à nos yeux, d'explicitier la différence entre une ressource-fille et une *ressource intermédiaire* (version intermédiaire de la ressource-fille produite au cours du processus de conception). Comme nous l'avons avancé ci-dessus, une ressource-fille constitue le résultat finalisé, prêt pour une mise en œuvre en classe, de tout ce qui a été produit, c'est ce

¹³ Nous distinguons une utilisation qui peut être ponctuelle et un usage qui suppose une régularité (Lagrange et al., 2009)

¹⁴ Nous avons pensé cette métaphore mère/fille en lien avec le domaine de la chimie : une *solution-mère* en chimie est une solution dont on pourra faire des *solutions-filles* par prélèvement d'une certaine quantité, complétée par l'apport d'une quantité juste nécessaire de solvant afin d'obtenir la concentration souhaitée.

qui sera mis en œuvre en classe ; elle se distingue de ce fait de la ressource intermédiaire. Un questionnement s'impose alors : qu'est-ce qu'on considère comme ressource-fille ? Est-ce uniquement le texte préparé par l'enseignant pour une mise en œuvre en classe ? Ou s'agit-il d'autres ressources recombinaisons ? Pour répondre à ce questionnement, nous nous référons à Gueudet & Trouche (2007) qui suggèrent que la considération de tout ensemble de ressources, de tout système de documents nécessite de prendre en compte trois niveaux :

- le niveau des supports matériels utilisés : papiers, numérique, mais aussi les artefacts de type classeur, ordinateur, logiciel ;
- le niveau des contenus mathématiques, analysables en termes d'organisations mathématiques (OM) ;
- le niveau des éléments relatifs à l'exploitation en classe, à la planification, analysables en termes d'organisations didactiques (OD).

Nous suivons ces auteurs et nous considérons ainsi trois *niveaux constitutifs d'une ressource-fille* : le niveau des *supports matériels*, le niveau des *contenus chimiques* et le niveau des éléments relatifs à *l'organisation didactique* ou, autrement dit, à *l'orchestration instrumentale* (Trouche, 2005) c'est-à-dire à la gestion didactique des artefacts d'un environnement pour la mise en œuvre d'une situation donnée. Donnons un exemple qui permet d'appuyer notre argument : considérons un professeur en chimie qui a exploité un ensemble de ressources-mères dans l'objectif de préparer son enseignement sur la réaction chimique. Une ressource-fille qui sera mise en œuvre en classe en est le résultat. Cette ressource-fille comporte au niveau des supports matériels : une fiche papier pour les élèves, un logiciel de simulation de réaction chimique, et un tableur qui seront intégrés au fil de la séance de classe de cet enseignant. Le niveau des contenus chimiques réside dans les concepts qui font l'objet de la ressource-fille. Nous pouvons relever également des traces d'organisation didactique de cette ressource-fille, comme par exemple un moment de travail autonome avec le logiciel, un moment de mise en commun des propositions des élèves, et un moment d'institutionnalisation à la fin de la séance.

Ainsi, nous avons explicité dans cette partie les deux concepts de « ressources-mères » et de « ressource-fille » que nous proposons d'introduire dans l'approche documentaire. Nous avons considéré les ressources-mères comme l'ensemble de toutes les ressources qui entrent dans la composition d'une ressource-fille. Nous avons également souligné que parmi cet ensemble de ressources qui vont être mobilisées, à un moment ou à un autre, pour donner naissance à une ressource-fille, l'enseignant n'est capable de repérer et d'explicitier qu'une partie, et qu'il y aura bien évidemment d'autres ressources qui entrent comme des ingrédients « naturels ». Autrement dit, le professeur n'a pas le sentiment qu'il les a mobilisées, mais elles sont là comme supports à l'élaboration de la ressource-fille et au-delà à la construction d'un document. De ce fait, pour nous, chercheurs, il faut reconnaître que nous ne pouvons avoir accès qu'à une partie de la partie que le professeur arrive à identifier et expliciter.

Dans ce qui suit, nous situons les deux concepts de ressources-mères et de ressource-fille par rapport à la notion de document.

2.2.4. Vers le concept de cycle de vie d'un document

Dans la continuité des concepts que nous avons proposés dans la partie précédente, nous proposons ici un nouveau concept qui s'inscrit dans notre contribution théorique à l'approche documentaire, à savoir le *cycle de vie d'un document*. Nous explicitons ce que nous entendons par ce concept et ce qu'il sous-tend. Nous identifions les différentes étapes de ce cycle à travers lesquelles nous modélisons le processus de développement d'un document.

Le développement d'un document répond à un objectif (par exemple, il s'agit de concevoir pour réaliser un TP introduisant la notion de quantité de matière), mais ce développement se poursuit au cours et à la suite de la réalisation de ce TP, à travers les interactions avec les élèves ou les échanges avec les collègues. De fait, le développement d'un document est un processus complexe, il ne présente pas un début et une fin clairement identifiables, et il peut aussi revêtir des *aspects collectifs*. Les aspects collectifs du travail enseignant, bien qu'ils soient plus ou moins visibles, sont toujours présents : un enseignant ne travaille jamais seul, il développe ses documents en interaction avec ses élèves, avec des collègues, il recueille des ressources via Internet, il participe à différentes institutions ou associations. De ces insertions sociales, ses documents portent la marque. Ainsi, le développement d'un document met en général aux prises un ensemble de ressources et plusieurs acteurs.

La nécessité de démêler la complexité qui sous-tend la dynamique du processus de développement du document nous a conduit à penser une modélisation de ce processus qui rende visible à la fois les relations ressources-mères/ressource-fille/document, la dimension collective susceptible d'intervenir dans la genèse ainsi que les évolutions temporelles associées. Nous proposons de représenter la dynamique du développement d'un document sous la forme d'un *cycle de vie* renfermant plusieurs étapes numérotées de A à G (voir Figure 2). Notons que la notion de cycle de vie a été exploitée dans d'autres domaines, notamment dans le domaine des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH) où l'on parle du cycle de vie d'un EIAH (analyse a priori, réalisation d'un prototype, analyse des usages) (e.g. Tchounikine *et al.*, 2004).

Comme nous l'avons déjà précisé, un document naît en réponse à une classe de situations donnée, par exemple concevoir et mettre en place des DI pour introduire la notion de réaction chimique. Pour préparer la matière de son enseignement, le professeur commence à rechercher des ressources parmi un ensemble varié à partir duquel il exploite des ressources-mères (cf. étape A du cycle de vie, voir Figure 2). Il peut aller fureter dans son système de ressources pour trier des ressources-mères (cf. A'), ou il est possible que l'enseignant aille chercher des ressources-mères que son travail rend nécessaire et qui n'existent pas initialement dans son système de ressources (cf. A''); dans ce cas il va faire appel à de nouvelles ressources-mères qui seront intégrées dans son système de ressources. Il peut également solliciter ses collègues pour rechercher des ressources-mères et c'est à ce moment là qu'une dimension collective est susceptible d'intervenir (cf. A''').

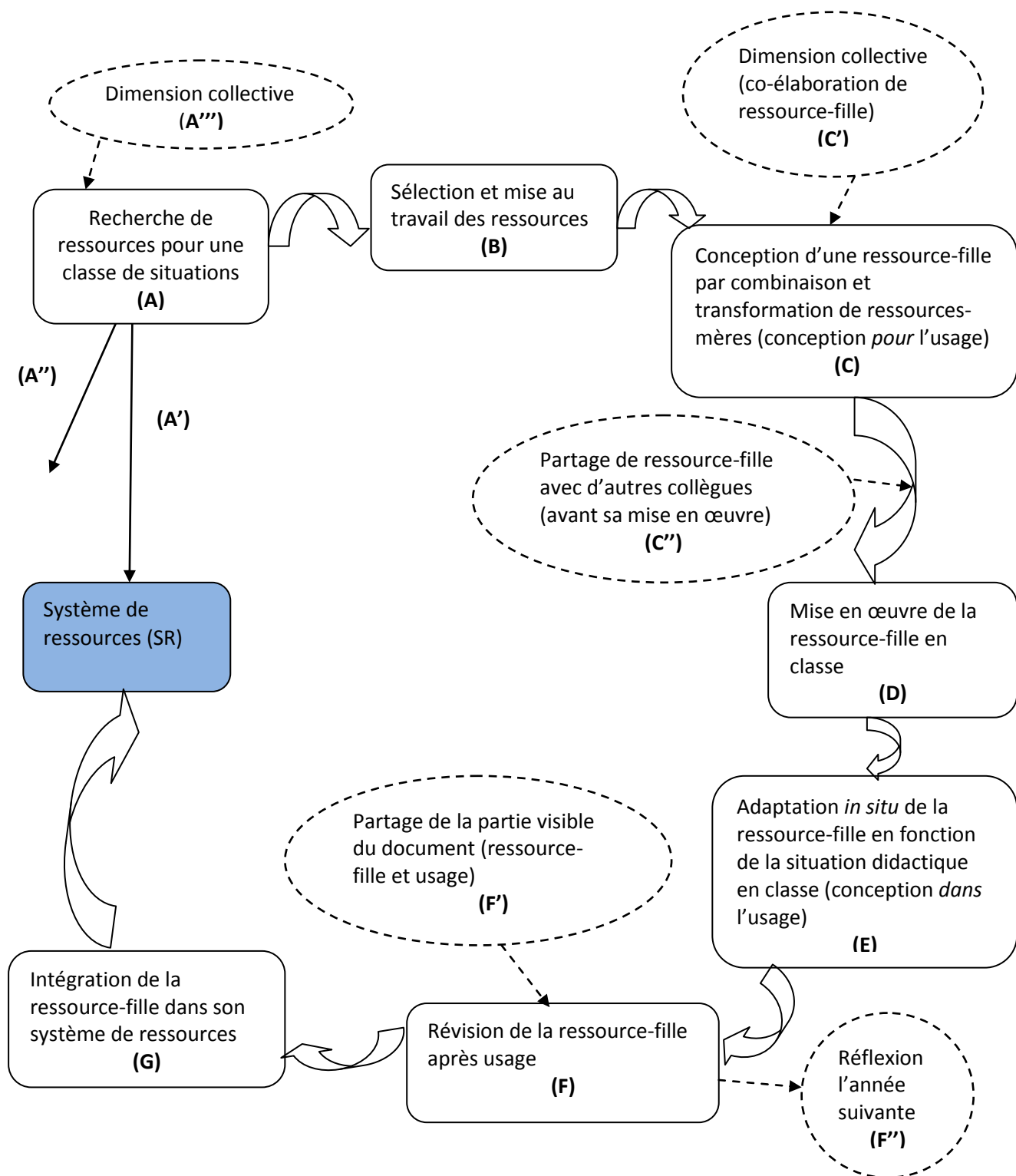


Figure 2. Cycle de vie d'un document

Ensuite, l'enseignant sélectionne les ressources-mères qu'il a cherchées et les met au travail (cf. B) afin d'élaborer sa ressource-fille. Il convient de rappeler que nous ne pouvons identifier des ressources-mères mobilisées par l'enseignant qu'*a posteriori* vu que l'enseignant va, au cours du temps, chercher des ressources que son travail rend utile (§ 2.2.3). Ces ressources-mères vont être transformées et recombinaées par le professeur en une ressource-fille *conçue pour l'usage* en classe (cf. C). Ce processus de conception se fait dans un double mouvement d'instrumentation et d'instrumentalisation (§ 2.2.2). Cependant, la conception d'une ressource-fille peut être collective (cf. C') ; un enseignant peut, en effet, élaborer une ressource-fille avec d'autres collègues, il s'agit en l'occurrence d'une co-production. Une autre dimension collective est susceptible d'intervenir lors du partage de la ressource-fille avec les collègues avant sa mise en pratique (cf. C''). Par ailleurs, le développement du document se poursuit dans l'usage en classe de la ressource-fille. Celle-ci sera diffusée en classe où elle sera mise en œuvre (cf. D). Des adaptations *in situ* de la ressource-fille sont alors susceptibles d'avoir lieu en fonction du retour des élèves (cf. E). Ces adaptations sont une manifestation de la *conception dans l'usage* (Rabardel, 2005) : la ressource-fille est modifiée, recombinaée au fil de son utilisation, les processus de conception se poursuivent dans l'usage. A la suite de la mise en œuvre, l'enseignant peut réviser sa ressource-fille à la lumière de son usage (cf. F) et la nourrir des effets observés pour l'intégrer *in fine* dans son *système de ressources* (cf. G). La réflexion sur la ressource-fille peut se dérouler également dans un autre moment, notamment l'année suivante quand l'enseignant va concevoir et mettre en œuvre à nouveau son enseignement du contenu chimique sur lequel porte la ressource-fille (cf. F''). Si l'on comprend bien la notion de document telle qu'elle a été définie comme l'association de ressources réorganisées, d'usages et de connaissances professionnelles pilotant les usages de ces ressources (§ 2.2.2), on comprend alors qu'un document ne peut pas être complètement partagé entre les enseignants. Ce qui peut donner lieu à un échange ou à un partage c'est simplement la *partie visible* du document, c'est-à-dire l'ensemble de ressources et son usage qui sous-tend des connaissances professionnelles (cf. F'). Un enseignant peut donc mettre à disposition de ses collègues et leur transmettre sa ressource-fille tout en leur décrivant les usages associés et le vécu de la classe. Ce faisant, il leur donne accès à une partie du document construit.

Par ailleurs, nous voulons souligner un point fondamental du cycle de vie d'un document : tout au long des étapes de ce cycle, le travail de l'enseignant sur les ressources induit une *réorganisation* de son système de ressources. En effet, ce n'est pas seulement la ressource-fille qui sera intégrée *in fine* dans le système de ressources, mais c'est ce travail en permanence revivifié par le système de ressources et réorganisant en retour ce système. Dans la représentation du cycle de vie, cela se traduit par des flèches qui partent de chaque étape du cycle vers le système de ressources ; cependant, par souci de simplification du schéma, nous avons choisi de ne pas mettre ces flèches. Nous insistons de fait sur l'idée de tous les allers retours, à toutes les étapes du processus, avec le système de ressources.

Dans la représentation du cycle de vie d'un document, nous avons employé le terme « ressource-fille » et non pas « document » pour décrire les différentes étapes du processus de développement du document. Ce choix n'est pas du tout anodin : d'abord une ressource-fille est une composante matérielle du document, donc quand on parle de ressource-fille, on

évoque certainement une partie du document. De plus, le développement d'un document se poursuit tout au long du cycle de vie, donc il est difficile de dire précisément à quelle étape du cycle un document se forme parce qu'il se construit au fur et à mesure du temps, le temps des régularités observables dans l'activité du professeur ou autrement dit le temps des usages (§ 2.2.2). Ajoutons à cela qu'il y a une partie invisible du document, à savoir les connaissances professionnelles dont certaines vont pouvoir être inférées de la conception et de l'usage de la ressource-fille. Ainsi, le cycle de vie d'un document nous donne à voir que le document n'est pas un résultat final, mais une entité *vivante* qui va à son tour *re-sourcer* l'activité de l'enseignant : la ressource-fille à partir de laquelle un document se développe s'enrichit et évolue dans le temps, elle s'adapte aux contraintes nouvelles qui peuvent surgir ; il en est de même pour les connaissances professionnelles face à de nouvelles situations, ce qui rejaillit certes sur le document. Le document lui-même donne naissance, à son tour, à de nouvelles ressources qui vont être engagées avec d'autres ressources et servir comme ressources-mères pour la préparation d'une autre ressource-fille qui va donner matière à un autre document pour une autre classe de situations pour l'année suivante ou l'année en cours. On peut tout de même supposer qu'après un temps de développement, la ressource-fille est susceptible de devenir une ressource-mère qui produit aussi d'autres ressources qui pourront à leur tour donner matière à de nouveaux documents.

Ainsi, ce développement temporel nous a amené à penser le cycle de vie d'un document sous une forme spirale (voir Figure 3) : il ne s'agit pas d'un résultat final mais d'une production de l'activité du sujet, d'un processus qui se poursuit (dans la Figure 3, nous avons choisi de représenter essentiellement les étapes constantes du cycle, à savoir les étapes A, B, C, D, E, F et G). La forme spirale permet une représentation dans laquelle on passe par des points caractéristiques, qui passent sur une même demi-droite, pour chaque étape du cycle. Au cours du processus de développement d'un document, l'enseignant revient à chaque fois sur la même demi-droite, mais en ayant développé d'autres ressources et d'autres connaissances professionnelles d'une année à une autre ou au cours de l'année en cours. Le travail de conception et de mise en œuvre de ressource-fille par l'enseignant n'est pas un acte unique, il va se reproduire, c'est ce qu'on voit d'ailleurs à travers la spirale de la Figure 3. A divers moments de cette conception et de ces mises en œuvre, des évolutions vont avoir lieu : dans un mouvement d'instrumentalisation, les ressources en cause sont sans cesse revisitées par le professeur ; dans un mouvement d'instrumentation, les connaissances du professeur sont questionnées par les ressources, leur mise en œuvre et les effets qu'elles suscitent. Ces processus peuvent également concerner des collectifs de professeurs comme nous l'avons présenté dans la Figure 2.

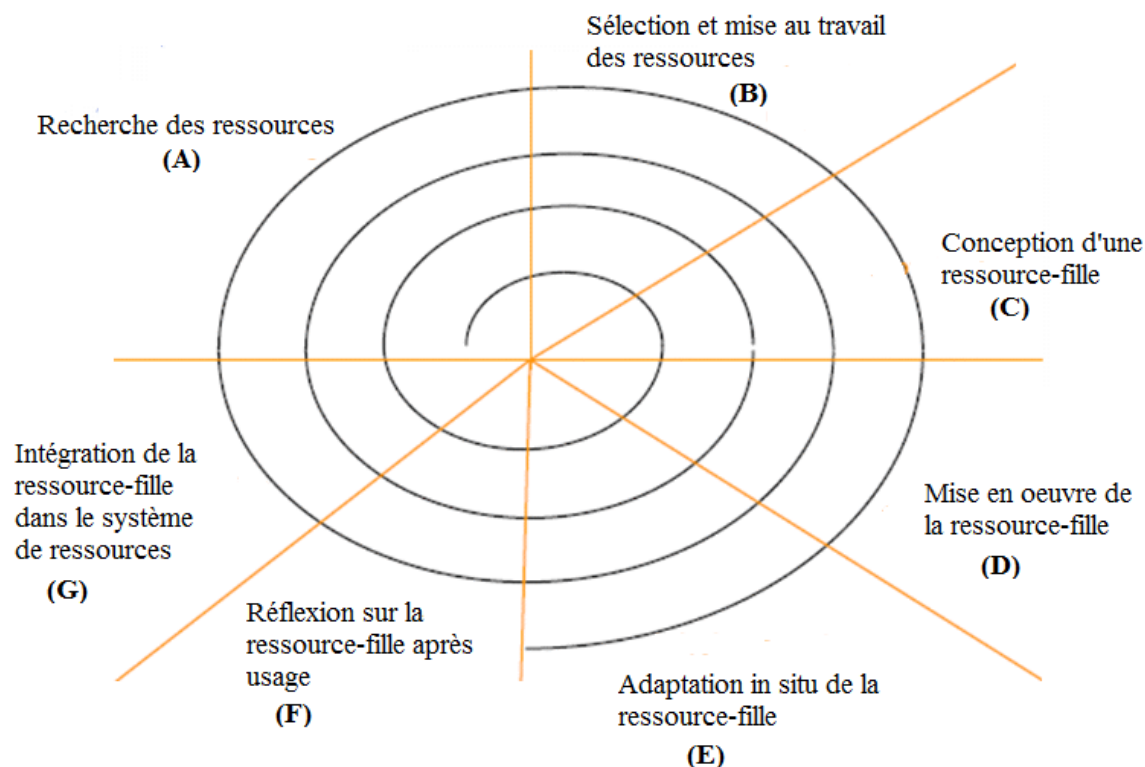


Figure 3. Cycle de vie d'un document sous une forme spirale

Par conséquent, au-delà des nouvelles ressources produites, tout développement d'un document est porteur de développement professionnel : il modifie non seulement le système de ressources mais aussi les connaissances et l'activité professionnelle, dans une dialectique du *productif* et du *constructif* (Rabardel, 2005). Cette dialectique, issue du champ de l'ergonomie cognitive, rend compte de ce fait : une activité est finalisée, elle a un objectif de production (réalisation d'une tâche donnée). Dans cette activité, le sujet se développe aussi lui-même et modifie donc les conditions de productions ultérieures. De même, Gueudet & Trouche (2010) considèrent que le développement d'un document comporte clairement une part productive (l'enseignant produit des ressources) et une part constructive (cette production s'appuie sur et produit des connaissances). L'évolution associée des connaissances professionnelles relève d'une dimension constructive. Nous désignons alors par l'expression « *développement professionnel* » de l'enseignant l'évolution conjointe de ses connaissances, de ses ressources et de son activité.

Ainsi, nous avons exposé dans cette partie une modélisation de la dynamique du processus du développement d'un document pensée en termes de cycle de vie. Nous avons, en outre, représenté le cycle de vie d'un document sous la forme d'une spirale. Nous avons identifié différentes étapes de ce cycle, et nous avons, en plus, précisé qu'on ne peut pas vraiment connaître à quel moment de ce cycle un document naît. Le développement d'un document se poursuit donc tout au long du cycle et ne présente pas un début et une fin nettement repérables. Nous avons également mis en évidence le fait que ce développement suit le sens de la spirale (la spirale s'ouvre). A chaque mise en œuvre de la ressource-fille en classe, on repart pour un tour, la boucle de la spirale s'élargit et le document s'enrichit. Ce

processus de développement sous-tend le développement professionnel de l'enseignant et par conséquent, l'évolution de ses ressources, de ses connaissances professionnelles et de son activité.

2.2.5. Conclusion

S'approprier une théorie c'est y *mettre du sien* (Clot, 2006). Partant de ce principe, nous avons tenté de contribuer au développement de l'approche documentaire en introduisant des concepts qui nous semblent à même d'éclairer le travail documentaire de l'enseignant et de soutenir l'analyse de son développement professionnel : les concepts de ressources-mères et de ressource-fille ont été introduites pour distinguer les ressources qui sont mobilisées et celles qui sont produites au cours du travail documentaire de l'enseignant ; le cycle de vie d'un document, présenté sous la forme spirale, nous permet d'analyser le processus de conception et de mise en œuvre de ressource-fille ainsi que les *entrées* du collectif dans ce processus. Il nous permet également de comprendre que toute genèse documentaire est toujours à penser comme un processus en cours : ce processus est sans cesse revitalisé par la rencontre de nouvelles ressources ou de nouveaux événements (dans la classe par exemple) qui va modifier des éléments constitutifs du document résultat. Ce document lui-même intègre des ressources qui peuvent être à l'origine de la genèse d'un autre document. Nous avons vu que l'approche documentaire considère un document comme une entité mixte composée de ressources, d'usages associés et de connaissances. Ceci nous permet ainsi de préciser en quoi cette approche est une approche du développement professionnel des enseignants. Plus précisément encore, ceci amène à un véritable changement de point de vue qui considère le travail documentaire non plus comme une nécessité, dirigée vers l'objectif du travail en classe, mais à l'inverse qu'il est au cœur de l'activité professionnelle, il mobilise et produit des connaissances professionnelles. L'enseignant construit simultanément des ressources et se construit. Le repérage des connaissances professionnelles qui structurent l'activité du professeur est donc susceptible d'élucider la pratique enseignante, et constitue ainsi une clef de compréhension essentielle du travail documentaire de l'enseignant. Il constitue le cœur de la section suivante.

2. 3. Les connaissances professionnelles des enseignants : des PCK aux orientations pour les DI

Nous débutons cette partie par l'explicitation de ce que nous entendons par « connaissance » (§ 2.3.1). Puis, nous introduisons le *modèle de Shulman* (1986) des connaissances des enseignants (§ 2.3.2) qui a marqué un tournant dans la recherche en éducation, et qui est à l'origine de l'émergence des *PCK* (*Pedagogical Content Knowledge*), connaissances spécifiques pour enseigner. Nous abordons ensuite les PCK des enseignants en précisant d'une part, ce que sont ces connaissances, et d'autre part les composantes qui les constituent (§ 2.3.3). Nous continuons par la présentation du modèle de PCK que nous avons retenu pour notre étude (§ 2.3.4). Nous proposons ensuite de spécifier une composante de ce

modèle, les orientations pour l'enseignement des sciences, en introduisant le concept « *orientations pour les DI* » (§ 2.3.5). Nous discutons enfin de la caractérisation des connaissances professionnelles que nous examinons dans notre étude (§ 2.3.6) : pour caractériser les orientations pour les DI, nous proposons une mise en relation avec le *modèle ESFI* (§ 2.1.2), et pour caractériser les PCK à partir du savoir auquel elles sont liées, nous exploitons un cadre théorique issu de la *didactique de la chimie*, à savoir la *modélisation*.

2.3.1. Qu'entend-on par « connaissance » ?

Depuis de nombreuses années, les recherches en éducation se sont intéressées à décrire les connaissances particulières nécessaires à un enseignant pour qu'il conçoive et mette en œuvre son enseignement (e.g. Gess-Newsome, 1999 ; Ball & Bass, 2003 ; Hashweh, 2005). Bien qu'elles ne soient pas bien définies, les racines de ces connaissances résident dans la compréhension par un enseignant du contenu disciplinaire et de l'enseignement de ce contenu (Lee & Luft, 2008). Par ailleurs, la question des connaissances des enseignants a été largement abordée dans la littérature francophone et anglophone, sans pour autant pouvoir aboutir à un consensus quant à ce que l'on entend par connaissances. Ajoutons à cela que peu de recherches abordent directement la question de ce qu'est une connaissance. Ainsi, il nous semble primordial de préciser ce que représente, de notre point de vue, une connaissance. C'est donc à cet objectif que cette partie s'attache à répondre.

Nous retenons que la plus grande partie des connaissances sont souvent implicites, voire inconscientes, c'est ce qu'on peut appeler « la forme opératoire de la connaissance » (Vergnaud, 2001), celle qui permet d'agir en situation. Nous suivons Vergnaud (*ibidem*) qui insiste sur la fonction *adaptative* de la connaissance : dans la perspective piagétienne qui est la sienne, il considère que la connaissance sert à agir, à s'adapter à un *milieu*. Ici le mot milieu est entendu dans le sens proposé par Brousseau (2003) dans la théorie des situations didactiques : tout ce qui agit sur un sujet ou / et ce sur quoi un sujet agit. Il est constitué des objets (physiques, culturels, sociaux, humains) avec lesquels le sujet interagit dans une situation. Cette connaissance qui sert à agir est donc, selon Vergnaud, *opératoire* ; elle permet de faire et de réussir en situation. Vergnaud distingue également une autre forme de connaissance, à savoir la forme *prédicative* qui prend la forme de textes, d'énoncés, de traités et de manuels, et qui consiste dans la formulation des propriétés des objets et de l'action. Par ailleurs, la notion de connaissance est, pour Vergnaud, étroitement liée à la notion de schème (§ 2.2.2). Ceci a été, en effet, explicité dans la partie précédente relative à l'approche documentaire où nous avons mis en évidence que le schème est une composante du document, qui repose sur des invariants opératoires tirant leurs sens et leur pertinence d'une variété de situations. Nous avons également souligné que ces invariants sont des connaissances professionnelles qui permettent à l'action du sujet d'être opératoire et qui structurent le schème tout entier. Ainsi, ce sont les connaissances qui sous-tendent les formes d'organisation de l'activité que sont les schèmes. C'est d'ailleurs cette étroite relation schème/connaissance qui a constitué la base de la réflexion des auteurs de l'approche documentaire (Gueudet & Trouche, 2009b) pour bien caractériser les composantes d'un document : une nouvelle équation qui rend compte de ces composantes (document = ressources recombinaées + usages

associés + connaissances professionnelles) et qui vient préciser la précédente équation (document = ressources recombinaées + schème d'utilisation) atteste ainsi du lien entre le schème et les connaissances (§ 2.2.2).

A l'instar de Vergnaud, nous retenons deux formes d'une connaissance, opératoire et prédicative, parce qu'elles permettent de rendre compte à la fois de ce qu'une personne peut faire en situation, et de ce qu'elle est capable d'en dire. Une connaissance n'est donc pas seulement ce qui est su par l'enseignant, mais aussi ce qui permet de rendre compte, dans une situation donnée, de l'action de l'enseignant. Par ailleurs, nous avons vu dans la partie précédente (§ 2.2) que le travail documentaire de l'enseignant s'appuie sur et engendre des connaissances. Donc une connaissance ne sert pas simplement à agir en interaction avec un milieu, mais elle est également produite par l'action avec un milieu. En ce sens, la connaissance s'avère un moyen d'action, mais aussi le résultat de l'action. Pour rendre compte de ce double aspect, le terme de *connaissance ouvragée* (*working knowledge*) (Tardif & Lessard, 1999) nous paraît particulièrement approprié. Tardif & Lessard (*ibidem*) caractérisent cette connaissance comme suit : « cette idée de connaissance ouvragée remplit deux fonctions conceptuelles : elle vise en premier lieu à lier la connaissance professionnelle à la personne du travailleur et à son travail, à ce qu'il est et à ce qu'il fait, afin d'éviter des dérives vers des conceptions qui ne tiennent pas compte de son incorporation dans un procès de travail, mettant en jeu une socialisation au métier et une maîtrise contextualisée de l'activité d'enseignement. En second lieu, cette idée signifie que la connaissance professionnelle de l'enseignant porte les marques de son travail, qu'elle n'est pas seulement utilisée comme un moyen dans le travail mais qu'elle est produite, façonnée dans et par le travail. Il s'agit donc d'une connaissance multidimensionnelle incorporant des éléments relatifs à l'identité personnelle et professionnelle de l'enseignant, à sa situation socioprofessionnelle, à son travail quotidien dans l'école et la classe » (p. 366). Selon ces auteurs, cette connaissance ouvragée est davantage le fruit d'une interaction et d'une confrontation entre, d'une part, un travail, ses conditions et ses contraintes, et d'autre part, un ensemble de ressources cognitives aptes à contribuer à la compréhension et à l'action efficace et maîtrisée. Dans cette optique, nous considérons que la connaissance ouvragée comporte toujours deux propriétés complémentaires : elle est prédicative, en ce sens qu'elle identifie dans le réel des objets, des propriétés et des relations entre ces objets et ces propriétés. Elle est opératoire, en ce sens qu'elle permet d'agir et de comprendre l'organisation de l'action.

Ainsi, dans notre étude, nous retenons qu'une connaissance de l'enseignant doit se comprendre en relation étroite avec son travail qui consiste en un jeu avec un ensemble varié de ressources (§ 2.2.1). Cette connaissance est simultanément mobilisée et produite au fil du travail documentaire l'enseignant, elle est vue comme une connaissance ouvragée (à la fois un moyen d'action et un produit de l'action) qui englobe des savoirs relatifs à divers contextes du travail de l'enseignant en classe comme hors classe. Il s'agit donc d'une forme de connaissance que l'enseignant mobilise pour guider et piloter son travail documentaire, mais c'est aussi une connaissance qui continue à évoluer, en interaction avec les expériences de travail, individuelles ou collectives, de l'enseignant. En effet, nous considérons que les moments d'interactions collectives de l'enseignant à l'intérieur de différentes *communautés* (§ 2.4.3) sont l'occasion, pour le professeur, de mobiliser différentes connaissances et d'en produire d'autres. Etudier, dans des communautés variées, la dynamique du collectif et, dans cette dynamique, la mobilisation et le développement, dans la perspective de DI, des

connaissances professionnelles des enseignants impliqués suppose que l'on ait identifié des types de connaissances. C'est dans cette perspective que s'inscrivent les parties suivantes.

2.3.2. Le modèle de Shulman des connaissances des enseignants

Nous présentons ici le *modèle de Shulman* (1986 ; 1987) des connaissances des enseignants. Dans ce modèle, Shulman présente les catégories formant les *connaissances de base* de l'enseignement. Nous explicitons dans cette partie ces connaissances.

Shulman (1986) a constaté que dans les années 1980, les recherches sur l'enseignement portaient sur la façon dont les enseignants gèrent leurs classes et leurs temps, organisent les activités, formulent les niveaux de leurs questions, planifient leurs leçons et jugent la compréhension de leurs élèves. Pour lui, l'accent n'était pas mis sur les connaissances du contenu disciplinaire, mais plutôt sur les connaissances pédagogiques. Ce qui manquait donc, selon cet auteur, ce sont des questions à propos du contenu des leçons enseignées, des questions posées, et des explications fournies. Il situe l'absence de la préoccupation du contenu disciplinaire, dans les différents paradigmes de recherches sur l'enseignement, comme le problème de « paradigme manquant ».

Dans son programme de recherche, Shulman s'intéressait à répondre à la question : quelles connaissances sont essentielles pour enseigner la chimie ? L'histoire ? etc. Pour cela, il étudie des enseignants de différentes disciplines du second degré (anglais, sciences, sciences sociales), et présente des arguments concernant le contenu, le caractère et les sources de *connaissances de base (knowledge base)* de l'enseignement (Shulman, 1987). Il propose un modèle de connaissances des enseignants qui permet de distinguer différents types de connaissances et de les catégoriser : les *connaissances du contenu disciplinaire (subject matter knowledge SMK)* ; les *connaissances pédagogiques générales (pedagogical knowledge PK)* ; les *connaissances sur les programmes* ; les *connaissances pédagogiques liées au contenu disciplinaire (Pedagogical Content Knowledge PCK)* ; les *connaissances sur les élèves* et leurs caractéristiques ; les *connaissances sur le contexte* de l'établissement et de la classe ; et les *connaissances sur les buts* et les valeurs de l'éducation. Selon le point de vue de Shulman, les enseignants mobilisent à la fois des connaissances du contenu disciplinaire (SMK) et des connaissances pédagogiques (PK), en les transformant en des connaissances spécifiques à l'enseignement. Shulman définit cette connaissance transformée pour l'enseignement comme une connaissance pédagogique liée au contenu disciplinaire (PCK). Ainsi, ce modèle met en évidence le fait que l'enseignement exige plus que la connaissance du contenu disciplinaire, c'est un processus complexe qui nécessite, de la part des enseignants, de transformer et d'appliquer des connaissances de plusieurs types.

Depuis son émergence, le modèle de Shulman a été exploité par de nombreux chercheurs (e.g. Grossman, 1990 ; Gess-Newsome & Lederman, 1999 ; Magnusson *et al.*, 1999) et il a formé le cadre théorique de beaucoup de recherches portant sur les connaissances des enseignants. Grossman (1990), en particulier, a proposé une typologie des connaissances des enseignants directement issue des travaux de Shulman et il a défini quatre domaines de connaissances interreliées : les *connaissances pédagogiques générales (PK)*, les

connaissances du contenu disciplinaire (SMK), les connaissances pédagogiques liées au contenu disciplinaire (PCK), et les connaissances du contexte (KofC).

Nous explicitons ci-dessous chacune de ces connaissances :

- **les connaissances pédagogiques (PK)** : les PK incluent les connaissances des principes pédagogiques, de la gestion de classe, des activités des élèves et de l'apprentissage (par exemple comment faire travailler ensemble un groupe d'élèves et maintenir son engagement dans les activités). Elles renvoient donc aux connaissances générales des enseignants à propos de l'enseignement qui ne sont pas liées à un contenu disciplinaire spécifique. Théoriquement, ce type de connaissances interagit avec les PCK pour l'enseignement d'un contenu particulier dans une discipline. Cependant, comme le mentionne Abell (2007), la plupart des recherches dans la littérature de la recherche en éducation portant sur les PK des enseignants s'insèrent logiquement dans la catégorie des PCK ;
- **les connaissances du contenu disciplinaire (SMK)** : les SMK renvoient aux connaissances que l'enseignant est chargé de transmettre aux élèves, mais selon Shulman (1986), elles ne s'y limitent pas. Elles sont de deux natures : les connaissances portant sur les diverses manières dont les concepts, les théories et les principes fondamentaux de la discipline sont organisés, et les connaissances sur les preuves établies pour justifier la qualité des données et du savoir. En effet, de nombreuses recherches ont tenté de dévoiler les relations entre les SMK et l'enseignement des sciences afin de repérer si les enseignants ayant de « bonnes » SMK étaient également les meilleurs professeurs de sciences. De ce fait, le lien entre les SMK et l'enseignement a constitué un intérêt pour les chercheurs pendant de nombreuses années. Une revue de la recherche sur les SMK des enseignants à propos de la chimie (de Jong *et al.*, 2002) montre que même les enseignants qui ont une « bonne » formation en chimie n'ont pas une bonne compréhension des concepts fondamentaux de leur domaine. Pour leur part, Gess-Newsome & Lederman (1995) ont comparé les SMK de cinq enseignants expérimentés à leur pratique en classe et ils ont trouvé que le niveau des connaissances du contenu a un impact significatif sur la façon dont le contenu a été enseigné. Cependant, les résultats des recherches sont difficiles à mettre en relation : certaines recherches ont souvent lié la formation de l'enseignant en sciences à l'efficacité de son enseignement alors que d'autres chercheurs n'en ont pas identifié un lien (Abell, 2007). Des doutes subsistent donc sur la nature de la relation des SMK avec l'enseignement. Les SMK pourraient avoir un effet sur l'enseignement, mais cet effet est-il soutenu par d'autres types de connaissances des enseignants? Abell (2007) souligne, à cet égard, que les SMK seraient nécessaires mais non suffisantes pour un enseignement efficace, d'autres connaissances devraient être également mobilisées ;
- **les connaissances du contexte (KofC)** : les KofC rendent compte des connaissances mobilisées par l'enseignant au cours de son enseignement et qui sont relatives aux connaissances des communautés, de l'établissement dans lequel il enseigne, et de ses élèves (classe sociale, etc.).

Ainsi, nous avons mis en évidence dans cette partie différents types de connaissances qui sont à la base du modèle de Shulman. Parmi ces connaissances, nous nous intéressons dans notre étude aux PCK des professeurs en chimie mobilisées par la mise en place de DI. D'ailleurs, PCK est la catégorie qui a tout particulièrement suscité un intérêt considérable dans la recherche en éducation. En effet, au cours des vingt années suivant l'inauguration, par Shulman, d'une nouvelle façon de penser les connaissances des enseignants à travers les PCK, les aspects de ce type de connaissances ont été étudiés par de nombreux chercheurs. Certains ont mis l'accent sur les PCK en général, alors que d'autres ont étudié des composantes particulières. Nous proposons de décrire, dans ce qui suit, ces connaissances.

2.3.3. Les PCK des enseignants

Introduites et développées, depuis une vingtaine d'années, par son fondateur Shulman (1986 ; 1987), les PCK occupent aujourd'hui le centre de nombreuses recherches qui conceptualisent parfois ces connaissances de façon différente. En effet, les conceptualisations et l'étude des PCK dans les recherches varient considérablement, et s'appuient sur une diversité de méthodologies employées, dans des objectifs et des contextes différents (Cross, 2009). Il est alors difficile, voire impossible de comparer les résultats obtenus. Abell (2007) affirme d'ailleurs que les recherches sur les PCK dans l'enseignement des sciences manquent de cohérence, ce qui les rend difficiles à catégoriser. Par ailleurs, une multitude de recherches en sciences de l'éducation s'appuyant sur les PCK révèlent que celles-ci demeurent encore l'objet d'un débat : il n'existe pas de définition de cette catégorie de connaissances qui fasse consensus au sein de la communauté des chercheurs en éducation ; la nature des connaissances qui constituent les PCK reste encore floue. Nous proposons dans cette partie de mettre en lumière ce débat. Dans un premier temps, nous exposons ce que sont les PCK en partant d'abord de la définition donnée par Shulman. Dans un deuxième temps, nous abordons ce débat en présentant les différentes composantes des PCK identifiées par certains chercheurs, qui montrent que, d'une recherche à une autre, des différences apparaissent au niveau de la classification et de la typologie de ces connaissances.

Définitions des PCK

De nombreux chercheurs dans le domaine de la formation des enseignants ont reconnu les PCK comme un élément essentiel et une composante critique du statut professionnel des enseignants. Nous présentons dans cette partie quelques définitions des PCK, qui ont été proposées dans la recherche en éducation.

Malgré de nombreuses conceptualisations des PCK, la définition de Shulman (1987) de ce concept reste la référence de la plupart des travaux. Shulman définit les PCK comme « des connaissances qui représentent le mélange des contenus et de la pédagogie dans la compréhension de la manière dont des sujets, des problèmes ou des questions sont organisés, représentés, et adaptés aux divers intérêts et capacités des apprenants, et présentés pour être enseignés. C'est la catégorie susceptible de distinguer la compréhension d'un spécialiste du contenu disciplinaire de celle d'un pédagogue » (Shulman, 1987, p.8, notre traduction). De fait, les PCK sont reconnues par Shulman comme une forme particulière des connaissances du contenu disciplinaire (SMK)

transformées dans le but d'enseigner. Elles vont au-delà des connaissances du contenu disciplinaire en soi pour intégrer aussi les connaissances du contenu disciplinaire pour l'enseignement. Ce sont donc des connaissances spécifiques pour enseigner. Cette description des PCK comme une transformation par l'enseignant des connaissances du contenu en des formes plus compréhensibles par les élèves a été reprise par d'autres chercheurs (Grossman, 1990 ; Geddis *et al.*, 1993 ; Magnusson *et al.*, 1999). Par exemple, Magnusson *et al.* (1999) déclarent : « we describe pedagogical content knowledge as the transformation of several types of knowledge for teaching (including subject matter knowledge), and that as such it represents a unique domain of teacher knowledge » (p. 95).

Alors que les SMK renvoient à la compréhension par l'enseignant d'un contenu disciplinaire, et les PK à la compréhension des processus de l'enseignement et de l'apprentissage indépendamment d'un contenu particulier (§ 2.3.2), les PCK se réfèrent aux connaissances sur l'enseignement et l'apprentissage d'un contenu spécifique, tout en tenant compte des exigences d'apprentissage particulières inhérentes à ce contenu. Cela est d'ailleurs bien mis en évidence par Geddis (1993, p. 675, notre traduction) : « l'enseignant exceptionnel n'est pas simplement un enseignant, mais plutôt un enseignant d'histoire, un enseignant de chimie, ou un enseignant d'anglais. Alors que dans un certain sens, il y a des compétences pédagogiques génériques, beaucoup de compétences pédagogiques de l'enseignant exceptionnel sont spécifiques du contenu. Les enseignants débutants ont besoin d'apprendre non seulement comment enseigner, mais plutôt comment enseigner l'électricité, comment enseigner l'histoire du monde, ou comment enseigner les fractions ». L'intérêt de la communauté des chercheurs en éducation pour les PCK (e.g. Gess-Newsome & Lederman, 1999 ; van Driel *et al.*, 2002 ; Méheut, 2006 ; Bécu-Robinault, 2007 ; Kermen & Méheut, 2008 ; Cross, 2009) réside ainsi dans la prise en compte de l'existence de connaissances professionnelles qui sont non seulement dépendantes de la discipline enseignée, mais aussi des contenus disciplinaires enseignés.

Comme le souligne Morge (2009), considérer qu'il existe des PCK, c'est effectivement considérer qu'enseigner l'électricité nécessite l'acquisition de connaissances professionnelles différentes de celles nécessaires à l'enseignement de la mécanique. De la même façon, chaque professeur en chimie a une connaissance en chimie, que nous ne pouvons pas espérer transmettre un double aux élèves. A ce titre, Shulman (1986) parle d'une transformation par l'enseignant des connaissances du contenu disciplinaire en de formes accessibles aux élèves leur permettant d'atteindre l'apprentissage des concepts visés. « Afin d'être capable de transformer la connaissance du contenu disciplinaire en une forme accessible aux élèves, les enseignants ont besoin de connaître une multitude de choses notamment sur le contenu qui sont pertinentes pour son enseignement » (Geddis, 1993, p. 676, notre traduction). A cet égard, Bond-Robinson (2005) souligne : « Transformation is an explanatory process that differs from giving an explicit restatement of the chemical view of a concept or theory and expecting students to remember it. Teachers must figure out what it means to transform chemical knowledge on specific topics that explains chemistry at the level of their students » (p. 84).

Par ailleurs, the National Science Education Standards (NRC, 1996) a intégré le concept de PCK comme une composante essentielle du développement professionnel des enseignants de sciences. The National Science Education Standards définit les PCK comme « des compréhensions et des capacités particulières qui intègrent les connaissances des enseignants des contenus scientifiques, des programmes, des apprentissages, de l'enseignement et des élèves »,

permettant aux enseignants de science « d'adapter les situations d'apprentissage aux besoins des individus et des groupes » (NRC, 1996, p. 62, notre traduction).

En somme, les PCK sont vues comme un amalgame entre des connaissances pédagogiques et des connaissances disciplinaires. Elles sont mobilisées pour adapter les connaissances du contenu disciplinaire dans des situations pédagogiques, à travers le procédé que Shulman appelle « transformation ». Celui-ci survient lorsqu'un enseignant réfléchit de manière critique sur un contenu, l'interprète, l'organise et trouve des manières de le présenter et de l'adapter aux capacités et aux idées des élèves. Cela renvoie donc à la compréhension de l'enseignant de la façon d'aider les élèves à comprendre un contenu particulier.

Composantes des PCK

De nombreuses études qui ont abordé la complexité des PCK depuis leur introduction montrent clairement que le débat sur les PCK, au sein de la recherche en éducation, tient à une absence de consensus sur la nature des connaissances qui constituent les PCK. Nous proposons dans cette partie de mettre en lumière ce débat en cernant les différences, d'une recherche à une autre, vis-à-vis des composantes qui font partie des PCK.

Le chercheur qui a introduit les PCK, Shulman (1986), inclut dans la catégorie des PCK, pour les thèmes les plus régulièrement enseignés dans un domaine disciplinaire, « les formes les plus utiles de représentation des idées, les analogies les plus puissantes, les illustrations, les exemples, les explications et les démonstrations - en un mot, les façons de représenter et de formuler le sujet qui le rendent compréhensible pour les autres » (p. 9, notre traduction). PCK inclut également, selon Shulman, une compréhension de ce qui rend l'apprentissage des thèmes spécifiques facile ou difficile : les préconceptions que les élèves apportent avec eux à l'apprentissage de ces thèmes. « Si ces préconceptions sont des conceptions erronées, ce qui est le cas le plus souvent, les enseignants ont besoin des connaissances des stratégies d'enseignement susceptibles de réorganiser la compréhension des élèves » (Shulman, 1986, p. 9-10, notre traduction). Ainsi, pour Shulman, deux composantes forment les PCK : les *connaissances des difficultés* et des mauvaises conceptions (*misconceptions*) des élèves vis-à-vis d'un contenu, et les *connaissances des stratégies d'enseignement* et des façons de présenter ou de représenter un contenu disciplinaire pour surmonter et transformer les conceptions initiales des élèves.

En s'appuyant sur les travaux de Shulman (1986), certains chercheurs ont adopté les deux composantes clés des PCK mentionnées ci-dessus (les connaissances des difficultés des élèves vis-à-vis d'un contenu, et les connaissances des stratégies d'enseignement d'un contenu), en étendant le concept de PCK par l'inclusion d'autres composantes. Ces chercheurs s'accordent à dire que le concept PCK est plus complexe que celui qu'a défini Shulman. Par exemple, Grossman (1990) conceptualise les PCK comme étant composées de quatre types de connaissances : les connaissances des stratégies et des représentations pour l'enseignement des contenus particuliers, et les connaissances des difficultés et des conceptions des élèves à propos de ces contenus (ce sont les deux composantes clés des PCK selon Shulman), les connaissances du curriculum et du matériel disponible pour l'enseignement, et les connaissances sur les buts de l'enseignement d'un contenu particulier. Marks (1990) a également élargi le modèle de Shulman en ajoutant à ses deux composantes clés la connaissance du contenu disciplinaire en soi ainsi que la connaissance du curriculum et

des médias. Lee & Luft (2008) ont identifié, pour leur part, sept composantes de PCK communes, avec de légères variations, aux quatre enseignants étudiés. Leur étude se distingue des autres recherches portant sur les PCK dans la mesure où les enseignants ont participé activement à la construction de leurs représentations des PCK. Parmi les sept composantes des PCK identifiées, deux correspondent aux composantes des PCK de Shulman, les cinq autres correspondent à la connaissance de la science, la connaissance des objectifs d'enseignement, la connaissance de l'organisation du curriculum, la connaissance de l'évaluation, la connaissance des ressources (matériels, activités, multimédia, la technologie de laboratoire, des revues scientifiques). Dans cette recherche, les enseignants ont discuté d'un domaine qui n'avait pas été encore établi dans la littérature de PCK quand ils parlaient d'un besoin de connaissance des ressources dans l'enseignement des sciences. Les ressources permettent à ces enseignants de rendre leur enseignement plus pertinent pour leurs élèves. En outre, les conceptualisations des PCK des quatre enseignants participants ont révélé que la connaissance des ressources a un impact sur leur organisation du curriculum, la sélection de stratégies d'enseignement, et l'évaluation de leurs élèves. Cette étude suggère ainsi que la connaissance des ressources devrait être explorée afin de déterminer si elle doit être réellement considérée comme une composante des PCK. Ceci nous amène à penser que le travail documentaire de l'enseignant (§ 2.2.1) supposerait, entre autres, des connaissances sur les ressources susceptibles de nourrir la réflexion de l'enseignant et de *re-sourcer* son projet didactique.

Ainsi, la discussion qui précède ne se veut pas exhaustive. Le modèle de Shulman a alimenté et alimente encore aujourd'hui de nombreux travaux sur les connaissances des enseignants, et depuis, la notion de PCK, qui a beaucoup attiré l'attention des chercheurs, a été étudiée à travers la description des composantes qu'elle englobe. Nous avons essayé de mettre en évidence le fait qu'il n'existe pas de conceptualisation largement acceptée de PCK. Entre les chercheurs, des différences apparaissent par rapport aux éléments qu'ils incluent ou intègrent dans les PCK et par rapport aux labels spécifiques ou aux descriptions de ces éléments. Cependant, comme l'affirment van Driel *et al.* (1998), il apparaît que les chercheurs s'accordent sur les deux composantes clés des PCK de Shulman, à savoir les connaissances des stratégies d'enseignement d'un contenu spécifique, et les connaissances des difficultés d'apprentissage des élèves liées au contenu.

2.3.4. Modèle de PCK retenu

Conscients de l'abondance de littérature relative aux PCK, nous avons succinctement décrit dans la partie précédente (§ 2.3.3) quelques conceptualisations des PCK mettant en exergue la difficulté de parvenir à un consensus, au sein de la communauté des chercheurs en éducation, sur les composantes qui constituent ce type de connaissances. Nous présentons dans cette partie le modèle de PCK que nous avons retenu pour notre étude.

En définissant comme seules PCK les connaissances des stratégies d'enseignement et les connaissances des difficultés des élèves, Shulman ne semble pas prendre en compte l'influence d'autres facteurs sur l'enseignement et l'apprentissage (Kind, 2009). Les modèles alternatifs des PCK abordent ainsi ce problème de différentes manières, en ajoutant des

composantes supplémentaires à celles proposées par Shulman (§ 2.3.3). Dans une revue de littérature portant sur les PCK, Kind (2009) suggère que le modèle de Magnusson *et al.* (1999) englobe le mieux les besoins de la formation scientifique des enseignants. Le cadre de Magnusson *et al.* (*ibidem*) inclut, en effet, un modèle de PCK, spécifique à la science, qui a formé la base de beaucoup de recherches récentes (Friedrichsen *et al.*, 2011). S'appuyant sur les travaux de Grossman (1990), Magnusson *et al.* (1999) distinguent cinq composantes des PCK : les connaissances sur les stratégies d'enseignement, les connaissances sur la compréhension des élèves, les connaissances sur le curriculum, les connaissances sur l'évaluation, et les orientations pour l'enseignement des sciences. Selon le modèle de Magnusson *et al.* (1999), quatre de ces éléments de connaissances (les connaissances sur le curriculum, sur les élèves, sur l'évaluation et sur les stratégies d'enseignement) influencent et sont façonnés par les *orientations pour l'enseignement des sciences*, ce qui fait donc de ces orientations une composante critique du modèle (voir Figure 4). En effet, c'est la spécificité de ce modèle vis-à-vis de la science, mais plus précisément encore c'est la présence de la composante « orientations pour l'enseignement des sciences » dans une position charnière qui surplombe les autres composantes de PCK, qui ont suscité notre intérêt à l'égard de ce modèle.

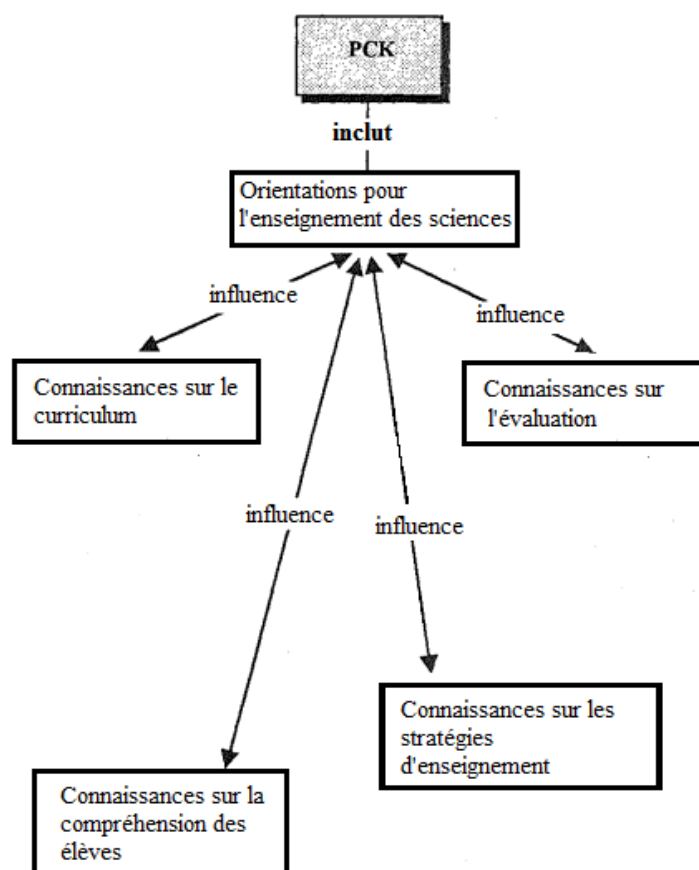


Figure 4. Composantes des PCK pour l'enseignement des sciences (Magnusson *et al.*, 1999, notre traduction)

Nous explicitons ci-dessous chacune des cinq composantes des PCK telles qu'elles ont été définies par Magnusson *et al.* (1999):

- **les connaissances sur les stratégies d'enseignement** : cette composante de PCK se réfère aux connaissances des professeurs en chimie sur les stratégies spécifiques qui sont utiles pour aider les élèves à comprendre un concept. Elle inclut, d'une part, les connaissances des représentations spécifiques de ce concept, ou autrement dit les connaissances des façons de représenter le concept en vue de faciliter l'apprentissage des élèves (les représentations peuvent être des illustrations, des exemples, des modèles, ou des analogies). Elle inclut, d'autre part, les connaissances des professeurs en chimie des activités spécifiques qui peuvent être mises en place pour l'enseignement de ce concept (par exemple des problèmes, des démonstrations, des simulations, des expérimentations ou des investigations) ;
- **les connaissances sur la compréhension des élèves** : cette composante de PCK renvoie aux connaissances que les professeurs en chimie doivent avoir sur les élèves afin de les aider à comprendre des concepts scientifiques spécifiques. Elle englobe, d'une part, les connaissances que possède l'enseignant à propos des prérequis que les élèves doivent avoir pour apprendre un contenu particulier, ainsi que les connaissances de l'enseignant des différences entre élèves, face à l'apprentissage de ce contenu, en fonction de leurs capacités. Elle englobe, d'autre part, les connaissances de l'enseignant des difficultés d'apprentissage et des conceptions alternatives des élèves relatives à ce contenu disciplinaire (les concepts que les élèves trouvent difficiles à apprendre, les types d'erreurs, etc.). L'enseignant mobilise des PCK s'il reconnaît les difficultés d'apprentissage des élèves, les problèmes du langage dans la communication des idées scientifiques et trouve des solutions pour les surmonter (Bucat, 2004).

Outre les catégories de connaissances que Magnusson *et al.* (1999) ont incluses dans cette composante de PCK, nous considérons que « savoir reconnaître la position de l'élève par rapport au savoir en jeu » relève également d'une PCK/compréhension des élèves. En effet, nous postulons que, au cours de DI, il est essentiel que l'enseignant sache repérer où en est l'élève par rapport à son projet didactique et à la construction du savoir pour délimiter la marge d'autonomie et la responsabilité qu'il peut lui laisser vis-à-vis du savoir. C'est donc, à nos yeux, une connaissance essentielle pour piloter la mise en place des DI et qu'il faut en tenir compte dans la composante PCK/compréhension des élèves ;

- **les connaissances sur le curriculum** : cette catégorie de PCK correspond, d'un côté, aux connaissances des professeurs en chimie sur le programme officiel spécifique pour l'enseignement d'un contenu particulier, aux connaissances des buts et des objectifs prescrits (normes institutionnelles), ainsi qu'aux connaissances des enseignants de ce que les élèves ont appris au cours des années précédentes et de ce qu'ils sont censés apprendre dans les années ultérieures. D'un autre côté, elle relève des connaissances des matériels qui sont pertinents pour l'enseignement du contenu ;

- **les connaissances sur l'évaluation** : cette catégorie de PCK se rapporte, d'une part, aux connaissances du professeur en chimie des dimensions et des aspects de l'apprentissage des élèves d'un contenu spécifique qui sont importants à évaluer (ce qui doit être évalué). Elle concerne, d'autre part, les connaissances des méthodes d'évaluation des élèves qui peuvent être employées pour évaluer certains aspects spécifiques de l'apprentissage de ce contenu (comment évaluer) ;
- **les orientations pour l'enseignement des sciences** : dans le modèle des PCK de Magnusson *et al.* (1999), les orientations sont placées dans une position centrale : elles influencent les autres composantes de PCK et sont influencées, à leur tour, par ces composantes (voir Figure 4, supra). Les orientations pour l'enseignement des sciences représentent les connaissances des enseignants des buts et des objectifs de l'enseignement des sciences à un niveau donné : « an orientation represents a general way of viewing or conceptualizing science teaching. The significance of this component is that these knowledge and beliefs serve as a "conceptual map" that guides instructional decisions about issues such as daily objectives, the content of student assignments, the use of textbooks and other curricular materials, and the evaluation of student learning » (Magnusson *et al.*, 1999, p. 97). Donc, selon la définition donnée par ces auteurs, les orientations semblent jouer un rôle fondamental dans le pilotage des choix didactiques et professionnels d'un enseignant relatifs à la conception, à la mise en œuvre et à la réflexion sur son enseignement.

Dans le cadre de notre recherche, pour étudier les connaissances professionnelles qui pilotent la conception et l'usage de ressource-fille de l'enseignant, nous nous référons au concept de PCK issu du modèle élargi de Magnusson *et al.* (1999). Cependant, nous avons fait le choix de nous distinguer de ces auteurs en ne considérant pas les orientations pour l'enseignement des sciences comme spécifiques d'un contenu disciplinaire particulier. En effet, nous suggérons que les orientations font partie des connaissances professionnelles en interaction avec les PCK pour un sujet d'étude, mais elles ne peuvent pas être incluses dans les PCK en tant qu'une de leurs composantes. Nous explicitons nos arguments concernant ce point de vue dans la section suivante (§ 2.3.5). De ce fait, les PCK se réduisent, selon notre perspective, à quatre catégories : PCK/stratégie, PCK/compréhension des élèves, PCK/curriculum et PCK/évaluation.

Nous portons une attention particulière à deux catégories des PCK parmi ces quatre, à savoir les connaissances sur les stratégies d'enseignement d'un contenu et les connaissances sur la compréhension des élèves vis-à-vis de ce contenu. Ce choix n'est pas anodin : en effet, nous considérons que les DI correspondent à des méthodes d'enseignement auxquelles l'élève n'est pas très habitué. D'une part, au cours de la préparation de sa ressource-fille, un professeur en chimie est censé anticiper les réactions éventuelles des élèves, leurs préconceptions, leurs incompréhensions, les types d'erreurs, et leurs difficultés possibles. Il doit aussi choisir des problèmes qui sont pertinents vis-à-vis des objectifs d'apprentissage, et qui aident les élèves à comprendre un contenu chimique spécifique (§ 1.3). De ce fait, les PCK/compréhension des élèves et les PCK/stratégie sont des connaissances essentielles qui guident le travail de préparation et de conception de ressource-fille par l'enseignant. D'autre part, au cours de la mise en œuvre de DI en classe, ce n'est plus l'enseignant qui expose le

savoir, mais c'est plutôt l'élève qui est mis en activité et qui est censé construire la méthode qu'il va utiliser pour résoudre son problème. De ce fait, l'élève peut être confronté à des difficultés d'apprentissage surtout qu'une responsabilité importante lui est laissée vis-à-vis de la construction de son savoir. En l'occurrence, l'enseignant est supposé identifier la position de l'élève par rapport au savoir en jeu, inférer et interpréter les difficultés d'apprentissage qui émergent au cours des séances fondées sur les DI. Ce faisant, l'enseignant met en jeu des PCK/compréhension des élèves. Par ailleurs, quand l'enseignant a su repérer où en est l'élève par rapport à la construction du savoir et ce qui lui pose problème, il est censé mettre en jeu des PCK/stratégie pour maintenir l'engagement de l'élève dans la démarche et l'aider à surmonter les difficultés qu'il rencontre. Par conséquent, les PCK/compréhension des élèves et les PCK/stratégie sont également des connaissances centrales qui pilotent la mise en œuvre de la ressource-fille en classe basée sur les DI.

Ainsi, nous avons présenté dans cette partie le modèle de PCK que nous avons retenu pour notre étude. Pour examiner les connaissances professionnelles mobilisées par la conception et la mise en œuvre de ressource-fille dans la perspective de DI, nous exploitons le concept de PCK proposé dans le modèle de Magnusson *et al.* (1999). Cependant, nous nous distinguons de ces auteurs en restreignant les PCK à quatre composantes (PCK/compréhension des élèves, PCK/stratégie, PCK/évaluation, PCK/curriculum) et en excluant donc les orientations pour l'enseignement des sciences de la catégorie des PCK. Parmi les quatre composantes des PCK, nous avons précisé que deux retiennent particulièrement notre attention dans notre étude : les PCK/compréhension des élèves et les PCK/stratégie. Nous avons, en outre, considéré que « savoir reconnaître la position de l'élève par rapport au savoir chimique en jeu » est une connaissance cruciale pour guider la mise en œuvre des DI et qui relève d'une PCK/compréhension des élèves. Plus largement encore, nous avons mis en évidence que les PCK/compréhension des élèves et les PCK/stratégie sont des connaissances essentielles pour piloter l'implémentation de DI, d'où notre intérêt particulier à l'égard de ces deux composantes de PCK dans notre travail de recherche.

2.3.5. Des orientations pour l'enseignement des sciences aux orientations pour les DI

Nous avons décrit dans la section précédente le modèle de PCK sur lequel nous basons notre étude. Comme nous venons de le préciser, nous avons choisi de ne pas considérer les orientations du professeur pour l'enseignement des sciences comme étant une composante des PCK. Nous explicitons dans cette partie ce point de vue, et nous donnons les arguments qui nous ont amené à dévier du modèle initial proposé par Magnusson *et al.* (1999). Nous proposons aussi de spécifier un cas particulier des orientations pour l'enseignement des sciences, que nous appelons « *orientations pour les DI* ».

Le modèle de PCK de Magnusson *et al.* (1999) décrit les orientations pour l'enseignement des sciences comme une vue et une conceptualisation générale de l'enseignement des sciences (§ 2.3.4). En se basant sur la littérature existante, ces auteurs définissent neuf orientations possibles associées à différents styles d'enseignement, et directement issues des buts et des raisons accordés par le professeur à l'enseignement des

sciences : processus (*process*), rigueur académique (*academic rigor*), didactique¹⁵ (*didactic*), changement conceptuel (*conceptual change*), conduite par l'activité (*activity-driven*), découverte (*discovery*), science basée sur des projets (*project-based science*), investigation (*inquiry*) et investigation guidée (*guided inquiry*). Nous les présentons ici (voir Tableau 3 et Tableau 4) tels qu'ils sont proposés par ces auteurs. Chaque orientation a été décrite par rapport à deux éléments : les buts de l'enseignement des sciences qu'un professeur viserait avec une orientation particulière (Tableau 3) et les caractéristiques typiques de l'enseignement qui serait mené par un professeur avec une orientation particulière (Tableau 4).

Orientation	Buts de l'enseignement des sciences
Processus	Aider les élèves à développer les compétences de processus de sciences (<i>science process skills</i>)
Rigueur Académique	Représenter un ensemble particulier de connaissances (par exemple la chimie)
Didactique	Transmettre des faits scientifiques
Changement conceptuel	Faciliter le développement de connaissances scientifiques en confrontant les élèves à des situations qui remettent en question leurs connaissances naïves
Conduite par l'activité (<i>Activity-driven</i>)	Favoriser le contact des élèves avec le matériel, mettre la main à la pâte (<i>hands-on experiences</i>)
Découverte	Fournir aux élèves des opportunités de découvrir par eux-mêmes des concepts scientifiques ciblés
Science basée sur des projets	Impliquer les élèves à trouver des solutions pour des problèmes authentiques
Investigation (<i>inquiry</i>)	Représenter la science comme une investigation
Investigation guidée (<i>guided inquiry</i>)	Constituer une communauté d'apprenants dont les membres partagent la responsabilité de la compréhension du monde physique, en particulier à l'égard de l'utilisation des outils de la science.

Tableau 3. Les buts des différentes orientations pour l'enseignement des sciences (Magnusson et al., 1999, notre traduction)

Orientation	Caractéristiques de l'enseignement
Processus	L'enseignant introduit les élèves aux processus de pensée des scientifiques pour acquérir de nouvelles connaissances. Les élèves s'engagent dans des activités afin de développer la pensée scientifique
Rigueur Académique	Les élèves sont confrontés à des problèmes et des activités difficiles. Les travaux pratiques et les démonstrations expérimentales sont utilisés pour vérifier des concepts scientifiques en démontrant les

¹⁵ Le terme de didactique est ici à prendre au sens anglo-saxon (transmission de faits scientifiques) et non pas au sens français

	relations entre des concepts particuliers 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 les tenir responsables de la connaissance des faits produits par la science
Changement conceptuel	Les élèves sont interrogés sur leurs visions du monde et à propos de la pertinence des explications alternatives. L'enseignant facilite la discussion et le débat nécessaires pour établir des connaissances valides
Conduite par l'activité (<i>Activity-driven</i>)	Les élèves participent à des activités où ils mettent la main à la pâte (<i>hands-on activities</i>) à des fins de vérification ou de découverte. Les activités choisies peuvent ne pas être conceptuellement cohérentes si les enseignants ne comprennent pas le but des activités particulières et, par conséquent omettent ou modifient leurs aspects critiques
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
Science basée sur des projets	Centré sur un projet. L'activité de l'enseignant et des élèves est centrée sur une question de conduite (<i>driving question</i>), qui organise les concepts, les principes et les activités au sein d'un sujet d'étude. A travers l'investigation, les élèves développent un certain nombre d'artefacts (des productions) qui reflètent leurs compréhensions émergentes
Investigation (<i>inquiry</i>)	Centré sur l'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 (<i>guided inquiry</i>)	Centré sur une communauté d'apprentissage. L'enseignant et les élèves participent à définir et investiguer des problèmes, 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.

Tableau 4. La nature de l'enseignement associé aux différentes orientations pour l'enseignement des sciences (Magnusson et al., 1999, notre traduction)

D'après cette présentation, nous considérons qu'un enseignant peut faire preuve d'une orientation qui guide ses décisions didactiques pour l'enseignement de plusieurs notions et pas forcément d'un contenu particulier. Ajoutons aussi qu'un enseignant peut suivre de multiples orientations, et non une seule, de la liste décrite par Magnusson *et al.* (1999), ce qui rend ces orientations complexes à étudier. De ce point de vue, plusieurs questions émergent. Tout d'abord, peu d'études empiriques ont examiné spécifiquement la nature et les sources des orientations pour l'enseignement des sciences (Friedrichsen & Dana, 2005). Ensuite, les

orientations théorisées dans la littérature et proposées par Magnusson *et al.* (1999) ne peuvent pas soutenir une description précise des orientations manifestées par les enseignants. Par exemple, l'étude de Friedrichsen & Dana (2000), portant sur des enseignants du primaire, a révélé un décalage entre les orientations de ces enseignants et les catégories des orientations identifiées dans la littérature. Ces auteurs ont affirmé que les enseignants participant à leur étude ne suivaient pas des orientations pour l'enseignement des sciences spécifiques aux sciences. Les enseignants ont fait preuve d'une orientation pour l'enseignement, plus générale, qui a guidé leurs décisions didactiques et leur processus d'enseignement des sciences. Selon ces auteurs, la prise de décision des enseignants n'était pas fondée sur leurs connaissances des buts et des objectifs pour l'enseignement des sciences à leurs élèves du primaire, mais plutôt sur une connaissance non spécifique, une théorie générale sur la façon dont les élèves apprennent. D'autres chercheurs ont d'ailleurs critiqué la prise en considération des orientations en tant qu'une composante des PCK. Par exemple, Abell (2007) souligne : « the inclusion of « orientations » in the PCK model is problematic. First of all, an orientation is theorized as a generalized view of science teaching, not topic-specific knowledge. Second, these general views of science teaching and learning are often studied as an interaction among knowledge, beliefs, and values, not strictly as knowledge structures. Furthermore, these general views have been called by a number of different names in the literature » (p. 1124). Nous partageons ces points de vue. Plus précisément encore, étant donné que ces orientations correspondent, par définition, à une vue globale des approches générales de l'enseignement, nous considérons qu'elles ne sont pas spécifiques d'un contenu disciplinaire. En ce sens, les orientations pilotent les actions de l'enseignant indépendamment d'un contenu spécifique, ce qui explique donc notre position de les écarter des composantes de PCK. Pour autant, on peut penser que ces orientations font partie des connaissances professionnelles qui s'amalgament avec les PCK pour l'enseignement d'un contenu donné.

Si les orientations pour l'enseignement des sciences jouent un rôle influent, tel que le modélisent Magnusson *et al.* (1999), il est important d'examiner de près ce type de connaissance. Dans leur étude, Brown *et al.* (2009) ont élargi la définition de Magnusson *et al.* (*ibidem*) des orientations pour l'enseignement des sciences afin d'inclure les dimensions suivantes : les objectifs et les buts des enseignants pour l'enseignement des sciences, les vues sur l'enseignement et l'apprentissage, les vues sur les rôles de l'enseignant et des élèves dans la classe de sciences, ainsi que les vues sur la nature de la discipline. Comme dans notre travail nous portons une attention spécifique aux DI, nous considérons, de fait, un cas particulier des orientations pour l'enseignement des sciences qui est vu sous l'angle des DI. Nous proposons alors de spécifier une des « orientations pour l'enseignement des sciences » que nous nommerons « *orientations pour les DI* ». Ce que nous appelons « orientations pour les DI » correspond donc à des orientations pour l'enseignement des sciences, spécifiques, à une vue et à une conceptualisation générale de l'enseignement fondé sur les DI. Ce sont les orientations pour les DI que nous examinons effectivement dans notre recherche. Mais comment définit-on ces orientations ? Comment les caractériser ? Nous tentons dans le paragraphe suivant de répondre, entre autres, à ces deux questions.

2.3.6. Caractérisation des connaissances professionnelles : du modèle ESFI à la modélisation en chimie

Comme nous l'avons précisé, nous portons un regard spécifique dans notre étude à deux catégories de PCK : les PCK/stratégie et les PCK/compréhension des élèves (§ 2.3.4). Nous nous intéressons également aux orientations de l'enseignant pour les DI (§ 2.3.5). Ce sont donc les types de connaissances professionnelles que nous étudions dans le cadre de notre travail.

Cette partie s'articule en deux points : nous proposons dans un premier temps de caractériser les orientations pour les DI en nous basant sur le *modèle ESFI* (§ 2.1.2). Dans un deuxième temps, nous nous attachons à caractériser les PCK en nous appuyant sur une approche théorique qui relève de la didactique de la chimie, à savoir la *modélisation*.

Caractérisation des orientations pour les DI : mise en relation avec le modèle ESFI

Nous présentons ici la façon dont nous avons pensé la caractérisation des orientations pour les DI. Nous montrons que cette caractérisation tire parti du modèle ESFI (§ 2.1.2). Nous mettons également en évidence le fait que les orientations pour les DI sont identifiées, d'un côté, à travers la ressource-fille, et d'un autre côté, à travers sa mise en œuvre en classe.

La recherche sur les orientations des professeurs de sciences est compliquée par la grande variété des termes utilisés par les chercheurs pour décrire ce que nous avons choisi d'appeler les *orientations* des enseignants (Brown *et al.*, 2009). Bien souvent, les chercheurs utilisent des termes différents pour rendre compte d'une même réalité. Abell (2007) considère ainsi que les chercheurs ont employé des termes variés tels que « conceptions de l'enseignement des sciences », « paradigmes fonctionnels », « préconceptions de l'enseignement », « approches de l'enseignement » pour étudier ce qui semble être une orientation pour l'enseignement. Elle ajoute : « studies of teacher orientations have not formed a coherent line of thought, often because researchers introduced their own terms rather than building on the existing literature » (p. 1125). Récemment, Friedrichsen *et al.* (2011) ont à leur tour noté que la définition des orientations pour l'enseignement est encore floue, puisque de multiples descriptions ont été données pour un même concept. Alors que certains chercheurs expliquent les orientations pour l'enseignement comme les buts et les objectifs de l'enseignement des sciences, d'autres chercheurs ont expliqué les orientations comme une vue générale de l'enseignement des sciences (Friedrichsen *et al.*, 2011). Pour notre part, nous avons fait le choix de ne pas introduire, autant que possible, de nouveaux concepts, mais de nous appuyer sur l'existant. Nous nous référons ainsi à la notion d'orientations exprimée dans le modèle de Magnusson *et al.* (1999) : d'une part, c'est le modèle que nous avons retenu pour l'étude des PCK, et d'autre part, nous pensons que cette notion correspond tout à fait au sens que l'on souhaite mettre derrière. Toutefois, dans notre recherche, nous nous attachons à bien clarifier et caractériser ce que nous entendons par orientations pour les DI (une orientation pour l'enseignement des sciences, spécifique) pour démêler l'ambiguïté de ce terme.

Pour caractériser les orientations de l'enseignant pour les DI, nous nous appuyons sur le *modèle ESFI* qui identifie *six dimensions* critiques : l'origine du questionnement, la nature du problème, la responsabilisation des élèves, la prise en compte de la diversité des élèves, le développement de l'argumentation, et l'explicitation des buts et des savoirs qui sont visés à travers les DI (§ 2.1.2). Nous proposons alors de situer les orientations de l'enseignant pour les DI dans cet espace à six dimensions. De ce fait, nous considérons que les orientations pour les DI correspondent à une vue et à une conceptualisation générale de l'enseignement fondé sur les DI par rapport à ces dimensions. Autrement dit, les orientations pour les DI sont à la fois : une vue de l'enseignant sur l'origine du questionnement en DI, sur la nature des problèmes basés sur des DI qu'on peut mettre en œuvre en classe, sur la responsabilité qu'on peut attribuer aux élèves au cours des DI, sur la prise en compte de la diversité des élèves lors des DI, sur l'argumentation scientifique au cours des DI, et sur l'explicitation des buts et des savoirs acquis en DI. Ces vues seront identifiées, d'une part, à travers les ressources-filles de l'enseignant conçues pour la mise en place de DI, et d'autre part, à travers la mise en œuvre de ces ressources en classe. Dans le chapitre suivant (§ 3.4.6), nous explicitons notre méthodologie d'analyse des connaissances professionnelles, notamment des orientations pour les DI, et nous développons davantage la mise en relation entre les orientations pour les DI et le modèle ESFI.

Par ailleurs, nous considérons que les orientations d'un enseignant pour les DI peuvent englober des éléments personnels, mais aussi des éléments partagés et admis au sein d'une communauté particulière. La recherche suggère, en effet, que les orientations pour l'enseignement des sciences peuvent changer avec l'expérience d'enseignement et en fonction du contexte d'enseignement (Brown *et al.*, 2009). De même, nous considérons que les orientations pour les DI sont inévitablement modelées par l'expérience personnelle et professionnelle de l'enseignant, mais également par ses interactions collectives au sein de *communautés* diverses (§ 2.4.3). Elles peuvent aussi changer selon le contexte d'enseignement, mais nous supposons que notre caractérisation de ces orientations par rapport aux six dimensions du modèle ESFI qui, elles, représentent un continuum de quatre niveaux (§ 2.1.2) nous permet de tenir compte de ces changements.

Ainsi, nous avons proposé dans cette partie une caractérisation des orientations pour les DI exploitant le modèle ESFI. Comme les PCK, ces orientations pour les DI sont des connaissances professionnelles qui nourrissent la documentation de l'enseignant (§ 2.2.1) et s'en alimentent. En ce sens, elles sont des *connaissances ouvragées* (§ 2.3.1). Par conséquent, nous considérons que lorsque l'enseignant conçoit et met en œuvre des ressources-filles basées sur des DI, il ne le fait pas en se référant uniquement à des connaissances disciplinaires (SMK) et des PCK, mais aussi en fonction de ses orientations pour les DI.

Caractérisation des PCK à partir du savoir : la modélisation

Nous proposons ici de caractériser les PCK à partir du savoir. Nous avons vu que les PCK sont, par définition, liées au savoir (§ 2.3.3). Nous supposons donc que l'analyse du savoir nous permet, entre autres, de caractériser les PCK. De fait, afin de caractériser les PCK

à partir du savoir, nous nous appuyons sur un cadre théorique issu de la didactique de la chimie, à savoir la *modélisation* (Le Maréchal, 1999).

L'importance de la modélisation dans l'enseignement scientifique a été décrite à de nombreuses reprises (Martinand, 1992 ; Tiberghien, 1994). Elle pose la question des rapports entre concret et abstrait, et de l'articulation entre expérimental et théorique. Elle est souvent traduite par le fait que les modèles sont des produits de l'activité scientifique, permettant aux scientifiques de dépasser la simple description des faits, de mettre en relation la perception des phénomènes et le recours aux formalismes théoriques (Le Maréchal & Bécu-Robinault, 2006). Dans l'apprentissage de la physique, Tiberghien (1994) distingue deux mondes : le monde des objets et des événements (aspects observables du monde matériel), et celui des théories et modèles (éléments théoriques : principes, paramètres, quantités).

Le Maréchal (1999) reprend, pour la chimie, une approche voisine de celle décrite pour la physique. Selon lui, le fait que les théories et les modèles en chimie reposent sur une description de la structure et des propriétés d'entités microscopiques (atomes, molécules, ions) qui ne sont pas observables, constitue une des spécificités de la chimie. Il modélise ainsi le fonctionnement de la chimie en distinguant plusieurs mondes, le *monde perceptible* et le *monde des théories et modèles*, auquel correspond un *monde non-perceptible* (ou monde reconstruit) (voir Figure 5). Suivant cette modélisation, les objets, les événements visibles et les propriétés du monde perceptible sont distingués séparément de ceux du monde non perceptible dans le niveau théorique, constitué par exemple d'objets, tels que les atomes et les molécules, mis en jeu dans des événements tels que les réactions chimiques. Par exemple, constater qu'une solution change progressivement de couleur est un événement d'ordre perceptif. Décrire cet événement en termes d'ions, de molécules, de chocs entre particules, consiste à se placer dans le monde non perceptible. Des liens entre mondes perceptible et non perceptible doivent pour cela être établis.

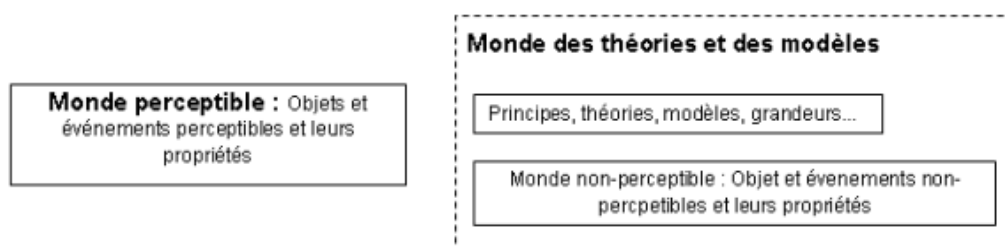


Figure 5. Représentation des différents mondes en chimie : le monde perceptible, non perceptible, et théorique (Le Maréchal, 1999)

Ainsi, la référence à ce processus de modélisation nous permet d'analyser les savoirs mis en jeu dans les situations d'enseignement, mais aussi les connaissances de l'enseignant. Par exemple, lors de son enseignement, un professeur en chimie tantôt alterne entre les différents mondes et tantôt effectue un lien entre eux. Il est intéressant alors d'examiner les niveaux de modélisation de l'enseignant par comparaison à ceux de l'élève, ce qui peut être indicatif et révélateur d'une mobilisation de PCK.

2.3.7. Conclusion

Comme le souligne Bucat (2005), il ya une grande différence entre la connaissance d'un contenu disciplinaire et la connaissance sur l'enseignement et l'apprentissage de ce contenu (PCK). Nous considérons les PCK comme un outil fructueux pour comprendre les connaissances des enseignants, d'où notre intérêt vis-à-vis de ce concept. Deux catégories de PCK retiennent notre attention dans le cadre de notre recherche : les PCK/stratégie et les PCK/compréhension des élèves issues du modèle de Magnusson *et al.* (1999).

Sur la base de la rareté des études empiriques portant sur les orientations de l'enseignement des sciences dans la littérature existante, notre étude vise à examiner de plus près une orientation spécifique, à savoir les *orientations de l'enseignant pour les DI*. Nous avons proposé d'écarter ces orientations des composantes de PCK du modèle de Magnusson *et al.* (*ibidem*) avançant qu'elles sont indépendantes d'un savoir spécifique. Pour caractériser ces orientations, nous avons suggéré une mise en relation avec le modèle ESFI. Par ailleurs, nous examinons ces orientations à travers les ressources-filles de l'enseignant et leur mise en œuvre en classe, allant au-delà du seul discours de l'enseignant et donc du niveau déclaratif.

Nous considérons que les connaissances professionnelles de l'enseignant (les PCK et les orientations pour les DI) ont une double nature, indissociablement individuelle et collective. Elles sont conçues comme étant aux prises avec la documentation de l'enseignant qu'elles régulent, à laquelle elles donnent un sens et à partir de laquelle elles peuvent être modifiées. La façon dont nous avons pensé la relation entre ces deux connaissances sera davantage explicitée dans le chapitre suivant (§ 3.4.6). Nous proposons dans la section suivante d'aborder la dimension collective de la documentation de l'enseignant.

2.4. Travail collectif et système d'interactions des enseignants

Nous introduisons cette partie par une revue de différents travaux de recherche portant sur le travail collectif enseignant et ses effets sur le développement professionnel des enseignants concernés, en particulier dans un contexte de DI (§ 2.4.1). Nous présentons ensuite différentes *formes de travail collectif* (§ 2.4.2). Nous faisons le choix de la *théorie de l'activité* pour l'étude des aspects collectifs du travail de l'enseignant, et nous proposons une caractérisation des *communautés*, auxquelles appartient l'enseignant, à partir des concepts de *collectif de pensée* et de *style de pensée* (§ 2.4.3). Nous proposons ensuite le concept de *système d'interactions* pour rendre compte de l'ensemble des interactions collectives de l'enseignant au sein de différentes communautés et nous suggérons une *modélisation* de ce système (§ 2.4.4). Nous faisons l'hypothèse que les systèmes d'activité d'un enseignant sont en interaction et nous parlons d'*interférence* des systèmes d'activité pour mettre en évidence les liens qui les articulent (§ 2.4.5).

2.4.1 Travail collectif et développement professionnel : état des lieux

De nombreuses études réalisées à propos de l'enseignement ont montré que le travail collectif est l'un des moteurs du développement professionnel des enseignants. Nous nous attachons dans cette partie à mettre en lumière quelques-unes concernant aussi bien la formation initiale que la formation continue des enseignants.

La question des collectifs des professeurs, dans la formation initiale et continue, a donné lieu à de nombreux travaux de recherche dont certains concernent le développement des DI dans les classes. Le projet LCM (*Learning Communities in Mathematics*, Jaworski *et al.*, 2007), qui associe des enseignants et des chercheurs en didactique des mathématiques, est dédié à une formation visant le développement des DI (*inquiry*) dans les classes des enseignants qui en sont membres. Ce projet a abouti à l'introduction du concept de « communauté d'investigation » (*inquiry community*) et a mis en évidence le lien entre collectifs et DI. En effet, à travers ce projet, le travail collectif s'est avéré déterminant pour le développement des pratiques professionnelles tournées vers les DI. Par ailleurs, dans le cadre d'une formation continue pour l'enseignement des mathématiques et des sciences physiques, Coppé & Tiberghien (2010) ont étudié l'impact du travail collectif au sein des groupes de recherche-développement SESAMES qui réunissent des enseignants et des chercheurs en didactique. Ces auteures soulignent que les effets du travail collectif ont porté sur les pratiques des enseignants membres de ces groupes, et sur leurs connaissances professionnelles. En fait, la majorité des enseignants affirment avoir changé leur propre pratique d'enseignement, en particulier dans leur rapport avec leurs élèves, en traitant leurs erreurs différemment, en leur laissant plus de temps de travail autonome et en tenant compte de leur niveau. Ceci rejoint donc une modification des pratiques dans le sens des DI. Gueudet *et al.* (2011) mettent en évidence des résultats comparables dans le cadre du projet Pairform@ance¹⁶, un programme national de formation continue, et montrent ainsi que le travail collectif se révèle efficace en termes d'évolution des pratiques et des connaissances professionnelles des enseignants concernés. Ces études, qui concernent des collectifs « hybrides » formés de chercheurs en didactique et d'enseignants, recourent d'ailleurs une conclusion de Rogalski (2005) qui indique que les effets d'un travail collectif portent à la fois sur les pratiques et sur les conceptualisations.

Dans le champ de la formation initiale, Leroy (2011) aborde la question du travail collectif enseignant comme facteur du développement professionnel. Elle insiste plus particulièrement sur le rôle du conflit sociocognitif au sein d'un groupe d'enseignants stagiaires participant à un dispositif de formation visant à inciter les enseignants à mettre en œuvre des DI dans leurs classes. L'étude montre que la création d'un conflit sociocognitif entre les enseignants impliqués dans le collectif fait évoluer leurs pratiques dans la perspective de DI.

¹⁶ Pairform@nce propose une formation sur l'utilisation des TICE (Technologies de l'Information et de Communication pour l'Enseignement) à destination des enseignants du premier et du second degré ; <http://www.pairformance.education.fr>

Par ailleurs, de nombreuses études montrent que les interactions informelles entre les enseignants constituent une importante source d'évolution de leurs pratiques (Grangeat & Gray, 2007 ; Piot, 2005). A cet égard, Grangeat *et al.* (2009) notent : « les discussions fréquentes ou les actions communes, souvent menées de manière informelle, transforment les conceptualisations et ces dernières sous-tendent de nouvelles manières d'agir et de penser » (p. 157-158).

Ainsi, les travaux de recherche que nous venons de présenter confirment ce que souligne Tardif (2007) : plutôt que d'opposer le travail en classe et le travail collectif des enseignants, il s'agit de voir comment les pratiques et les conceptions pédagogiques développées en classe s'articulent avec le travail collectif hors classe.

2.4.2 Formes de travail collectif

Le travail collectif est varié et multiforme. Nous nous attachons dans cette partie à mettre en évidence une diversité de formes de travail collectif qui renvoie à un champ très vaste dans lequel s'inscrivent notamment les concepts de travail « coopératif » et de travail « collaboratif ».

Si Dillenbourg (1999) souligne, dans une revue de littérature, que *collaboration* et *coopération* sont parfois utilisées de manière synonyme, il précise que certains chercheurs fondent la différence entre les deux notions sur le degré de division du travail. Par exemple, Roschelle & Teasley (1995) considèrent que le travail coopératif implique une division du travail entre les participants, chacun étant responsable d'une partie du problème à résoudre. Dans ce cas, les sous-tâches sont accomplies de manière individuelle, et souvent de manière asynchrone, puis les résultats de ce travail sont ensuite assemblés en un produit final. En revanche, pour ces auteurs, la collaboration « est une activité synchrone et coordonnée et qui résulte de la tentative continue de construire et de maintenir une conception partagée du problème » (p.70, notre traduction). Les participants s'engagent alors tous dans les mêmes tâches, en se coordonnant, afin de résoudre le problème ensemble.

Cela recoupe la distinction établie par Rogalski (1994) entre collaboration et coopération, deux formes d'engagement différentes selon la répartition des tâches dans un travail impliquant plusieurs acteurs. Cependant, afin de pouvoir étudier le travail collectif, Rogalski (*ibidem*) ajoute, à ces deux formes, une autre dimension du travail collectif, à savoir la coaction. De fait, elle montre que le travail collectif s'organise selon trois modalités, reprises ensuite par Grangeat (2011c) :

- la *collaboration* : elle intervient dans les situations où les sujets partagent la même tâche. Il s'agit ici, pour les acteurs, de coordonner leurs actions. Dans l'enseignement, c'est le cas, par exemple, des professeurs en chimie d'un même établissement puisqu'ils enseignent le même programme avec des objectifs et des démarches spécifiques à leur discipline ;
- la *coopération distribuée* : elle intervient dans les situations où les sujets effectuent des tâches différentes, cependant leurs activités concourent à atteindre un même objectif. C'est le cas, par exemple, des enseignants de différentes disciplines d'un même établissement qui coopèrent entre eux ;

- la *coaction* : elle intervient dans les situations où les sujets partagent un espace de travail ou un ensemble de matériels. Ici les activités des sujets s'effectuent en parallèle et sont indépendantes, mais aussi en forte interaction du fait des contraintes matérielles. C'est le cas, par exemple, des enseignants de différentes disciplines qui partagent le même laboratoire ou la même salle informatique.

Tout en maintenant comme modalité du travail collectif, l'activité coopérative orientée vers un même but à atteindre, Gronier (2006), dans le champ de la psychologie ergonomique, introduit deux nouvelles formes de ce travail : la coordination et la communication. Il considère de ce fait trois processus, intimement liés, qui régissent le travail collectif :

- la *coopération* : elle n'implique pas obligatoirement l'exécution de tâches en commun, même si celles-ci convergent toujours vers un objectif unique. La manière de concourir à l'atteinte du même but laisse à la coopération plusieurs manières d'y arriver (sous forme d'activités parallèles, d'activités conjointes, etc.) ;
- la *coordination* : elle constitue le complément indispensable de l'activité de coopération. Elle est l'ordre par lequel la coopération s'assure d'être efficace, et apparaît donc comme une condition du processus de coopération ;
- la *communication* : elle est décrite comme indispensable à la dimension collective du travail. Plus précisément, ce sont les communications verbales qui sont privilégiées dans le cadre de l'étude du travail collectif.

Par ailleurs, en ce qui concerne le travail collectif des enseignants, Barrère (2002) en identifie trois modalités, à partir d'une enquête qualitative menée auprès de quarante enseignants de collèges et de lycées : le travail obligatoire des réunions pédagogiques, le travail sur projets et les échanges informels. La première forme de travail collectif correspond aux « conseils d'enseignement » et surtout aux « conseils de classe » prescrits par l'institution. La deuxième forme de travail collectif, le travail sur projets, illustre l'engagement de plusieurs enseignants dans un projet collectif interdisciplinaire. Enfin, la dernière forme de travail collectif concerne les échanges informels en dehors de la classe.

Ainsi, les manières d'aborder le travail collectif s'avèrent multiples, mais complémentaires. Cette revue de littérature met en évidence la variété des termes employés pour décrire une activité collective, reflétant la variété des formes que peut prendre cette activité. La distinction entre travail coopératif et collaboratif paraît même délicate, en particulier pour une activité qui alterne des phases synchrones et asynchrones, et, très souvent, mixe ces deux aspects selon la tâche considérée. C'est pourquoi, d'autres auteurs (George, 2001 ; Jermann & Dillenbourg, 1999) optent pour un terme plus général, le terme « collectif ».

Dans notre travail, nous employons le terme générique « travail collectif ». Toutefois, sous cette appellation générique, le travail collectif peut revêtir, comme nous venons de le présenter, plusieurs formes pour que soit accompli un but en commun. Parmi ces formes, nous portons une attention spécifique à la collaboration et à la coopération qui nous permettent, en fonction de la division du travail, de caractériser et de décrire plus finement le travail collectif des enseignants.

Nous considérons, en adoptant la définition du travail collectif proposé par Grangeat (2011c), que « le travail collectif n'implique pas nécessairement une équipe, une communication en face-à-face ou même une régularité : il est déterminé par l'existence d'une mission ou d'un projet commun ou par la nécessité de partager des connaissances ou des ressources » (p. 80). C'est l'existence d'un but commun à l'ensemble des acteurs engagés dans le travail collectif qui est donc le déterminant de l'occurrence de ce type de travail. Ceci suppose une manière particulière pour les acteurs d'organiser les interactions et d'intégrer leurs actions en vue d'atteindre un but commun.

Dans ce qui suit, nous présentons la *théorie de l'activité* (Engeström, 1999) qui est susceptible de rendre compte des caractéristiques déterminant cette manière particulière, et de l'existence d'un but commun aux acteurs concernés par le travail collectif.

2.4.3 La théorie de l'activité

Nous introduisons ici la *théorie de l'activité* que nous exploitons pour l'étude des aspects collectifs du travail de l'enseignant, puis nous nous centrons sur un concept de base de cette théorie, à savoir le *système d'activité*. Enfin, nous proposons de caractériser la communauté, une composante du système d'activité, par des concepts issus de la philosophie des sciences : le *style de pensée* et le *collectif de pensée*.

Comme nous venons de le voir, l'existence d'un but commun est un des critères les plus importants de l'occurrence du travail collectif. C'est la base, la condition *sine qua non* de ce type de travail. Afin de prendre en compte cette condition, la théorie de l'activité (Engeström, 1999) nous semble particulièrement adaptée puisqu'elle permet de définir l'activité en fonction de ses buts. En effet, les questions centrales de la théorie de l'activité restent l'objet (le but), c'est ce qui lie les actions individuelles à l'activité collective.

La théorie de l'activité propose de décrire et de comprendre une activité comme un processus social de développement. Issue de l'approche fondatrice (perspective historico-culturelle) de Vygotsky (1920), développée ensuite par Leontiev (1978) et élargie par Engeström (1987) aux situations de travail complexes et collectives, cette théorie permet de décrire l'activité humaine dans son contexte réel et d'examiner toutes les relations qui l'influencent. Elle situe l'activité, les apprentissages et la conscience dans une matrice sociale composée d'individus et d'artefacts, gorgés de culture. Dans cette approche, l'étude des interactions est essentielle. De nombreux auteurs ont, en effet, exploité cette théorie pour analyser les situations d'apprentissage en classe (e.g. Bellamy, 1996 ; Cerulli *et al.*, 2008). D'après cette théorie, les actions des sujets sont orientées par des buts afin d'atteindre des résultats. Un *système d'activité* peut être défini pour chaque but.

Système d'activité

Nous présentons ici le modèle du *système d'activité* proposé par Engeström (1999) et nous explicitons les différentes *entités* de ce système. Nous justifions également le choix de la théorie de l'activité, en particulier l'intérêt du modèle du système d'activité au regard de notre objet d'étude.

Pour Engeström (1999), l'activité est le fruit d'une interaction entre différentes *entités* représentées au sein d'un système d'activité qui définit l'unité d'analyse de cette activité. Dans ce cadre, l'activité d'un individu est sous-tendue par son système d'activité, ou plutôt par ses systèmes d'activité qui correspondent à chaque situation de travail (voir Figure 6).

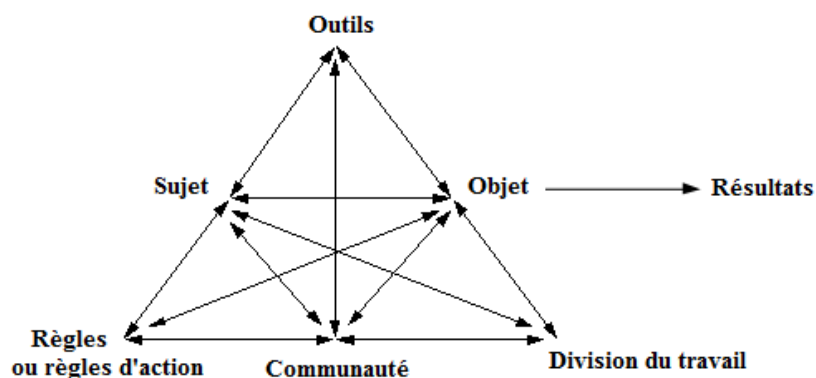


Figure 6. Représentation du système d'activité de l'individu au travail

Les différentes *entités* du système d'activité sont :

- l'*objet* ou le but qui va orienter l'activité ;
- le *résultat* de l'activité, vers lequel est projeté l'objet de l'activité. Dans le cadre de cette théorie, une activité est une forme d'agir dont l'objectif est de transformer un objet en un résultat. Ainsi, le résultat peut être l'atteinte de l'objet ou la transformation de l'objet de départ ;
- le *sujet* : dans notre étude, il s'agit de l'enseignant ;
- la *communauté* : elle correspond à l'ensemble des individus qui partagent le même objet. Dans le cadre de notre étude, nous considérons deux types de communautés dans lesquelles l'enseignant est impliqué : la « communauté de classe » (l'enseignant avec ses élèves) et la « communauté professionnelle » (l'enseignant avec d'autres collègues). Parmi les communautés professionnelles, nous distinguons les communautés « naturelles » ou « spontanées » (des enseignants d'un même établissement qui collaborent ensemble), et les communautés « intentionnelles » fondées sur un projet commun à leurs membres (par exemple des communautés, associant seulement des professeurs ou impliquant également des formateurs, des chercheurs, visant la conception de ressources, la formation initiale ou continue, etc.) ;
- les *outils* : ils servent de médiateurs entre le sujet et l'objet ou entre la communauté et l'objet (dans ce cas, il s'agit respectivement du sous-système « sujet-outils-objet » ou du sous-système « communauté-outils-objet »), ou aussi entre le sujet et la communauté (au sein du sous-système « sujet-outils-communauté ») (voir Figure 6). Ils peuvent être matériels ou symboliques (par exemple le langage). Dans notre étude, nous nous intéressons aux outils parmi lesquels les *ressources* (§ 2.2.1) mobilisées par l'enseignant dans son activité occupent une place prépondérante ;
- les *règles* : elles correspondent aux règlements, normes et habitudes explicites ou implicites qui limitent les actions et les interactions au sein du système d'activité. Elles régissent la relation entre le sujet et la communauté et font alors partie du sous-

système « sujet-communauté-règles » (voir Figure 6). Nous envisageons que, outre les règles employées au sein de la communauté, il est possible de considérer une autre catégorie de règles qui nous intéresse et que nous nommons les « *règles d'action* ». Celles-ci correspondent à des règles qui guident, régulent et orientent l'activité du sujet (ici c'est l'enseignant) dans le but d'atteindre un objet précis. Nous les considérons ainsi comme faisant partie du sous-système « sujet-objet-règles » (voir Figure 6, supra) ;

- La *division du travail* : elle renvoie à l'organisation de l'activité entre les membres de la communauté (le rôle que chaque individu de la communauté joue dans l'activité, la répartition des tâches au sein de la communauté). Elle peut consister en une collaboration ou/et en une coopération (§ 2.4.2).

Nous suivons Grangeat (2010) lorsqu'il souligne que l'évolution de l'organisation des systèmes d'activité et de leur étendue, notamment en fonction des règles (et des règles d'action), des ressources et de la communauté, marque le développement professionnel des individus dans le cadre du collectif.

Par conséquent, la théorie de l'activité constitue un cadre utile pour comprendre les aspects collectifs du travail de l'enseignant. En effet, ce qui nous a amené davantage à exploiter cette théorie, parmi d'autres, c'est que nous examinons dans notre étude les interactions collectives d'un professeur en chimie au sein de communautés variées dans lesquelles il travaille ses propres ressources au contact d'autres enseignants, de manière à embrasser, autant que faire se peut, son travail collectif (§ 1.5). Donc nous considérons un enseignant et nous examinons la diversité de communautés avec lesquelles il interagit (ce principe est différent de celui de regarder, dans une communauté précise et rigide, des enseignants). Or le modèle du système d'activité nous permet d'observer un enseignant et de saisir la diversité d'interactions qu'il entretient, dans le contexte de son activité, au sein de différentes communautés (des « communautés de classe » et des « communautés professionnelles »). Ainsi, ce modèle nous semble pertinent vis-à-vis de notre objet d'étude, ce qui justifie donc notre choix de la théorie de l'activité.

Nous avons vu qu'au sein de cette théorie, l'activité est en relation avec la communauté à laquelle appartient le sujet, par les règles, par les outils, et par l'organisation collective (la division du travail). La communauté est donc considérée comme l'un des éléments de l'environnement du professeur, explicatif de son activité. Ainsi, identifier la communauté dont l'enseignant fait partie nécessite de caractériser cette communauté. C'est ce que nous tentons d'explorer dans la section suivante.

Caractériser une communauté : style de pensée et collectif de pensée

Pour caractériser une communauté, nous empruntons à la philosophie des sciences les concepts de *collectif de pensée* et de *style de pensée* (Fleck, 2005), et nous proposons une mise en relation entre ces concepts et ceux de la théorie de l'activité en montrant le rapport entre les règles, la division du travail, les outils de la communauté d'un côté, et le style de pensée de cette communauté de l'autre.

Fleck (2005) reconnaît l'influence du social sur la connaissance et affirme qu'il s'agit d'une influence positive. Il considère que le véritable créateur d'une nouvelle idée n'est pas un individu mais le *collectif de pensée* : « si nous définissons un collectif de pensée comme la communauté des personnes qui échangent des idées ou qui interagissent intellectuellement, alors nous tenons en lui le vecteur du développement historique d'un domaine de pensée, d'un état du savoir déterminé et d'un état de culture, c'est-à-dire d'un style de pensée particulier » (p. 74). Fleck affirme que la connaissance ne peut émerger qu'à l'intérieur d'un collectif de pensée, donc elle ne peut être produite que collectivement : « la totalité des connaissances disponibles et l'interaction intellectuelle collective agissent sur tout acte constitutif de la connaissance, acte qui, de toute façon, sans ces dernières, est par principe impossible » (p. 80). En effet, selon Fleck, aucun acte cognitif n'est possible sans facteur social. D'ailleurs, l'expression « acte cognitif » n'a de signification pour lui que lorsqu'elle est en relation avec un collectif de pensée. Fleck distingue deux types de collectif de pensée : les collectifs de pensée *momentanés*, disponibles quand deux ou plusieurs personnes échangent des pensées, ils sont produits au hasard et apparaissent puis disparaissent à chaque moment, et les collectifs de pensée *stables* qui se constituent en particulier autour de groupes sociaux organisés. Fleck note effectivement qu'un individu fait précisément partie de plusieurs collectifs de pensée. Mais plutôt que d'y voir une « difficulté », il note surtout que c'est cette pluralité d'appartenance qui permet sans doute d'expliquer la possibilité de découvertes scientifiques. Chaque circulation d'idées entre collectifs de pensée a pour conséquence un déplacement ou un changement de la valeur de la pensée. C'est ainsi que peuvent apparaître des nouveautés : « nous avons tenté de décrire l'expert créatif comme la personification de l'intersection de différents collectifs de pensée et de différentes lignes de développement de pensée et comme le centre personnel de nouvelles pensées » (p. 152).

Le collectif de pensée est, selon Fleck, le porteur communautaire d'un *style de pensée*, lequel correspond à l'ensemble des normes, des principes, des concepts et des valeurs propres à l'ensemble des savoirs et des croyances à une époque donnée. Le caractère essentiel du style de pensée est, selon Fleck, qu'il détermine ce qui ne peut pas être pensé autrement. Le style de pensée représente la totalité de ce qui est intellectuellement disponible, la disposition pour telle manière de voir ou d'appréhender et non pas telle autre ; et plus encore il « renvoie à la fois à un état d'esprit particulier et au travail qui permet de donner corps à cet état d'esprit » (p. 172).

Ainsi, une communauté au sens d'Engeström (1999) peut être considérée comme un collectif de pensée (momentané ou stable) qui partage un certain style de pensée. Elle se constitue par l'émergence, à un moment donné, d'un but commun. Or dans le modèle du système d'activité d'Engeström, la communauté obéit à et suit des règles qui régissent son fonctionnement, elle organise aussi la division du travail entre ses membres et mobilise des outils en vue d'atteindre le but visé et au-delà les résultats attendus. Donc la question qui se pose d'emblée est de savoir la relation qui peut exister entre les règles de la communauté, la division du travail, les outils d'un côté et son style de pensée de l'autre. C'est un point qui nous paraît, en effet, essentiel à travailler.

La définition du concept de style de pensée que nous venons d'avancer nous permet de penser ce concept comme un système de *métarègles* : ce sont les règles qui permettent de définir les règles spécifiques de la communauté, la façon dont le travail est divisé ainsi que les outils essentiels à mobiliser. Plus précisément encore, nous postulons qu'il existe une *relation*

dialectique entre le style de pensée d'une communauté d'une part, les règles, la division du travail et les outils utilisés par les individus de cette communauté d'autre part : le style de pensée, en tant que métarègles, détermine les règles de la communauté, l'organisation du travail (la division du travail), et les outils par l'intermédiaire desquels les membres de la communauté agissent. En retour, les règles, la façon dont le travail est organisé et divisé, et les outils mobilisés par la communauté, notamment les ressources, contribuent à forger le style de pensée de la communauté. Cette mise en relation nous permet ainsi de penser une nouvelle forme du modèle du système d'activité qui tient compte du style de pensée de la communauté (voir Figure 7) : comme métarègles, le style de pensée chapeaute le répertoire de règles disponibles, les outils ainsi que la manière dont le travail est divisé ; il influe sur et il est façonné à son tour par ces éléments. Ainsi, suivant ce modèle, le système d'activité de l'enseignant est influencé par (et influe également sur) le style de pensée de la communauté dans laquelle il est impliqué. Nous supposons alors que ceci a, en retour, des retombées sur les règles d'action de l'enseignant, sur les outils, en particulier sur les ressources que celui-ci exploite, et plus profondément encore sur ses connaissances professionnelles, notamment sur ses PCK et ses orientations pour les DI (§ 2.3).

Il convient de noter que quand nous parlons du style de pensée de la communauté et son influence sur le système d'activité d'un enseignant membre de cette communauté, nous utilisons le modèle du système d'activité que nous avons développé et qui rend compte du style de pensée et montre où celui-ci se situe par rapport aux autres entités du modèle (voir Figure 7). Toutefois, quand nous parlons globalement du système d'activité d'un enseignant sans faire allusion directement au style de pensée de la communauté, nous exploitons plutôt le modèle simplifié (voir Figure 6).

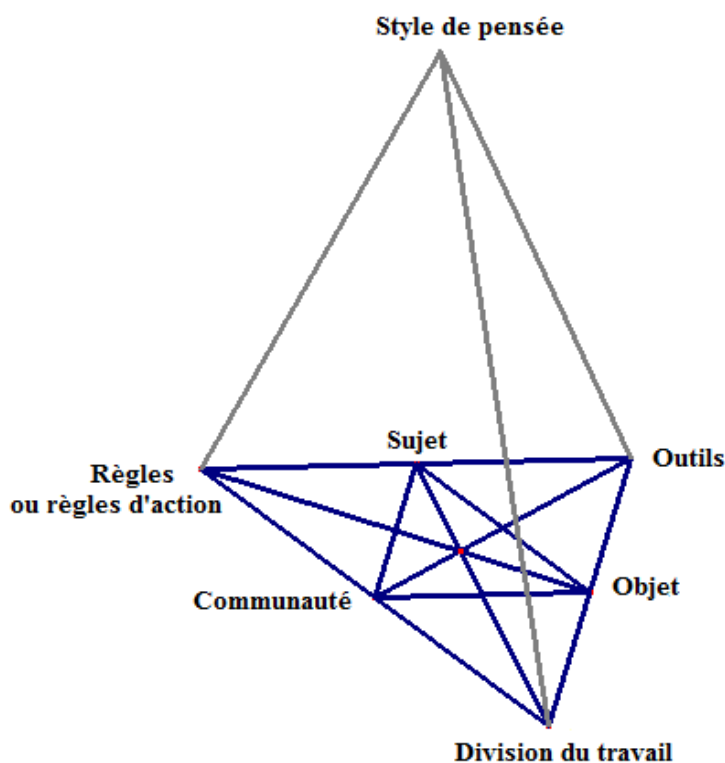


Figure 7. Représentation du système d'activité qui rend compte du style de pensée de la communauté

Ainsi, nous avons proposé dans cette partie une caractérisation de la communauté dont l'enseignant fait partie en exploitant les concepts de collectif de pensée et de style de pensée. Plus particulièrement, nous avons proposé une mise en relation entre les règles, la division du travail, les outils de la communauté d'une part, et le style de pensée porté par cette communauté, d'autre part. Cette mise en relation a débouché sur une nouvelle forme du modèle de système d'activité prenant en compte le style de pensée de la communauté. Nous avons également vu que, chez Fleck, c'est le fait que chaque individu appartient à plusieurs collectifs de pensée qui est à l'origine des nouvelles idées et connaissances. Or un enseignant prend souvent part à plusieurs communautés, donc comment peut-on rendre compte de cette pluralité d'appartenance ? Comment peut-on la décrire ? C'est ce que nous proposons d'étudier dans ce qui suit.

2.4.4 Vers un système d'interactions de l'enseignant

Dans cette partie, nous présentons ce que nous entendons par « *système d'interactions* » de l'enseignant. Dans un premier temps, nous proposons une définition de ce terme qui exploite la notion de système d'activité (§ 2.4.3). Dans un deuxième temps, nous proposons une *modélisation* du système d'interactions.

Définition du système d'interactions de l'enseignant

Pour rendre compte de la diversité d'interactions collectives de l'enseignant au sein de communautés variées, nous proposons d'introduire un concept, à savoir le *système d'interactions* de l'enseignant. Nous présentons ici la définition que nous conférons à ce concept et qui est pensée en lien avec le système d'activité.

Les aspects collectifs du travail enseignant sont divers. En effet, le travail des professeurs comporte une dimension collective qui n'est pas limitée aux interactions avec les élèves ; hors classe, le professeur interagit en particulier avec ses collègues. De ce fait, il développe des ressources et des connaissances au sein de « communautés de classe » et de « communautés professionnelles ». Nous supposons que ses PCK et ses orientations pour les DI sont issues en grande partie de ses interactions collectives. Nous avons vu d'ailleurs que l'action de l'enseignant est sous-tendue par des systèmes d'activité (§ 2.4.3), chacun correspondant à une situation de travail impliquant une communauté particulière et tributaire d'un but précis. Donnons quelques exemples de ces systèmes d'activité pour un professeur en chimie : un système d'activité lié à l'action de ce professeur en classe où une « communauté de classe » est en jeu et où le but correspond à l'enseignement d'un contenu chimique particulier ; un système d'activité lié à son action hors classe au sein d'une « communauté professionnelle » qui implique ses collègues de l'établissement ; un système d'activité correspondant à sa participation à une autre « communauté professionnelle » visant une formation continue, etc. Ainsi, au sein de chaque système d'activité, l'enseignant interagit avec une communauté spécifique en vue d'atteindre un but précis. De ce fait, le travail de l'enseignant ne se réduit pas aux situations d'interactions avec les élèves en classe, ce qui fait de lui un objet d'étude complexe puisqu'il met en relation plusieurs processus interdépendants relevant de plusieurs

contextes avec lesquels l'enseignant interagit. Il s'agit donc à la fois de comprendre et de modéliser les interactions collectives de l'enseignant.

Nous faisons l'hypothèse que les systèmes d'activité de l'enseignant, qui rendent compte de l'ensemble de ses interactions collectives au sein de différentes communautés, ne sont pas isolés les uns des autres, mais ils sont liés entre eux. Nous proposons alors de qualifier l'ensemble des systèmes d'activité de l'enseignant et les relations qui les unissent de *système d'interactions*. Le système d'interactions de l'enseignant est donc formé de la multiplicité, de la diversité des systèmes d'activité liés à l'enseignement et des liens qui les articulent. Notre emploi de ce terme se justifie par le fait que c'est la présence de différentes communautés qui est bel et bien en jeu dans l'activité de l'enseignant. Mais comment modélise-t-on ce système qui est d'autant plus complexe que les systèmes d'activités de l'enseignant sont variés et en interaction ?

Modélisation du système d'interactions de l'enseignant

Nous avons précisé dans la partie précédente ce que nous entendons par système d'interactions. Nous proposons dans cette partie une *modélisation* de ce système qui explicite la nature des interactions collectives de l'enseignant au sein de communautés variées ainsi que les *liens* entre ses systèmes d'activité.

Penser le système d'interactions de l'enseignant nous amène à préciser la nature des interactions que celui-ci entretient avec les différentes communautés au sein de ses systèmes d'activité. Ceci soulève, cependant, plusieurs points d'interrogation. Une question que l'on pourrait se poser est de savoir ce qu'on considère comme système d'activité de l'enseignant : est-ce qu'on ne peut identifier un système d'activité de l'enseignant que dans le cadre d'un travail collectif au sein d'une communauté ? En d'autres mots, que dire par exemple de l'action du professeur quand celui-ci travaille chez lui pour préparer son cours : est-ce que cette action se situe dans le cadre du système d'activité incluant une « communauté de classe » ? La même question se pose si l'enseignant travaille chez lui pour préparer son cours, mais en utilisant les ressources d'autres collègues de son lycée. Est-ce que cette action est liée à deux systèmes d'activité de l'enseignant dont le premier implique une « communauté de classe » et le deuxième une « communauté professionnelle », en particulier la « communauté du lycée » ? Dans ces deux cas, l'enseignant est physiquement seul, mais en même temps il est en contact avec les deux communautés, donc il est intéressant de prendre en considération de tels cas. Il est de même pour le cas d'un enseignant impliqué dans une communauté dont le travail collectif s'effectue principalement en ligne à partir de plates-formes à distance. Il faut ainsi penser un modèle du système d'interactions qui prend en compte toute cette complexité.

Nous avons défini le système d'interactions de l'enseignant comme étant formé d'une multiplicité de systèmes d'activité liés à l'enseignement et impliquant diverses communautés ainsi que des liens qui articulent ces systèmes. Nous modélisons un système d'activité (SA) sous forme de sphère qui baigne dans une sphère globale qui correspond au système d'interactions (SI) de l'enseignant (voir Figure 8). Bien entendu, le SA ne se réduit pas tout simplement à une sphère, c'est un ensemble d'entités en interaction (§ 2.4.3), il en est de même pour le SI, mais pour des raisons de modélisation et pour simplifier notre présentation,

nous avons fait ce choix. Chaque sphère de système d'activité concerne une communauté particulière avec laquelle l'enseignant interagit (pour approcher cette modélisation, nous avons illustré, comme exemple dans la Figure 8, trois SA impliquant trois communautés différentes).

Cependant, il y a des moments où l'enseignant est en activité sans être dans une sphère, il est tout de même en relation avec cette sphère. Reprenons les deux exemples que nous avons évoqués ci-dessus : quand l'enseignant travaille chez lui pour préparer son cours, nous considérons qu'il est en relation avec la sphère « SA classe ». De même, quand il prépare son cours en mobilisant les ressources de ses collègues du lycée, on peut dire qu'il est en relation avec les deux sphères « SA classe » et « SA lycée » (ici la communauté du lycée intervient à travers les ressources et non pas les collègues). C'est donc un moment où l'enseignant est en activité sans être à l'intérieur des deux sphères, sans être en contact direct avec elles. En revanche, il est en relation avec les deux sphères. Dans ce cas, il se situe dans ce que nous appelons *champ d'interactions asynchrones*. Nous considérons, de ce fait, deux types d'interactions de l'enseignant : des interactions *synchrones* qui se produisent en *temps réel*, l'enseignant est alors en contact direct avec la communauté (par exemple des interactions en classe avec les élèves, des interactions au cours des réunions, des discussions par téléphone, etc.) et des interactions *asynchrones* (qui ne sont pas directes et ne sont donc pas effectuées en même temps avec la communauté).

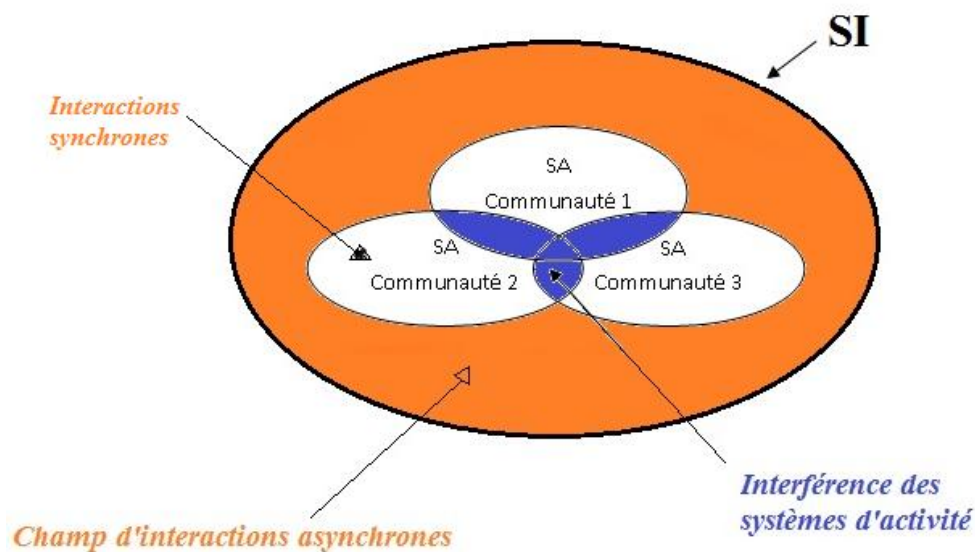


Figure 8. Modèle du système d'interactions (SI) de l'enseignant

Par conséquent, tout ce qui est interaction asynchrone se trouve dans la zone qui se situe entre les sphères de SA (champ d'interactions asynchrones), et tout ce qui est synchrone s'effectue à l'intérieur des sphères de SA. Notre hypothèse est que l'enseignant peut se trouver dans le champ d'interactions asynchrones en relation avec les sphères de SA, et faire beaucoup de choses. En fait, dans ce champ d'interactions, l'enseignant est plus ou moins attiré, influencé, par tel ou tel SA. Il y aura bien évidemment une activité de l'enseignant, un travail spécifique dans ce champ, il est donc important de lui accorder une place. En effet, dans le travail de l'enseignant, il y a toujours une part individuelle et une part collective. Même complètement seul, l'enseignant mobilise des ressources qui intègrent le style de

pensée de la communauté. Et même dans la communauté la plus accomplie, il y a toujours une part irréductiblement personnelle. Simplement, dans toute situation, le « curseur » est plutôt vers la communauté ou vers le personnel.

Ainsi, le modèle de SI que nous avons proposé permet de décrire le travail collectif de l'enseignant : il s'agit d'identifier les différents espaces de cette « sphère globale » que nous appelons SI. Autrement dit, il s'agit d'identifier les différents systèmes d'activité de l'enseignant et la nature des interactions qui sont en jeu. Qui dit collectif, dit interaction. Or les interactions sont parfois synchrones, dans ce cas elles se déroulent à l'intérieur d'un système d'activité, l'enseignant se trouve donc en interaction directe avec la communauté en vue d'atteindre un but commun. Les interactions peuvent être aussi asynchrones et l'enseignant est, en l'occurrence, en relation avec la communauté sans contact direct. Il se trouve alors dans le champ d'interactions asynchrones en relation plus ou moins forte avec un ou des systèmes d'activité.

Cependant, comme nous l'avons précisé, nous considérons que les systèmes d'activité de l'enseignant ne sont pas disjoints. Bien que l'enseignant fasse partie de plusieurs communautés, des relations peuvent exister entre ces communautés. Nous décrivons alors les liens entre les systèmes d'activité de l'enseignant en termes d'*interférence* (voir Figure 8, supra). Nous supposons que l'interférence des systèmes d'activité peut avoir lieu au niveau de différentes entités (§ 2.4.3) de ces systèmes. Dans ce qui suit, nous explicitons comment des systèmes d'activité peuvent être liés.

2.4.5. Interférence des systèmes d'activité de l'enseignant

Les systèmes d'activité d'un enseignant sont en interaction. Ils partagent le même sujet (le même enseignant), ce qui les relie alors d'emblée. D'autres liens unissent ces systèmes et induisent ce que nous avons nommé « *interférence des systèmes d'activité* ». Nous faisons l'hypothèse que l'interférence des systèmes d'activité d'un enseignant se fait au niveau des ressources, des règles ou du style de pensée (métarègles) (§ 2.4.3).

Dans un premier temps, nous explicitons l'interférence qui s'effectue au niveau des ressources. Nous abordons, dans un second temps, l'interférence qui peut avoir lieu au niveau des règles. Enfin, nous montrons l'interférence des systèmes d'activité au niveau du style de pensée.

Interférence des systèmes d'activité au niveau des ressources : mise en relation avec le cycle de vie d'un document

Nous explicitons ici l'interférence des systèmes d'activité qui s'effectue au niveau des ressources. Nous montrons comment cette interférence est pensée en relation avec le cycle de vie d'un document (§ 2.2.4).

Nous avons modélisé le travail de l'enseignant sur les ressources et le développement du document qui en résulte sous forme d'un cycle de vie d'un document (§ 2.2.4). Pour mettre en évidence l'interférence des systèmes d'activité d'un enseignant au niveau des ressources, nous proposons une mise en relation avec le cycle de vie d'un document. De ce fait, nous

considérons que trois étapes essentielles du cycle, à savoir la conception d'une ressource-fille, la mise en œuvre de la ressource-fille, et la réflexion sur la ressource-fille après usage, constituent les objets (buts) des systèmes d'activité de l'enseignant au sein de différentes communautés. En effet, nous avons fait le choix de ces trois étapes parce qu'elles sont susceptibles d'intégrer une dimension collective, et donc elles peuvent consister en des buts vers lesquels l'activité de l'enseignant est orientée au sein de communautés variées.

Nous illustrons par une représentation schématique l'interférence des systèmes d'activité d'un même enseignant telle que nous l'avons pensée en relation avec le cycle de vie d'un document (voir Figure 9). Suivant cette mise en relation, nous considérons que la conception d'une ressource-fille, une étape du cycle de vie d'un document, est un *objet* du système d'activité d'un professeur en chimie au sein d'une « communauté professionnelle » que nous désignons par « communauté 1 ». Celle-ci peut correspondre à la communauté de son lycée ; autrement dit, elle peut regrouper des professeurs de son lycée enseignant la même discipline. Elle peut aussi consister en un autre type, par exemple une communauté formée d'enseignants et de chercheurs en didactique visant la formation continue, etc. Pour concevoir une ressource-fille et atteindre ainsi ce but qui oriente l'activité de l'enseignant au sein de la « communauté 1 », des outils et en particulier des *ressources-mères* sont mobilisées. Le *résultat* de ce système d'activité est alors l'atteinte de l'objet de départ : une ressource-fille est donc produite.

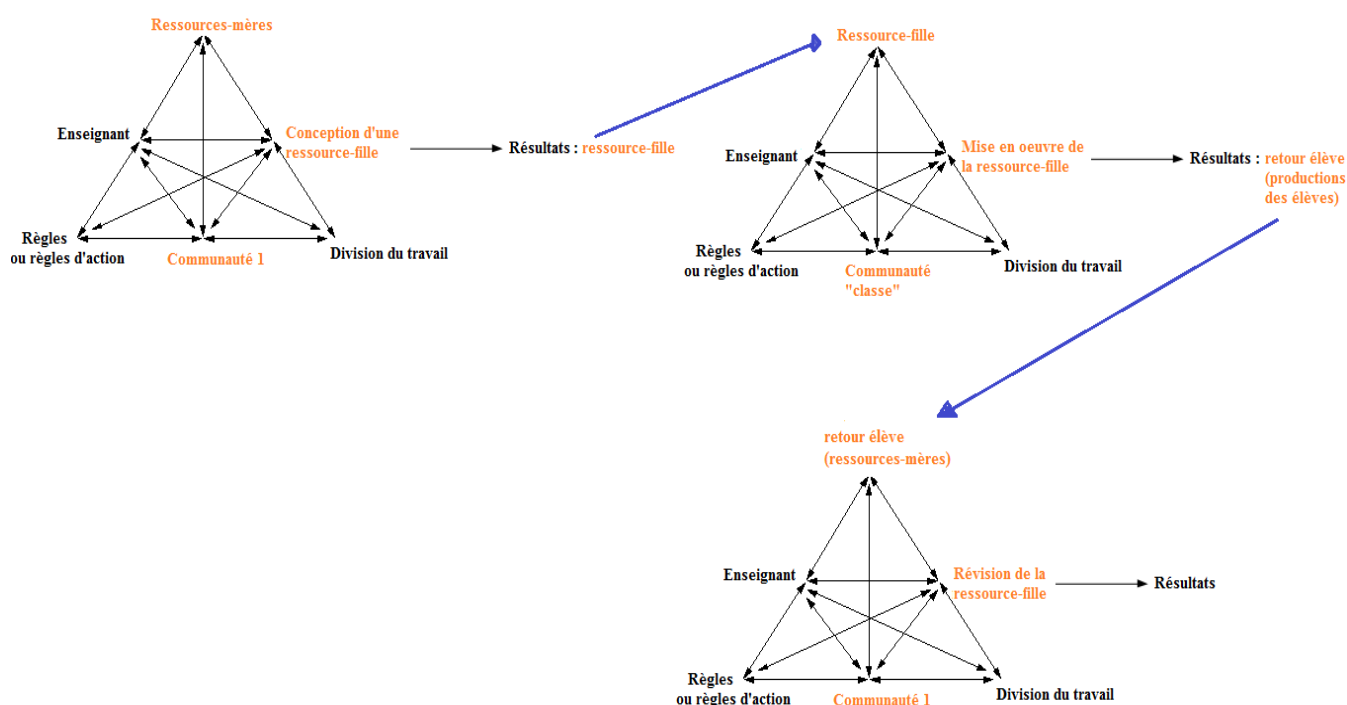


Figure 9. Interférence des systèmes d'activité d'un même enseignant au niveau des ressources

Par ailleurs, cette ressource-fille qui a émergé comme résultat de ce système d'activité est ensuite mise en œuvre par l'enseignant dans sa classe. Ainsi, le résultat qui consiste en une ressource-fille est transformé dans un autre système d'activité, du même professeur en chimie, qui est orienté cette fois-ci vers l'objet « mise en œuvre de la ressource-fille ». Ce système d'activité, dont l'objet renvoie à une autre étape du cycle de vie, implique une « communauté

de classe ». Dans ce système d'activité, la ressource-fille, qui correspond initialement au résultat du système d'activité au sein de la « communauté 1 », apparaît en tant qu'outil mobilisé, avec d'autres, par l'enseignant en classe. Ainsi, d'un résultat à un outil, la ressource-fille se déplace vers le système d'activité en classe où elle est intégrée sous une autre forme ou entité.

En outre, ce qui ressort comme résultat du système d'activité en classe correspond à un retour élève, ou en d'autres mots, à des productions d'élèves issues de la mise en œuvre de la ressource-fille. L'enseignant peut alors exploiter le retour élève et en discuter avec ses collègues pour nourrir la ressource-fille des effets observés. Ainsi, ce résultat est à son tour transformé en une autre entité, notamment en un outil, dans un autre système d'activité dirigé vers un objet qui concerne la révision de la ressource-fille, une étape du cycle de vie d'un document. Cet outil fait donc partie des ressources-mères qui seront exploitées par l'enseignant au sein de ce système d'activité en vue d'atteindre l'objet visé. Dans ce système d'activité, la « communauté professionnelle » qui partage cet objet peut être la « communauté 1 » qui a travaillé la conception de la ressource-fille, mais aussi elle peut concerner une autre communauté. Le résultat qui émerge de ce système d'activité peut être également transformé en une autre entité dans un autre système d'activité orienté vers un objet précis.

Ainsi, l'interférence des systèmes d'activité au niveau des ressources, mise en relation avec le cycle de vie d'un document, montre comment un résultat d'un système d'activité est intégré en tant qu'outil, associé à d'autres outils, dans un autre système. Le résultat se déplace ainsi d'un système d'activité à un autre et se transforme en une autre entité. Cependant, le résultat ou l'outil renvoie à chaque fois à une ressource particulière (ici par exemple, il s'agit de la ressource-fille et du retour élève), ce qui explique ainsi notre choix de considérer plus globalement que l'interférence s'effectue au niveau des ressources. Par ailleurs, nous faisons l'hypothèse que cette interférence nous permet de saisir l'évolution des ressources ainsi que des connaissances professionnelles de l'enseignant.

Interférence des systèmes d'activité au niveau des règles

Nous avons mis en évidence dans la partie précédente l'interférence des systèmes d'activité au niveau des ressources. Dans cette partie, il s'agit d'explicitier l'interférence des systèmes d'activité qui s'effectue au niveau des règles.

Nous supposons que les systèmes d'activité d'un même enseignant peuvent être aussi liés au niveau des règles (voir Figure 10). Considérons un système d'activité d'un enseignant qui implique une communauté que nous désignons par « communauté 1 ». Ce système d'activité comporte des règles spécifiques suivies par les membres de la communauté. Nous faisons l'hypothèse que ces règles peuvent se déplacer vers un autre système d'activité de l'enseignant où il s'agit d'une autre communauté que nous nommons « communauté 2 ». Elles sont alors intégrées dans ce système d'activité où elles apparaissent sous forme d'autres règles employées par la « communauté 2 » ou sous forme de règles d'action de l'enseignant. A titre d'exemple, le système d'activité d'un professeur en chimie en classe peut recevoir des règles provenant de son système d'activité au sein de la communauté de ses collègues de l'établissement enseignant la même discipline. En outre, les règles d'action de cet enseignant

qui guident et régulent son activité en classe peuvent également dériver des règles employées par les membres d'une communauté à laquelle il appartient.

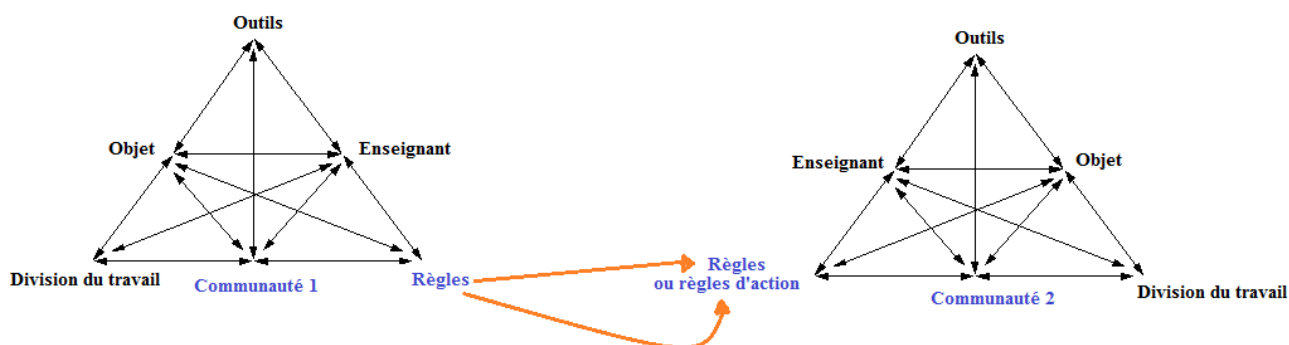


Figure 10. *Interférence des systèmes d'activité d'un même enseignant au niveau des règles*

Interférence des systèmes d'activité au niveau du style de pensée (métarègles)

Dans la continuité de ce que nous avons présenté dans les deux parties précédentes, nous proposons dans cette partie de mettre en évidence une interférence des systèmes d'activité qui a lieu au niveau du style de pensée (métarègles). Pour ce faire, nous exploitons le modèle de système d'activité que nous avons développé et qui rend compte du style de pensée (§ 2.4.3).

Nous avons mis en évidence qu'une communauté est caractérisée par un certain style de pensée vu comme un système de métarègles, et nous avons également situé le style de pensée dans le modèle du système d'activité (§ 2.4.3). Nous faisons l'hypothèse que les systèmes d'activité d'un enseignant sont susceptibles de s'articuler au niveau du style de pensée (voir Figure 11). Suivant cette hypothèse, nous considérons que le style de pensée porté par une communauté particulière (par exemple la « communauté 1 ») peut se déplacer vers un autre système d'activité de l'enseignant où il sera intégré dans le style de pensée porté par une autre communauté (par exemple la « communauté 2 ») ou dans les règles employées par cette communauté. Dans ce cas, des caractéristiques du style de pensée de la « communauté 2 » ou des règles de cette communauté peuvent prendre leur source du style de pensée porté par la « communauté 1 ».

En outre, nous postulons que le style de pensée, qui caractérise une communauté avec laquelle un enseignant partage un objet particulier au sein d'un système d'activité, peut circuler vers un autre système d'activité pour être intégré au niveau des règles d'action de l'enseignant au sein d'une autre communauté. C'est le cas par exemple des règles d'action de l'enseignant, au sein de son système d'activité en classe, qui peuvent tirer leur origine du style de pensée d'une communauté à laquelle il appartient : nous supposons qu'un enseignant faisant partie d'une communauté partage et s'approprie le style de pensée porté par cette communauté, ainsi il développe lui-même des règles d'action, et au-delà des connaissances professionnelles, qui seraient imprégnées de ce style de pensée. Il s'agit donc de repérer comment un enseignant adopte un style de pensée, l'intériorise, l'assimile et le transforme en des règles d'action, et plus profondément en des connaissances qui lui sont propres, afin de les mobiliser pour de futures actions professionnelles. Ainsi, l'identification des styles de pensée

des communautés auxquelles un enseignant fait partie peut nous donner une idée sur et nous expliquer certaines règles d'action de cet enseignant.

Par ailleurs, comme c'est le style de pensée qui se déplace d'un système d'activité à un autre pour être intégré dans un autre système d'activité, nous avons alors fait le choix de considérer que l'interférence des systèmes d'activité d'un même enseignant a lieu au niveau du style de pensée.

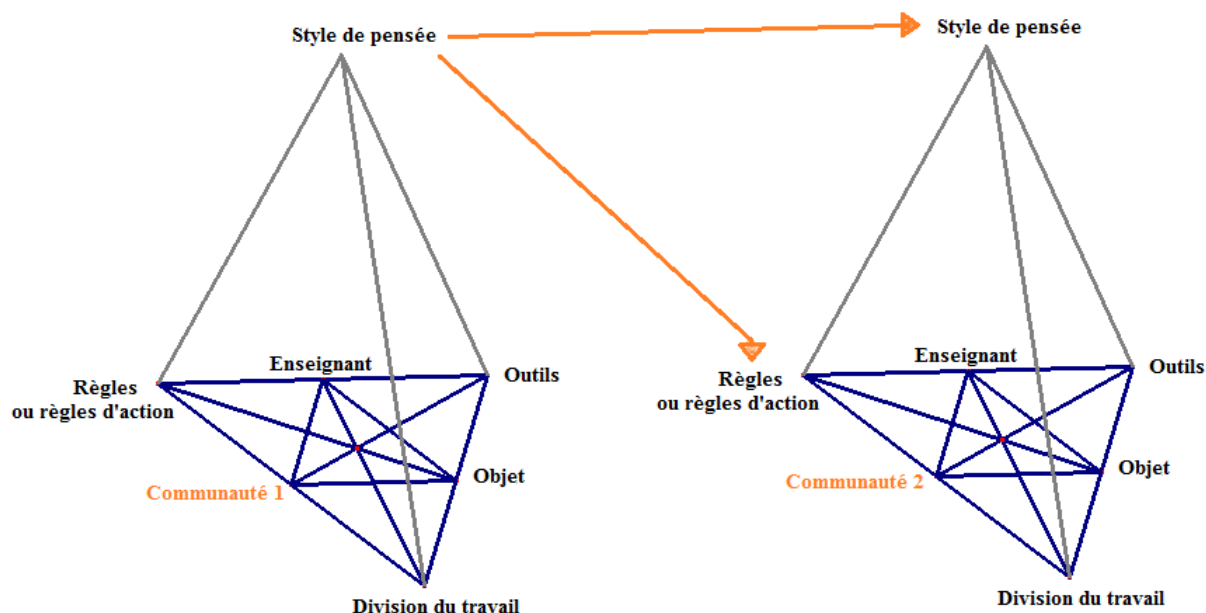


Figure 11. *Interférence des systèmes d'activité d'un même enseignant au niveau du style de pensée*

2.4.6. Conclusion

Après une présentation de quelques études portant sur le lien entre le travail collectif et le développement professionnel des enseignants, d'une part, et des formes de travail collectif, d'autre part, nous avons proposé une définition du travail collectif qui se fonde sur l'existence et le partage d'un but commun par les acteurs.

Pour l'étude des aspects collectifs du travail enseignant, nous avons fait le choix d'exploiter la théorie de l'activité pour laquelle l'activité d'un individu est orientée par un but afin d'atteindre un résultat, chaque but mettant en jeu un système d'activité. Nous avons proposé une caractérisation des communautés de l'enseignant à partir des notions de collectif de pensée et de style de pensée en considérant qu'une communauté correspond à un collectif de pensée qui partage un style de pensée, et qui se constitue par l'émergence, à un moment donné, d'un but commun. Aussi, nous avons proposé une mise en relation entre les règles de la communauté, la division du travail, les outils mobilisés, d'une part, et le style de pensée de la communauté, d'autre part, en considérant le style de pensée comme un système de métarègles rendant compte des règles spécifiques de la communauté, de la façon dont le travail est divisé et des outils exploités par cette communauté. A cet égard, nous avons proposé un nouveau modèle du système d'activité qui tient compte du style de pensée porté par la communauté.

Pour l'étude de l'ensemble des interactions collectives de l'enseignant au sein de différentes communautés, nous avons proposé le concept de système d'interactions qui tire parti de la notion de système d'activité : le système d'interactions de l'enseignant est défini comme étant composé d'une diversité des systèmes d'activité liés à l'enseignement et des liens qui les articulent. Nous avons également suggéré une modélisation du système d'interactions où nous avons mis en évidence des interférences des systèmes d'activité et deux types d'interactions collectives : des interactions synchrones et des interactions asynchrones. Nous avons supposé que l'interférence des systèmes d'activités d'un enseignant peut s'effectuer au niveau des ressources, des règles et du style de pensée. L'interférence des systèmes d'activité au niveau des ressources, pensée en relation avec le cycle de vie d'un document, témoigne d'une articulation entre la théorie de l'activité et l'approche documentaire du didactique.

La modélisation du système d'interactions et l'identification des interférences devraient fournir un cadre permettant d'étudier les relations qui se nouent entre les systèmes d'activité de l'enseignant et la façon dont ceux-ci sont liés ainsi que les implications que cela génère pour le développement du système de ressources et des connaissances professionnelles de l'enseignant, en particulier ses PCK et ses orientations pour les DI.

2.5. Conclusion de la construction théorique

Un cadre théorique n'est pas susceptible d'éclairer, seul, les phénomènes complexes que nous examinons dans notre recherche. Ce qui importe c'est bien la cohérence que l'on construit entre objet d'étude, cadre théorique et méthodologie. C'est ainsi que nous avons été amenés dans ce chapitre à justifier, à chaque fois, le choix et la pertinence du cadre théorique au regard de notre objet de recherche.

Partie de la problématique de l'impact des interactions collectives d'un professeur en chimie sur sa documentation tournée vers les DI (§ 1.5), nous avons procédé à la construction d'un cadre théorique dont la « triade » : connaissances, activité (dans un contexte de DI), ressources, constitue le cœur. Nous avons également introduit de nouveaux concepts et proposé une mise en relation entre différentes approches théoriques.

Nous synthétisons l'ensemble de cette construction théorique sous forme d'une représentation schématique pour mettre en évidence l'interaction entre les éléments de la triade (connaissances, activité et ressources) (voir Figure 12). Nous exposons aussi dans cette représentation schématique les concepts fondamentaux qui fondent les cadres théoriques que nous avons exploités pour approcher cette triade et le travail collectif. Afin de mettre en évidence notre apport théorique, nous distinguons par une couleur rouge les concepts que nous avons introduits ou les articulations que nous avons proposées.

Nous faisons l'hypothèse que le travail collectif pourrait être un levier du développement professionnel des professeurs en chimie tourné vers les DI. Or selon notre perspective théorique, le développement professionnel désigne l'ensemble des évolutions conjointes des connaissances des enseignants, de leurs ressources et de leur activité. Ainsi c'est le

développement de cette triade, et plus profondément encore, c'est le développement de l'interaction entre les éléments de cette triade qui sous-tend le développement professionnel d'un enseignant. Il s'agit donc de repérer les effets du travail collectif sur chacun de ces éléments. Dans ce qui suit, nous précisons notre questionnement initial (§ 1.5) à l'aune de cette construction théorique.

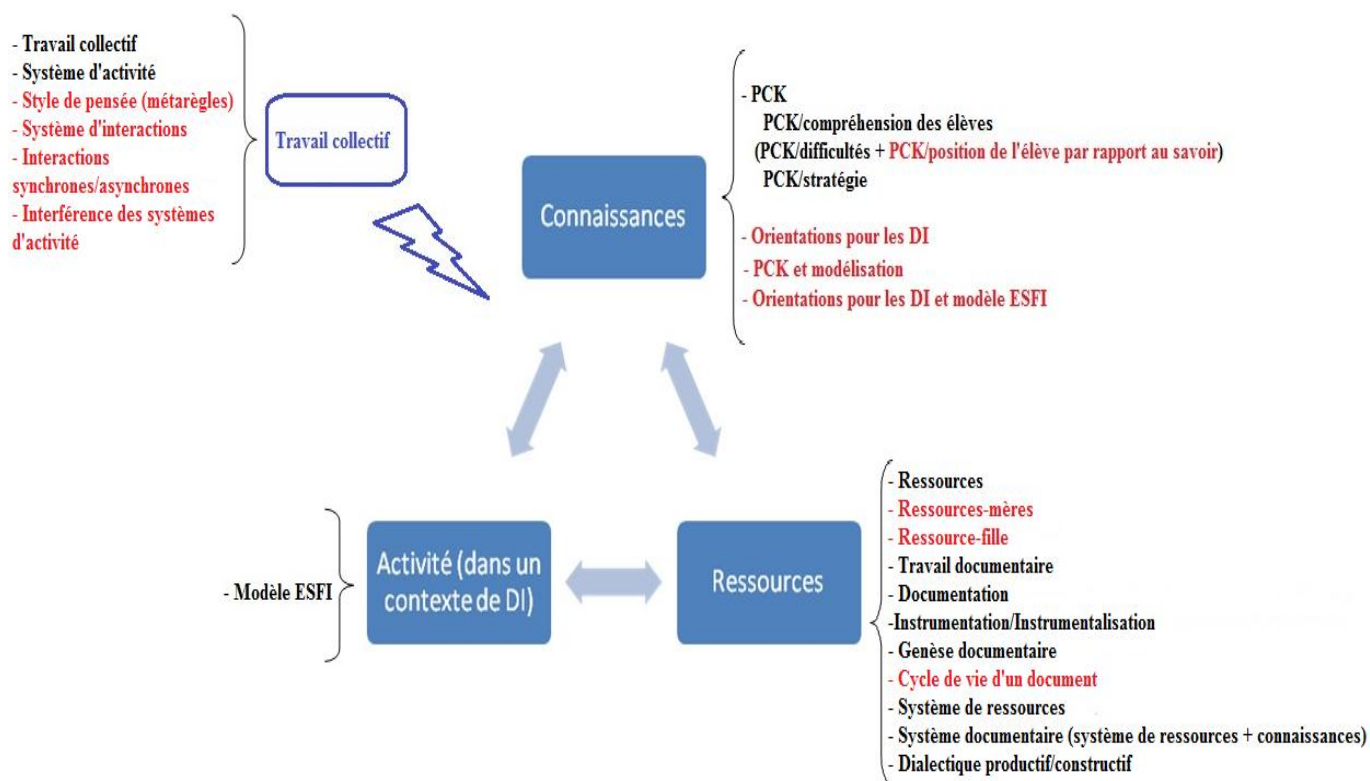


Figure 12. Représentation schématique de la construction théorique

2.6. Questions et hypothèses de recherche

L'ensemble de nos questions de recherche porte sur la triade « activité - connaissances - ressources ». Il s'agit, à travers un premier angle de vue, d'interroger l'activité de l'enseignant, et plus particulièrement les connaissances qu'il mobilise lors de la mise en place de DI. Le deuxième angle de vue que nous abordons dans nos questions de recherche est celui d'une ressource-fille de l'enseignant conçue dans la perspective de DI. Plus précisément, nous examinons le cycle de vie de cette ressource-fille et nous étudions les moments d'intervention et d'influence du travail collectif sur ce cycle, et plus largement sur le système de ressources de l'enseignant, d'une part, et sur les connaissances professionnelles de cet enseignant, d'autre part. Le troisième angle de vue que nous attaquons cible, en particulier, l'interférence des systèmes d'activité de l'enseignant afin de comprendre l'effet du système d'interactions de celui-ci sur son développement professionnel tourné vers les DI. Nous présentons, dans ce qui suit, nos questions de recherche ainsi que nos hypothèses de recherche.

Questions de recherche

Q1 : Quelles sont les PCK d'un professeur en chimie mobilisées par la mise en œuvre de DI ? Quelles sont ses orientations pour les DI ? Comment peut-on les identifier à partir de ses ressources-filles et de la mise en œuvre de ces ressources-filles en classe ?

Q2 : Comment le travail collectif, dans la perspective de DI, d'un professeur en chimie au sein de communautés professionnelles, agit sur le cycle de vie d'un document et plus précisément sur le système de ressources de ce professeur ? Dans quelle (s) étape (s) du cycle le travail collectif intervient-il et influe-t-il sur le système de ressources ? Avec quels effets sur les PCK et les orientations de l'enseignant pour les DI ?

Q3 : En quoi des systèmes d'interactions des professeurs en chimie contribuent au développement de leur système documentaire dans la perspective de DI ? Par quoi sont liés les systèmes d'activité de l'enseignant ? Quels sont les effets de l'interférence des systèmes d'activité de l'enseignant sur son système de ressources, sur ses PCK et sur ses orientations pour les DI ?

Hypothèses de recherche

Pour chacune des questions que nous nous sommes posées, nous formulons les hypothèses de recherche dont nous organisons la mise à l'étude :

H1 : les PCK d'un professeur en chimie semblent dépendre du contexte de la situation et du savoir chimique en jeu alors que les orientations pour les DI sont indépendantes d'un contenu chimique spécifique.

H2 : le travail collectif d'un professeur en chimie au sein de communautés professionnelles semble agir comme un *moteur* du *cycle de vie* d'un document, et semble constituer un *appui* pour le système de ressources de l'enseignant. Il semble intervenir au niveau de plusieurs étapes du cycle de vie (§ 2.2.4) : au moment de *la recherche de ressources* pour une classe de situations, de la *conception d'une ressource-fille*, et de la *révision de la ressource-fille* après sa mise en œuvre en classe. Des PCK et des orientations pour les DI sont *mobilisées* et d'autres en sont *produites*.

H3 : L'*interférence* des systèmes d'activité d'un enseignant est un facteur déterminant qui fait que le système d'interactions de cet enseignant contribue au développement de son système documentaire dans la perspective de DI. L'*interférence* des systèmes d'activité peut s'effectuer au niveau des *ressources*, des *règles*, et du *style de pensée*. Elle entraîne un *effet producteur* de ressources et de connaissances professionnelles.

Chapitre 3. Méthodologie

Nous présentons dans ce chapitre la méthodologie que nous avons développée et qui concerne tant le recueil de données que l'analyse de ces données.

Dans un premier temps, seront exposés les principes qui fondent la conception de la méthodologie (§ 3.1). Dans un second temps, nous présentons la méthodologie de recueil de données (§ 3.2). Nous explicitons ensuite la construction du terrain d'étude (§ 3.3). Nous continuons par la présentation de la méthodologie d'analyse des données (§ 3.4) et nous proposons enfin une synthèse de ce travail méthodologique (§ 3.5)

3.1. Principes pour la conception de la méthodologie

Analyser le travail documentaire des professeurs, dans ses composantes individuelles et collectives, est sans doute une tâche complexe. Gueudet & Trouche (2010) ont développé, pour l'étude du travail documentaire d'un enseignant, une méthodologie spécifique : *l'investigation réflexive*. Cette méthodologie est fondée sur l'idée d'un suivi, de façon continue, des activités de l'enseignant sur une durée significative et sur le principe de *réflexivité* où l'enseignant est étroitement associé au recueil de données. De ce fait, les outils méthodologiques conçus pour l'étude du travail documentaire d'un enseignant doivent stimuler cette réflexivité.

La méthodologie que nous avons développée s'inspire de cette méthodologie d'investigation réflexive. Cependant, comme l'investigation réflexive est centrée sur l'étude des composantes individuelles du travail documentaire d'un enseignant, nous avons poussé cette méthodologie pour pouvoir considérer les composantes collectives de ce travail et prendre ainsi en compte les systèmes d'activité du professeur en chimie au sein de communautés diverses (§ 2.4.3). L'étude de Sabra (2011) exploite également la méthodologie d'investigation réflexive dans le cadre de collectifs et la prolonge pour inciter à une réflexivité aussi bien sur l'activité individuelle que communautaire. Si notre étude et celle de Sabra (*ibidem*) s'appuient sur l'investigation réflexive et l'étendent pour prendre en compte la dimension collective de la documentation des enseignants, nos manières d'approcher le travail collectif enseignant sont différentes : alors que la recherche de Sabra porte sur le travail collectif au sein d'une communauté qui joue un rôle critique, notre étude considère les interactions collectives de l'enseignant au sein de communautés diverses (la communauté est appréhendée au sens d'espaces d'interactions).

Nous explicitons davantage dans la section suivante (§ 3.2) nos propres outils méthodologiques et ceux que nous empruntons à la méthodologie d'investigation réflexive.

Nous présentons dans cette partie les principes essentiels qui fondent la conception de notre méthodologie. Nous procédons d'abord à une *étude quantitative*, à *large échelle*, de ce que les enseignants de SPC pensent des DI (§ 3.1.1). Ensuite nous nous centrons sur une *étude qualitative* où nous visons un suivi de *durée longue* du travail documentaire du professeur en chimie (§ 3.1.2), un suivi *continu* (§ 3.1.3), un suivi *réflexif* (§ 3.1.4), un *recueil étendu* de ressources (§ 3.1.5) et un suivi prenant appui sur la *conception dans l'usage* (§ 3.1.6).

3.1.1. Etude à large échelle de ce que les enseignants de SPC pensent des DI

Les DI recommandées dans les prescriptions institutionnelles, et plus particulièrement dans le nouveau programme de SPC de la classe de seconde, constituent une nouvelle complexité du travail de l'enseignant (§ 1.3). Les travaux de recherche sur la mise en œuvre de DI (e.g. Calmettes 2008 ; 2009) ont mis en évidence des écarts entre la façon dont les DI s'incarnent dans les classes et la façon dont elles s'expriment à travers les demandes institutionnelles. Ces travaux révèlent également des difficultés rencontrées par les enseignants et provoquées par ce nouveau contexte d'enseignement des sciences. La question d'appropriation des DI par les enseignants est donc fondamentale.

Cependant, nous considérons que la façon dont l'enseignant s'approprie et met en place les DI est étroitement liée à la façon dont il pense les DI. Explorer ce que les enseignants de SPC pensent des DI et les définitions qu'ils donnent des DI est donc, à nos yeux, primordial. C'est ainsi que notre méthodologie consiste, en partie, en une *méthodologie quantitative* qui repose sur un principe d'étude d'un *large échantillon* des enseignants de SPC, au niveau national, afin de répondre à cet objectif. Ceci nous aide sans doute à mieux comprendre les difficultés et les conceptualisations des enseignants au regard des DI, ce qui est à même d'outiller la recherche.

Cette étude quantitative est articulée à une *étude qualitative*, dont nous présentons les principes dans la section suivante.

3.1.2. Un suivi de *durée longue* du travail documentaire du professeur en chimie

Nous avons mis en évidence dans le chapitre précédent que l'analyse d'un document suppose des régularités observables dans l'activité de l'enseignant (§ 2.2.2) ; c'est un processus que nous avons modélisé sous forme d'un cycle de vie et qui se déploie sur des durées longues avec des composantes individuelles et collectives (§ 2.2.4). En effet, le temps de l'exploration, de la sélection, de la composition, de la mise en œuvre, confère aux ressources une *durée de vie longue* que nous devons prendre en compte dans notre étude. Il s'agit d'étudier l'activité, l'évolution du système de ressources et le développement des PCK et des orientations de l'enseignant pour les DI (§ 2.6). Ceci suppose donc de saisir des éléments de stabilité et des évolutions dans la durée, et d'attraper ainsi la continuité du développement sur un temps suffisamment long. Ajoutons aussi que le travail documentaire concerne toutes les facettes de l'activité professionnelle des enseignants : préparation de la classe, réunion avec les collègues du lycée, formation continue, etc. (§ 2.2.1). Tenir compte de

toutes ces facettes et de tous les systèmes d'activité de l'enseignant (§ 2.4.3) demande une observation sur une durée qui permette de les rencontrer aussi largement que possible. Ainsi, ces différents éléments indiquent la nécessité du temps long, rapporté pragmatiquement aux possibilités d'observations.

3.1.3. Un suivi *continu* du travail documentaire du professeur en chimie

La classe est un lieu important de travail documentaire, où une ressource-fille conçue est mise en œuvre, et où des interactions directes avec les élèves amènent des adaptations, des révisions, des improvisations... Cependant, une part importante du travail du professeur a lieu en dehors de la présence des élèves. Il s'agit, en effet, d'effectuer un suivi permettant d'appréhender le système d'interactions de l'enseignant, l'évolution de son système de ressources et le développement de ses PCK et de ses orientations pour les DI. Il nous semble donc indispensable de prendre en compte les systèmes d'activité de l'enseignant au sein de communautés variées : les communautés de classe ainsi que les communautés professionnelles auxquelles l'enseignant appartient (§ 2.4.3). D'une part, ceci suppose un suivi *continu* de recueil de données. D'autre part, comme ces systèmes d'activités prennent place dans un ensemble de lieux dispersés (à domicile, en classe, dans la salle des professeurs, dans des établissements scolaires, dans des associations, au sein d'autres communautés, etc.), il est nécessaire de considérer directement le travail du professeur, en classe comme hors classe. Ainsi, un suivi continu autant que possible, dans une variété de lieux, s'impose.

3.1.4. Un suivi *réflexif* du travail documentaire du professeur en chimie

Nous avons précisé dans la partie précédente que nous voulons concevoir une méthodologie permettant un suivi autant que possible continu des systèmes d'activité de l'enseignant au sein de communautés diverses, aussi bien en classe qu'hors classe (§ 3.1.3). Cependant, nous ne pouvons pas toujours avoir accès à l'ensemble de ces systèmes d'activité qui mettent en jeu des interactions collectives de l'enseignant avec plusieurs acteurs et en plusieurs lieux. Ceci suppose donc que les professeurs eux-mêmes collaborent avec le chercheur pour participer au recueil de données. Il s'agit alors de solliciter le regard *réflexif* du professeur sur sa propre activité. En effet, seul le professeur a accès à l'ensemble de son activité, hors classe et en classe ; son regard réflexif est indispensable au chercheur, y compris pour identifier ce que sont ses ressources. Il nous semble alors nécessaire de mettre en place des outils méthodologiques incitant la réflexivité. Certains sont propres à la méthodologie d'investigation réflexive, d'autres en constituent un prolongement (§ 3.2).

Néanmoins, il ne s'agit pas d'affirmer que le professeur peut décrire exactement la structure complexe et évolutive de son travail documentaire. Comme le notent Sensevy & Mercier (2007), il existe une distance irréductible entre la sémantique familière de l'action et le langage des modèles : les descriptions fournies par les professeurs ne sont pas toujours conceptualisées. Ce que nous soulignons, c'est la nécessaire prise en compte des dimensions *subjectives* de l'activité (Clot, 1999) ; en effet, nous suivons Sensevy (2007) quand il

considère que « la description et l'analyse de l'action humaine supposent la prise en compte du sens de leur action pour les acteurs » (p. 41). De ce fait, nous retenons, comme Gueudet & Trouche (2010), une posture générale de notre recherche qui stimule une réflexivité du professeur en chimie sur son travail documentaire en l'impliquant activement dans le recueil de données. Ainsi, dans le contexte de notre étude, le regard du professeur sur son propre travail et celui du chercheur se complètent et s'enrichissent mutuellement.

3.1.5. Un recueil étendu des ressources du professeur en chimie

Nous considérons les interactions du professeur en chimie avec les ressources comme des éléments majeurs de son activité professionnelle (§ 2.2.1). Le professeur exploite des ressources-mères, il effectue un travail de conception produisant des ressources-filles pour son enseignement (§ 2.2.3). Ces ressources constituent des données essentielles pour l'étude du travail documentaire et sont révélatrices de la pratique et des connaissances professionnelles de l'enseignant.

Afin d'aborder la variété de systèmes d'activité du professeur en chimie et les différentes facettes de son travail documentaire, il convient donc de recueillir de manière aussi étendue que possible ces ressources matérielles pendant la durée du suivi. De ce fait, notre méthodologie se base sur un principe de *recueil de ressources* matérielles mobilisées ou produites dans le travail documentaire de l'enseignant et à travers ses interactions collectives au sein de communautés variées. Nous nous attachons donc à collecter les ressources matérielles des professeurs : celles qu'ils ont utilisées (les ressources-mères), et celles qu'ils ont élaborées, au fil de leur travail (les ressources-filles). Nous nous intéressons aussi à toutes les ressources issues d'échanges, avec les élèves comme avec les collègues. Ainsi, nous tâchons de recueillir, autant que faire se peut, les ressources matérielles engagées dans les étapes du cycle de vie d'un document.

3.1.6. Un suivi prenant appui sur la conception dans l'usage

L'ensemble des choix méthodologiques dépend, certes, de notre problématique d'étude et de nos choix théoriques. En effet, notre méthodologie est conçue *a priori* en fonction de nos questions de recherche et de nos outils théoriques. Elle est donc conçue *pour l'usage*, en particulier pour le suivi de la documentation et du système d'interactions de l'enseignant. Par ailleurs, nous avons mis en évidence dans le chapitre précédent qu'une ressource-fille, conçue pour l'usage en classe, peut être adaptée *in situ* en fonction du retour des élèves (§ 2.2.4). Nous avons noté que ces adaptations sont une manifestation de la *conception dans l'usage* (Rabardel, 2005) : les processus de conception de la ressource-fille se poursuivent dans l'usage, la ressource-fille est modifiée, recombinaison et ajustée au fil de son utilisation.

La méthodologie que nous nous attachons à mettre en place sur le terrain expérimental se veut être une méthodologie adaptable qui, comme une ressource-fille, adhère au principe de la conception dans l'usage. Outre la prise en compte des choix liés à notre problématique d'étude et à notre cadre théorique, la conception de notre méthodologie s'effectue au regard des conditions du terrain expérimental. Elle se poursuit ainsi *a posteriori* en fonction de ses effets et des modifications qui peuvent avoir lieu dans le contexte spécifique dans lequel elle

se met en place. De ce fait, un travail de régulation et d'adaptation de la méthodologie se déroule en permanence. Ceci explique donc le fait que la conception de notre méthodologie se poursuit *dans* l'usage, au cours de plusieurs mises en œuvre. Suivant cette perspective, nous pensons alors des outils méthodologiques flexibles, pouvant être adaptés, selon les besoins, aux conditions du travail du professeur.

Ainsi, au cours de la mise en place de notre méthodologie, nous (chercheur) réorganisons constamment la structure de la méthodologie et nous nous attachons à développer les potentialités des outils méthodologiques afin d'apporter des éléments de réponse à nos questions de recherche. Les processus de conception pour l'usage et dans l'usage s'articulent donc dans un même mouvement de développement des outils méthodologiques.

3.1.7. Conclusion

Nous avons présenté dans l'ensemble de cette partie les principes essentiels qui fondent la conception de notre méthodologie. Nous avons mis en évidence que le suivi du travail documentaire individuel et collectif est une tâche complexe qui suppose la prise en compte de plusieurs paramètres : la durée du suivi afin de mettre en lumière des régularités et des évolutions ; un suivi de l'activité de l'enseignant dans sa globalité en classe et hors classe ; un suivi associé des activités et des ressources. Il s'agit donc d'aller au-delà d'une observation temporelle isolée et de prendre en compte à la fois le travail en classe et hors classe ainsi que les ressources exploitées ou élaborées au cours de ce travail.

En outre, le suivi du travail documentaire, dans ses composantes individuelles et collectives, ne peut être réalisé seulement par un observateur extérieur du fait que ce travail habite tous les aspects de l'activité professionnelle de l'enseignant, tous les lieux, toutes les communautés fréquentées par l'enseignant. Notre méthodologie suppose donc le recours aux professeurs eux-mêmes pour que ceux-ci assurent une partie de ce suivi. Les enseignants sont ainsi des acteurs essentiels du recueil de données si l'on veut avoir accès à la continuité de leur travail documentaire, hors classe et en classe ; leur regard réflexif sur leur propre activité est sollicité.

Notre méthodologie se construit dans un ensemble de choix liés à la problématique de notre étude, au cadre théorique mobilisé et aux questions de recherche. Elle tisse également des liens avec le terrain expérimental. En effet, une adaptation au contexte spécifique dans lequel elle se met en place est, certainement, nécessaire. Les outils méthodologiques que nous avons développés sont ainsi conçus *pour* et *dans* l'usage. Nous avons également relevé que nous visons à travers notre méthodologie un suivi, à large échelle, de ce que les enseignants de SPC pensent des DI.

Dans ce qui suit, nous explicitons notre méthodologie de recueil de données, et plus particulièrement les différents outils méthodologiques que nous avons exploités dans le cadre de notre étude.

3.2. Méthodologie de recueil de données

Afin de pouvoir apporter des éléments de réponse à nos questions de recherche (§ 2.6), un recueil de données, à différents moments, sera effectué : lors du processus de conception de ressources-filles, de leur mise en œuvre en classe, de leur révision après usage, et cela sur un temps suffisamment long (§ 3.1.2). En effet, nous nous attachons à collecter des données rendant compte des différentes étapes du cycle de vie d'un document et des dimensions collectives susceptibles d'y intervenir (§ 2.2.4). Nous portons notre regard sur l'activité des professeurs en chimie dans son unité et sa dynamique, activité dont la classe n'est qu'un moment (§ 3.1.3). De ce fait, nous accordons une attention spécifique non seulement à l'enseignement produit dans la classe mais aussi à la conception de la matière de l'enseignement qui exploite un ensemble de ressources-mères. Nous cherchons également à approcher, autant que possible, le système d'interactions de l'enseignant ; ceci suppose donc de rendre compte de la multiplicité de ses systèmes d'activité, impliquant diverses communautés, et des liens qui les articulent (§ 2.4.4). Nous nous intéressons, de fait, à une analyse fine de l'activité des professeurs en chimie, une analyse qui nous permettrait d'identifier des PCK et des orientations pour les DI, ce qui justifie ainsi le choix d'une *étude qualitative* dans notre recherche. Plus précisément encore, vu la complexité des phénomènes que nous examinons et la nécessité d'atteindre un niveau assez fin dans la description et l'analyse de nos données pour pouvoir appréhender ces phénomènes, nous avons fait le choix de centrer notre travail sur des études de cas. Par ailleurs, nous avons également mené une étude quantitative visant à identifier ce que pensent les enseignants des DI (§ 3.1.1).

Au regard de notre objectif de recherche, nous cherchons à jouer le rôle d'un observateur extérieur qui ne s'implique et n'intervient, ni directement ni indirectement, pour juger les choix, individuels ou collectifs, des professeurs. Suivant ce critère, il est important, à nos yeux, que les professeurs que nous suivons travaillent, se réunissent et interagissent de façon naturelle avec d'autres collègues indépendamment de notre projet de recherche.

Nous partons d'abord des *données « naturelles »* auxquelles nous avons accès et qui existent déjà sur le terrain et peuvent renseigner nos questions de recherche (par exemple : wiki, site web d'un enseignant, cahiers de texte de la classe...). Le recueil de telles données est effectué après un premier examen de notre terrain d'étude. Une fois accompli, nous nous sommes positionné ensuite par rapport aux outils existants lesquels ont été combinés avec des outils « artificiels » que nous avons conçus dans le but de répondre à nos besoins de recherche. Bien entendu, nous avons pris en compte les discussions que nous avons eues avec les enseignants sollicités pour des ajustements éventuels de notre méthodologie.

Nous présentons dans cette partie le dispositif de recueil de données, sur deux années consécutives, bâti en fonction des principes évoqués dans la partie précédente (§ 3.1), notamment les outils méthodologiques que nous avons mis en place : une *enquête à large échelle* portant sur les DI (§ 3.2.1), des *entretiens* (§ 3.2.2), des *représentations schématiques* (§ 3.2.3), un *journal de bord* (§ 3.2.4), un *journal d'interactions* (§ 3.2.5), des *observations de classe* enregistrées en *vidéo* (§ 3.2.6), des *observations du travail collectif* et des interactions de l'enseignant au sein de diverses communautés (§ 3.2.7).

3.2.1. Une enquête à large échelle portant sur les DI

Partant de l'étude à large échelle, de ce que les enseignants de SPC disent penser des DI (§ 3.1.1), nous avons exploité dans le cadre de notre recherche une enquête qui a pour objet l'étude de ce que représentent les DI pour des enseignants du secondaire. L'enquête a été menée de janvier à mars 2011, sous la forme d'un questionnaire mis en ligne (voir Annexe 1), auprès de professeurs de mathématiques, SPC, sciences de la vie et de la Terre (SVT) et technologie enseignant en collège et en lycée. L'étude a été réalisée au sein de l'Institut Français de l'Éducation (IFÉ) par l'équipe S2HEP-EducTice¹⁷ au sein de laquelle nous avons conduit ce travail de thèse pendant trois ans.

Cette enquête a donné lieu à un rapport qui a été coordonné par Monod-Ansaldi & Prieur (2011). Nous avons participé à l'analyse des résultats de cette enquête et à la rédaction de ce rapport pour ce qui concerne la discipline de SPC. Ce que nous présentons dans cette thèse se centre sur la deuxième partie de l'enquête (Partie 2 : les démarches d'investigation dans la classe, questions 2.1 à 2.6 ; voir Annexe 1). Ce sont d'ailleurs les réponses des enseignants de SPC à cette partie là que nous avons analysées dans le rapport. Notre choix se justifie par le fait que nous nous intéressons aux DI et que c'est la partie de l'enquête qui est la plus orientée vers des questions relatives aux DI.

A travers cette enquête, nous cherchons à identifier ce que pensent les enseignants de SPC des DI : les diverses significations attribuées à l'expression « démarche d'investigation », les objectifs, les intérêts et les difficultés de la mise en œuvre de DI. L'objectif est, à partir de l'expression des opinions des enseignants, de mieux comprendre la façon dont ils pensent et définissent les DI, d'approfondir la compréhension des processus en jeu lors de la mise en œuvre de DI et les difficultés susceptibles d'entraver le développement de l'implémentation des DI dans les classes.

Le chapitre suivant (chapitre 4) sera consacré à la présentation détaillée de cette enquête et des analyses qui en ressortent.

3.2.2. Des entretiens

Nous conduisons des entretiens avec les enseignants reprenant l'idée de Gueudet & Trouche (2008) et de Margolinas *et al.* (2007) de rencontrer le professeur dans l'endroit où se déroule l'essentiel de son travail hors classe, c'est-à-dire, dans le cas d'un enseignant du second degré, à son domicile. En effet, le principe de suivi continu du travail documentaire (§ 3.1.3) implique, en particulier, d'interroger l'enseignant dans le lieu où l'on fait l'hypothèse qu'il prépare ses ressources-filles et conserve la plupart de ses ressources. De ce fait, nous rencontrons le professeur, lorsque cela est possible, chez lui et nous menons un

¹⁷ L'équipe S2HEP (Science et Société : Historicité, Education, Pratiques, Université Lyon 1) a une composante propre à l'IFÉ-ENS de Lyon, EducTice (Education, technologies de l'information et de la communication), équipe à laquelle j'ai participé en tant que doctorante pendant mes trois années de thèse ; <http://educdice.ens-lyon.fr/EducTice>

entretien semi-directif qui permettra par les reformulations et les demandes de précision, un questionnement du « comment » (Vermersch, 1994) et non du « pourquoi ».

Nous organisons quatre entretiens avec les enseignants : un *entretien général* (EG) au début du suivi, un *entretien précédant l'observation de classe* (EPO), un *entretien à chaud* (EC) suivant l'observation de classe et un *entretien final* qui peut prendre la forme d'un *entretien d'auto-confrontation* (EAC). Nous présentons ci-dessous chacun de ces entretiens :

- **Entretien général** : cet entretien a pour objectif d'approcher le système de ressources du professeur en chimie ainsi que son travail collectif avec ses collègues dans et en dehors de son établissement. Il nous permet de repérer les systèmes d'activités de l'enseignant et les diverses communautés avec lesquelles il interagit.

Cet entretien prend la forme de « *l'instruction au sosie* » (Oddone *et al.*, 1981) : dans notre cas, il s'agit d'inciter à une description adressée à un pair, avec une utilité concrète, et une nécessaire précision. Appliquée à notre étude, la question posée est : « *Dans le cadre d'un échange scolaire, vous partez à l'étranger un an, un sosie vous remplace. Vous devez lui expliquer comment sont rangées, organisées, structurées, toutes les ressources (fichiers papiers, numériques...) que vous avez constituées pour développer les différentes activités liées à votre enseignement* ». L'enseignant est censé dire ce qu'il faut savoir pour le remplacer en nous montrant éventuellement où se trouvent ses ressources. A ce titre, au cours de cet entretien, nous organisons une *visite guidée* des ressources de l'enseignant où celui-ci nous présente un ensemble de ressources rassemblées pour appuyer son activité. L'hypothèse sous-jacente à l'utilisation de la situation d'instruction au sosie réside dans le fait que, dans une telle situation, l'enseignant sera amené à expliciter davantage et d'une manière plus précise les ressources qu'il utilise pour organiser son enseignement. Cet entretien stimule ainsi la réflexivité de l'enseignant (§ 3.1.4) sur la nature et la structure de ses ressources ;

- **Entretien précédant l'observation de classe** : cet entretien se centre sur le processus de conception d'une ressource-fille particulière fondée sur les DI. Comme dans l'entretien général, nous interrogeons le professeur en chimie selon la méthode de l'instruction au sosie : « *c'est votre sosie qui va mettre en œuvre dans la classe demain cette situation. Vous lui expliquez où sont les ressources nécessaires, comment elles ont été réunies et organisées (leur histoire), comment elles ont évolué au cours du temps, comment il doit les mettre en œuvre* ». En effet, cet entretien permet le récit de l'action de l'enseignant à un moment donné, repéré dans le temps et dans l'espace en référence à une situation spécifique d'élaboration d'une ressource-fille basée sur les DI. Plus précisément, trois étapes du cycle de vie d'un document, à savoir la recherche de ressources, la sélection et la mise au travail de ressources et la conception d'une ressource-fille par combinaison et transformation de ressources-mères (§ 2.2.4) sont interrogées dans cet entretien. Les dimensions collectives qui interviennent dans ces étapes sont également questionnées. Cet entretien permet donc de repérer des éléments relatifs au travail documentaire de l'enseignant, notamment les ressources-mères exploitées et les interactions collectives qui ont débouché sur la ressource-fille, fondée sur les DI, que nous avons observée ultérieurement en classe. Il

permet aussi de repérer la façon dont l'enseignant pense les DI (les significations qu'il donne aux DI, les aspects essentiels caractérisant les DI, les difficultés rencontrées lors de la mise en place de DI...);

- ***Entretien à chaud suivant l'observation de classe*** : cet entretien a lieu immédiatement après l'observation de classe. Il permet un retour rapide et « à chaud » sur le déroulement de la séance fondée sur les DI ;
- ***Entretien final*** qui peut prendre la forme d'un ***entretien d'auto-confrontation*** : l'entretien final avec l'enseignant permet un retour sur la séance fondée sur les DI et observée en classe, et plus globalement sur le système de ressources de l'enseignant et son système d'interactions.

Nous avons conduit cet entretien, lorsque cela est possible, sous forme d'un *entretien d'auto-confrontation simple* (Theureau, 2000). Dans la tradition ergonomique, Clot *et al.* (2000) rappellent que les méthodes de connaissance associent de façon diversifiée les protagonistes d'une situation de travail à son analyse. Comme le soulignent Rix & Lièvre (2005), il semble qu'une observation extérieure ne puisse suffire ni à rendre compte, ni à comprendre, ni à expliquer l'activité d'un acteur : il s'agit de considérer sa propre manière de vivre et de se re-présenter sa situation.

Partant de ces points de vue, nous avons introduit, dans le prolongement de la méthodologie d'investigation réflexive (Gueudet & Trouche, 2010), un entretien d'auto-confrontation simple dans le dispositif de recueil de données. Cet entretien nous permet de croiser nos inférences quant aux PCK et règles d'action de l'enseignant, identifiées à travers l'analyse de l'observation de classe, avec ce que dit l'enseignant quand il commente les extraits vidéo de la séance (§ 3.2.6). En effet, nous avons sélectionné quelques extraits, à partir desquels des PCK et des règles d'action ont été inférées, pour les discuter ensuite avec l'enseignant lors de l'entretien. Nous avons fait le choix de communiquer la vidéo de la séance observée à l'enseignant avant de mener avec lui l'entretien d'auto-confrontation simple. Ce choix est lié au fait que l'enseignant sera amené, suivant une démarche réflexive, à analyser lui-même sa pratique, ce qui s'inscrit dans le principe de la stimulation de la réflexivité de l'enseignant (§ 3.1.4). Nous demandons à l'enseignant de repérer, avant l'entretien, tout ce qui n'était pas prévu dans la séance, les écarts entre ce qui était prévu et ce qui est effectivement réalisé en classe, les événements qui se sont bien passés ou inversement. Au cours de l'entretien, nous discutons avec l'enseignant les extraits vidéo que nous avons sélectionnés, mais aussi ceux que l'enseignant a choisi de commenter en se voyant avant l'entretien et nous croisons de ce fait nos extraits. Par conséquent, le regard du chercheur et celui de l'enseignant se complètent et s'alimentent mutuellement.

Ainsi, cet entretien vise la verbalisation de l'action et des connaissances professionnelles qui lui sont sous-jacentes. Suivant cette perspective, l'enseignant est donc amené à effectuer un retour réflexif sur sa propre activité. Nous considérons ainsi que la réflexion du professeur sur sa pratique est à même d'éclairer la structure de son activité, mais aussi elle nous permet au cours de l'entretien d'auto-

confrontation d'éclairer ses PCK et ses règles d'action qui justifient ses choix et son action.

3.2.3. Des représentations schématiques

Poursuivant notre principe du suivi réflexif du travail documentaire (§ 3.1.4), nous demandons à l'enseignant, au cours des entretiens, de réaliser des représentations schématiques. Dans le cadre de la méthodologie d'investigation réflexive, Gueudet & Trouche (2010) ont proposé ce type d'outils pour demander à l'enseignant de faire une représentation schématique de son système de ressources (RSSR). Prolongeant ces outils pour les adapter à notre contexte de travail, nous avons introduit, en plus de la RSSR, un autre type de représentations schématiques, à savoir une représentation schématique du travail collectif (RSTC). La réflexivité de l'enseignant, dans ses rapports à sa propre pratique, est, pour ces deux types de représentation graphique, mise en exergue.

Il s'agit, en effet, d'une représentation au double sens du terme : d'une part, c'est une *représentation externe*, un schéma, que nous pourrions exploiter pour essayer d'en inférer des éléments de structure du travail documentaire du professeur. D'autre part, c'est une *représentation interne*, au sens où elle nous donne à voir la façon dont le professeur se représente, et souhaite nous présenter et communiquer des éléments d'organisation de son travail. Bien entendu, il ne s'agit pas d'un schéma basé sur une réalité supposée objective, mais plutôt d'une représentation d'une partie du monde telle que la voit une personne en particulier. De ce fait, les représentations schématiques sont porteuses de la subjectivité des enseignants qui les tracent. Elles participent à la constitution par le professeur d'une représentation mentale de son propre travail documentaire. Réunissant sous le nom d'*images de pensée* des témoignages de l'activité imaginante et graphique de l'esprit des chercheurs et des intellectuels de différents domaines, Caraës & Marchand-Zanartu (2011) soulignent : « Sur des cahiers d'élève, des feuilles de brouillon, en marge de lettre, de manuscrits ou sur un écran, avec de l'encre, du crayon, un peu de couleur, voici des figures – schémas, dessins, plans, diagrammes, trajectoires, tracés, échelles – créées pour apprivoiser ce que le langage est impuissant à saisir : le surgissement de la pensée dans son effervescence secrète » (p. 8).

Bien qu'il s'agisse d'une représentation schématique, nous faisons l'hypothèse que ce qui nous est donné à voir, ce n'est pas qu'un simple schéma, mais des éléments de mise en relation entre ressources, activité du professeur, travail collectif ainsi que des éléments sur l'utilisation de ces ressources, ce qui nous permettra une approche du système documentaire de l'enseignant. Les éléments issus de ces représentations schématiques sont confrontés ensuite à ce qui est dit lors de l'entretien ainsi qu'à d'autres données, notamment les ressources recueillies (§ 3.1.5).

Caraës & Marchand-Zanartu (2011) notent que : « Les images de pensée ne sont ni *a priori* ni *a posteriori*, elles sont contemporaines de ce qu'elles saisissent » (p. 9). Conscients que les représentations schématiques sont « dynamiques » dans la mesure où elles se modifient avec l'arrivée d'un événement nouveau (introduction de nouvelles ressources, développement d'un travail collectif, etc.), nous avons exploité ce dynamisme en étudiant la modification dans le temps des représentations schématiques d'un même enseignant. En effet, une première représentation schématique est effectuée au cours de l'entretien général (§ 3.2.2), puis

l'enseignant peut compléter celle-ci pendant toute la durée d'une année de suivi (un calque, positionné sur la représentation initiale, permet de distinguer les ajouts dans l'état final).

En outre, nous portons notre regard sur l'évolution des représentations schématiques dans le cas d'un enseignant suivi sur deux années consécutives (année n et année n+1). Ceci nous semble nécessaire pour deux raisons : d'abord la représentation schématique proposée est, pour partie, liée au contexte de l'entretien, aux éléments critiques survenus dans cette période pour l'activité du professeur ; reprendre un entretien avec le professeur l'année n+1 pourrait être utile de ce point de vue. De plus, le système documentaire de l'enseignant évolue sous des formes et à une vitesse dépendant sans doute de paramètres propres aux enseignants au moment de leur développement professionnel (au début, ou à la fin, ce n'est sans doute pas pareil). Le renouvellement de ce type de recueil de représentations schématiques, sur plusieurs années consécutives, donnerait bien évidemment des informations utiles sur le cycle de vie d'un document, sur ce qui change dans ce cycle d'une année à une autre, ainsi que sur les facteurs d'évolution. A cet égard, nous demandons à l'enseignant de tracer l'année n une représentation schématique et de faire l'année n+1 une autre représentation schématique (en posant toujours la même question). Donc il ne s'agit pas d'une même représentation schématique sur laquelle il note les modifications survenues l'année n+1, mais d'une nouvelle représentation schématique qui reflète quelques aspects de son travail documentaire par rapport à cette année. Les deux représentations schématiques réalisées au cours des deux années consécutives sont ensuite montrées à l'enseignant et nous lui demandons de les commenter et de les comparer.

Il convient de noter que nous donnons le temps à l'enseignant pour faire ses représentations schématiques au cours de l'entretien sans du tout intervenir pendant le moment où il dessine sauf pour répondre à ses éventuelles interrogations. Une discussion suivra l'étape du dessin où l'enseignant commente et nous explique ce qu'il a décrit et tracé dans son schéma.

Nous dégageons de ces représentations schématiques des éléments de structure de l'activité de l'enseignant et de ses ressources, en identifiant systématiquement les dimensions collectives. Nous détaillons dans ce qui suit les deux types de représentations schématiques que nous avons demandées à l'enseignant de réaliser :

- **Représentation Schématique du Système de Ressources (RSSR) :** la réalisation de la RSSR se fait pratiquement en deux temps : au cours de l'entretien général, qui a permis au professeur de présenter un ensemble de ressources rassemblées pour organiser son enseignement, nous lui demandons de synthétiser et de compléter éventuellement ce qui a été dit sous une forme schématique en lui donnant le support et les outils (papier quadrillé A3 et crayons de couleurs). Nous posons la question suivante : « *Pouvez-vous nous faire un schéma qui décrit, d'une part, les ressources et, d'autre part, leur organisation dans les supports que vous avez déjà évoqués (l'ordinateur, les classeurs papiers, le web éventuellement, etc.) ?* ». Nous recueillons ensuite la RSSR réalisée.

Au cours de l'entretien précédant la séance observée, nous proposons à l'enseignant de reprendre la RSSR : d'une part, nous lui demandons de noter sur un papier calque des

changements éventuels dans son système de ressources. D'autre part, nous lui demandons de noter les ressources qu'il a mobilisées pour préparer sa ressource-fille fondée sur les DI (où il a cherché les ressources pour préparer sa séance et où il situe, sur le schéma, les ressources et les fiches élaborées qui vont être utilisées lors de la séance). Nous donnons une feuille de papier calque, et nous convenons que, si des choses sont rajoutées ou modifiées, elles le sont sur le calque. Nous reprenons ensuite le dessin et le calque et nous demandons à l'enseignant de commenter d'éventuels ajouts. Ainsi la RSSR retouchée nous permet de repérer les ressources-mères qui ont été exploitées en vue de concevoir la ressource-fille basée sur les DI. Nous donnons également la possibilité à l'enseignant de reprendre sa RSSR au cours de l'entretien final au cas où d'autres changements surviennent au niveau de son système de ressources ;

- **Représentation Schématique du Travail Collectif (RSTC) :** la mise en évidence du travail collectif de l'enseignant et des modalités d'organisation de ce travail, évoquées au cours de l'entretien général, prépare cette partie où nous demandons au professeur une description de ce travail et de ses interactions collectives avec ses collègues à l'aide d'un schéma (une feuille de papier quadrillée est fournie, avec des feutres de couleurs). Précisément, nous posons à l'enseignant la question suivante : *« Pouvez-vous nous faire un petit schéma qui décrit votre travail collectif avec vos collègues de chimie de votre établissement et les collègues avec qui vous collaborez hors de votre établissement. Je vous demande de vous situer dans ce schéma pour évoquer vos relations et vos interactions avec les collègues d'une part (les structures collectives qui nourrissent votre travail d'enseignement) et avec les ressources produites collectivement d'autre part? »*. Ainsi, cette RSTC nous permet de repérer des communautés ou des personnes avec lesquelles l'enseignant interagit et éventuellement les ressources produites par, ou suscitant ces interactions. Nous recueillons ensuite le schéma.

Comme la RSSR, la RSTC est complétée par l'enseignant pendant l'entretien qui se situe avant l'observation de la séance. Nous lui demandons ainsi de noter sur un papier calque son travail collectif et ses interactions avec ses collègues par rapport à la préparation de la séance prévue basée sur les DI. La RSTC retouchée nous permet ainsi d'identifier des moments d'intervention du travail collectif dans des étapes du cycle de vie d'un document.

3.2.4. Un journal de bord

Le *journal de bord* (JB) est un outil qui a été développé dans le cadre de la méthodologie d'investigation réflexive (Gueudet & Trouche, 2010). Comme il est difficile de suivre le travail documentaire des enseignants dans son unité, hors classe comme en classe, dans la multitude des temps et des lieux où il prend place, nous avons demandé aux enseignants de renseigner un journal de bord constitué d'une liste d'items (voir Annexe 2). Cet outil méthodologique a été mis en place au cours de la première année de mise en œuvre de notre dispositif de recueil de données.

A travers ce journal de bord, il s'agit, pour le professeur en chimie, de prendre note de toutes ses activités, en classe comme hors classe, individuelles et collectives, pendant une période donnée. En effet, dans le journal de bord, le professeur relève, au jour le jour, dans une démarche réflexive, des éléments relatifs aux processus de conception, de mise en œuvre et de révision après usage de la ressource-fille, basée sur les DI, que nous avons observée en classe ; et il note aussi les événements collectifs qui interviennent et alimentent son travail documentaire. Il s'agit donc d'un journal de bord individuel où l'enseignant repère également ses interactions collectives (ses activités, les lieux où elles se déroulent, les acteurs qui y sont impliqués, à quoi son activité de conception de ressource-fille s'alimente, ce qu'elle produit, ce que le travail collectif apporte pour la conception de ressource-fille...).

Le journal de bord est renseigné par chaque enseignant pour une durée qui s'étend du début jusqu'à la fin des processus de conception, de mise en œuvre et éventuellement de révision de la ressource-fille fondée sur les DI (du début jusqu'à la fin des étapes de A à F du cycle de vie d'un document ; § 2.2.4). Pour le choix et le découpage des activités pertinentes, nous avons laissé leur renseignement à la charge de l'enseignant à qui nous avons simplement indiqué de noter ce qui lui semble significatif. Soulignons que le journal de bord concerne l'activité de l'enseignant en lien avec une classe de seconde précise (§ 3.3). Nous avons, en effet, choisi de limiter le suivi à l'activité relative à l'une des classes de seconde encadrées par l'enseignant pour que le temps consacré à remplir le journal de bord reste raisonnable. Ceci amène naturellement à prendre en compte des aspects de l'activité qui ne sont pas directement liés à cette classe, mais qui peuvent avoir des conséquences sur ou être conséquence de l'activité dans cette classe.

La « dévolution¹⁸ » de la tâche de renseignement du journal de bord à l'enseignant a lieu au cours d'une rencontre où nous présentons le journal de bord en nous basant sur un mode d'emploi de cet outil qui sera laissé à l'enseignant et qui explique l'objectif de cet outil et la façon dont il doit être renseigné (voir Annexe 2). Comme le journal de bord est rempli par l'enseignant, celui-ci doit donc y voir un intérêt pour lui-même, mais surtout il doit comprendre et s'approprier cet outil pour bien « jouer le jeu ». Il revient donc au chercheur de proposer un journal de bord qui va de pair avec les intérêts de l'enseignant et qui s'articule avec ses propres outils pour soutenir une certaine organisation de son travail. Pour essayer de répondre à cet objectif, nous avons demandé aux enseignants de renseigner d'abord une version du journal de bord pendant une semaine. Notre but était de laisser les enseignants s'entraîner à renseigner cet outil, de repérer leurs difficultés éventuelles dans la prise en main de ce journal et de recueillir ainsi leurs retours en vue d'ajuster la forme et les items du journal de bord. De ce fait, le journal de bord a été négocié avec les enseignants pour des adaptations éventuelles de ces rubriques. Ceci a rapproché cet outil des intérêts des enseignants et a aidé donc ces derniers à se l'approprier davantage.

¹⁸ La dévolution est un concept issu de la théorie des situations didactiques (Brousseau, 1998) : c'est le processus par lequel l'enseignant va essayer de réaliser une prise en charge par l'élève de la responsabilité de la solution et doit exclure de ses interventions celles qui ont trait à fournir des informations sur la solution. En empruntant ce terme à Brousseau, nous signifions ici le processus par lequel nous plaçons l'enseignant comme actant, comme responsable d'une partie du recueil de données

Ainsi, le journal de bord est un outil méthodologique qui est conçu en fonction du principe du suivi continu du travail documentaire (§ 3.1.3) et du suivi réflexif (§ 3.1.4) dans la mesure où il mobilise le regard du professeur sur sa propre activité. Nous relevons dans le journal de bord des éléments se rapportant à la séance, fondée sur les DI, qui sera observée en classe et au système de ressources de l'enseignant. De plus, ce journal de bord nous permettra de repérer des éléments relatifs aux systèmes d'activité de l'enseignant.

3.2.5. Un journal d'interactions

La première année de mise en œuvre de notre méthodologie a mis en évidence que l'impact du travail collectif sur la conception et les usages de ressources-filles et plus profondément sur le développement professionnel de l'enseignant, ne peut être saisi que par un suivi à long terme (plusieurs années mais aussi un suivi continu pendant chaque année). En appliquant le principe du suivi prenant appui sur la conception dans l'usage (§ 3.1.6), nous avons donc réfléchi à des améliorations possibles, en particulier pour le journal de bord, avec l'objectif de zoomer sur les interactions collectives des professeurs en chimie. C'est pourquoi, lors de la deuxième année de mise en œuvre de notre dispositif de recueil de données et dans le prolongement de la méthodologie d'investigation réflexive, nous avons remplacé le journal de bord, qui a été renseigné sur une courte durée, par un nouvel outil méthodologique que nous avons nommé *journal d'interactions* (JI) (voir Annexe 3) et qui est renseigné sur plusieurs mois.

Le journal d'interactions renferme plusieurs rubriques (voir Tableau 5) qu'il s'agit de renseigner pour chaque interaction collective dans la perspective de DI.

Type d'activité de DI qui motive les échanges	Personnes ou groupes avec qui vous échangez	Type d'interactions collectives	Objectif	Modalités d'échange	Lieu précis et date	Ressources utilisées Provenance (de qui, d'où ?)	Ressources produites (précisez si c'est une production individuelle ou collective-coproduction, avec qui ?)	Apport du collectif

Tableau 5. Les différentes rubriques du journal d'interactions

Le principe de cet outil méthodologique est d'examiner la diversité de communautés ou de personnes avec lesquelles un enseignant interagit (ce principe est différent de celui de regarder des enseignants dans une communauté supposée jouer un rôle déterminant). Le journal d'interactions est rempli individuellement et il rend donc compte de certaines interactions de l'enseignant pendant différents mois sur un axe de temps. Nous faisons l'hypothèse que ces interactions sont les principales interactions collectives qu'entretient l'enseignant avec d'autres protagonistes.

A travers les différentes rubriques du journal d'interactions, l'enseignant est censé développer une réflexion sur les composantes collectives de son travail documentaire en notant chaque mois, dans une démarche réflexive, toute interaction collective tournée vers les DI. Comme dans le cas du journal de bord, une rencontre avec l'enseignant a lieu pour présenter le journal d'interactions et assurer donc la « dévolution » de la tâche de renseignement de cet outil. Un mode d'emploi du journal d'interactions décrivant son objectif, ses rubriques, et la façon dont il doit être renseigné (voir Annexe 3) est communiqué

à l'enseignant au cours de cette rencontre. Nous lui proposons le journal d'interactions en lui laissant les possibilités de l'adapter en fonction de ses besoins et de ses propres outils de travail. Nous demandons à l'enseignant de ne compléter le journal d'interactions que pour une seule classe de seconde, et ce afin de limiter le temps consacré à renseigner cet outil. Les données notées seront prises mensuellement de l'enseignant, ce qui peut assurer une continuité du recueil de données et du suivi (§ 3.1.3). Nous avons pu recueillir des données renseignées dans le journal d'interactions qui s'étalent sur six mois (de janvier 2011 à juin 2011).

Le renseignement du journal d'interactions suppose, bien entendu, une réflexivité importante de l'enseignant sur son travail collectif. Les données recueillies dans ce journal sont donc chargées de la subjectivité de l'enseignant ; ce sont bel et bien les données que l'enseignant nous donne à voir. Cependant, dans la mesure où la crédibilité des données recueillies revêt une importance capitale dans un travail de recherche, nous avons choisi de trianguler les données renseignées dans le journal d'interactions avec d'autres types de données. De fait, le journal d'interactions sera d'abord croisé avec certaines données recueillies, notamment la RSTC, des échanges de courriels, des réunions avec d'autres collègues, etc.

Outre le croisement avec ces données, deux *démarches de triangulation* ont été menées : dans la première démarche, nous avons conduit un *entretien* avec l'enseignant portant sur les données renseignées dans le journal d'interactions (EJI). Plus précisément, nous avons interrogé l'enseignant sur les interactions collectives qu'il a notées, afin de recueillir plus d'éléments de précision et d'explicitation par rapport à ce qui a été mentionné dans le journal. Nous avons en plus questionné l'enseignant sur les ressources-filles importantes qu'il a conçues, dans la perspective de DI, pendant la durée de renseignement du journal d'interactions (de janvier à juin 2011). Nous faisons l'hypothèse que si l'enseignant cite des ressources-filles notées dans le journal d'interactions, ceci constitue alors un premier croisement avec les données renseignées dans le journal. En outre, nous réalisons au cours de l'entretien une visite des ressources mentionnées dans le journal, nous recueillons le maximum de ces ressources, ce qui nous permet aussi de croiser les données renseignées dans le journal avec les ressources recueillies.

Quant à la deuxième démarche de triangulation, elle consiste à mener un entretien avec un autre protagoniste mentionné dans le journal d'interactions. Ce protagoniste peut être un collègue avec lequel l'enseignant échange souvent (où le journal d'interactions révèle un fort degré d'interactions entre l'enseignant et ce protagoniste). Nous interrogeons ce protagoniste sur son travail collectif avec l'enseignant que nous suivons. Notre hypothèse est que si ce protagoniste cite des ressources ou des éléments que nous pouvons repérer dans le journal d'interactions, ceci constitue alors un autre croisement avec les données renseignées dans le journal.

Nous voulons souligner un autre point sur le plan méthodologique : comme nous l'avons mentionné, le journal d'interactions est orienté plus particulièrement vers les DI. Nous demandons à l'enseignant de noter dans ce journal ce qu'il estime être une interaction collective dans la perspective de DI, mais il ne s'agit pas pour nous, chercheur, de dire à l'enseignant ce que doivent être, selon nous, des DI (pas de prescription, pas de recherche de

normalisation, pas de proposition). D'ailleurs, c'est une posture que nous avons retenue tout au long de notre étude et pas seulement par rapport au journal d'interactions (§ 3.2.6). Ce sont donc des données recueillies sur ce que les enseignants considèrent comme des DI.

Ainsi, le journal d'interactions nous permet de suivre, aussi précisément que possible, les interactions collectives de l'enseignant chaque mois, ce qui n'était pas permis à travers le journal de bord renseigné uniquement sur une courte durée. Il nous permet donc d'approcher les différents systèmes d'activité de l'enseignant, et par conséquent son système d'interactions.

3.2.6. Des observations de classe enregistrées en vidéo

Les observations de classe que nous avons réalisées portent sur des situations et des *pratiques ordinaires* (Laborde *et al.*, 2002) mises en œuvre par des professeurs en chimie, lors de séances fondées sur des DI en classe de seconde, c'est-à-dire que les séances de classe que nous avons observées et étudiées ne relèvent d'aucune ingénierie didactique ou de recherche-action. En effet, nous ne nous sommes pas intervenu dans les choix de préparation et du déroulement des séances qui sont donc considérées comme « ordinaires ».

Comme nous venons de l'annoncer (§ 3.2.5), nous n'avons pas précisé aux enseignants ce que doivent être, de notre point de vue, les DI. Ce sont les situations et les pratiques que les professeurs en chimie estiment comme des DI et qu'ils mettent en œuvre, qui sont donc étudiées. S'agissant de pratiques ordinaires, nous n'avons formulé aucune demande particulière sur l'organisation et le déroulement des séances, le dispositif de recueil de données a été construit de manière à perturber *a minima* les séances. Pour autant, la position du chercheur comme observateur extérieur est paradoxale : être présent et attentif pour saisir l'instant et être « transparent » et sans influence sur le déroulement de la séance observée. Afin de pallier les effets de cette position paradoxale et pour que le dispositif de recueil de données en classe soit familier tant pour les élèves que pour le professeur, nous avons choisi d'être en *immersion* dans les lycées, c'est-à-dire que nous avons organisé des visites dans les lycées qui ont été assez nombreuses et suffisamment longues pour pouvoir participer, en témoin, à des petits moments de la vie du lycée ou de la classe suivie. Ce choix est essentiel lorsqu'il s'agit de filmer les séances de classe, ce qui était précisément notre cas. D'un point de vue anthropologique, Lallier (2011) souligne : « « savoir filmer » n'implique pas de maîtriser une quelconque grammaire cinématographique mais de savoir être là, au sens d'établir et de maintenir une relation sociale avec les personnes filmées, de construire une relation de face-à-face avec ceux que l'on filme, afin de percevoir ce qui se joue, ce qui se produit symboliquement, dans la situation d'échanges observée [...] ce que dit - ce que signifie - la séquence filmée procède de la relation sociale entre celui-ci [observateur-filmant] et les personnes filmées » (p. 107). Ceci montre donc l'importance du choix que nous avons fait quant à l'immersion et les visites fréquentes aux lycées de façon à entretenir, en reprenant les termes de Lallier (*ibidem*), une « relation sociale » avec les enseignants et à rendre plus ordinaire le dispositif de recueil de données.

Comme nous venons de le préciser, les observations de classe ont été filmées. Notre positionnement théorique, en particulier, dans le cadre de l'analyse du système d'activité de l'enseignant en classe, et au-delà de ses PCK et de ses orientations pour les DI, fait de la trace vidéographique un outil indispensable dans notre travail. En effet, pour pouvoir identifier les

règles d'action de l'enseignant, la façon dont le travail est divisé en classe, les ressources mobilisées, et les connaissances professionnelles mises en jeu, il est nécessaire de réaliser des enregistrements vidéo des séances de classe. Ajoutons aussi que notre dispositif méthodologique, fondé sur la réflexivité et l'auto-confrontation, fait de la *vidéo* un outil particulièrement pertinent dans notre étude parce que la vidéo rend la situation de classe accessible aux enseignants, ceux-ci peuvent avoir donc un retour réflexif sur leur propre activité en classe.

Il est intéressant aussi de noter que l'usage des enregistrements vidéo est d'une importance grandissante dans le domaine des recherches en éducation. En effet, la vidéo permet une reconstruction partielle dans le temps et dans l'espace de l'événement étudié, elle permet également de saisir simultanément des comportements verbaux et non verbaux des acteurs en situation. De ce fait, elle favorise une certaine levée des contraintes temporelles de la prise de notes dans la mesure où l'on peut revoir la situation autant de fois que nécessaire et ralentir ou s'arrêter sur une image (Veillard & Tiberghien, 2008).

Lorsqu'il s'agit de recueillir des données vidéo, deux attitudes sont souvent mises en évidence : celle qui consiste à avoir le champ le plus large afin de filmer le plus de choses possibles et d'être le plus neutre possible ; et celle qui consiste à zoomer sur ce qui semble important et à avoir une attitude plus active lors de la prise de données. En adoptant la première attitude, le chercheur réduit les risques des biais humains, mais il risque en retour de perdre certains détails importants pour l'analyse de ses données. Avec la deuxième attitude, le chercheur est davantage guidé par ses choix théoriques et ses hypothèses.

Notre attitude lors de la prise de vue s'appuie sur notre cadrage théorique : nous nous intéressons au système d'activité de l'enseignant en classe, où l'enseignant n'est pas seul et où la communauté est la classe (l'enseignant et ses élèves) ; nous nous attachons donc à capter un ensemble de données relatives à cette communauté et à ce système d'activité. C'est pourquoi nous avons choisi de nous centrer sur l'enseignant, et plus précisément encore, sur les interactions de l'enseignant avec des « bouts » de la communauté de classe. Nous avons placé la caméra vidéo au fond de la classe, sur un pied. Cette caméra prend dans son champ le professeur, elle nous permet de le suivre dans ses déplacements (quand il est au tableau, quand il mobilise des ressources, quand il s'adresse aux élèves...) car l'enseignant était équipé d'un micro cravate (voir Figure 13). Les deux configurations de prise de données en classe, une correspondant à une salle de cours et une autre à une salle de TP, sont données en annexe (voir Annexe 4). C'est donc notre cadre théorique qui oriente la prise de vue et donne le cadre du film. Ainsi, la méthodologie de prise de vue que nous avons appliquée peut être considérée comme un mélange des deux méthodes décrites ci-dessus puisque nous avons cherché à prendre des plans larges tout en zoomant sur certaines actions et interactions de l'enseignant qui nous paraissent importantes du point de vue des PCK et des règles d'action.



Figure 13. La caméra prenant dans son champ le professeur et le suivant quand il se déplace (dans la première photo à gauche, l'enseignant parle à toute la classe, alors la caméra prend l'enseignant en grand angle ; dans la deuxième photo, l'enseignant interagit avec un groupe d'élèves, alors la caméra est centrée sur l'enseignant et ce groupe d'élèves. Dans la dernière photo, l'enseignant écrit au tableau, alors la caméra est centrée sur le tableau et l'enseignant).

Ainsi, à travers l'observation de classe, il s'agit d'approcher le système d'activité de l'enseignant en classe et d'inférer des PCK, des règles d'action et au-delà des orientations pour les DI. En outre, il est également question des deux étapes du cycle de vie d'un document, à savoir la mise en œuvre de la ressource-fille et l'adaptation *in situ* de cette ressource-fille.

3.2.7. Observation du travail collectif de l'enseignant au sein de diverses communautés

Dans le cas où l'enseignant que nous suivons participe à des réunions avec ses collègues de son lycée ou d'autres collègues en dehors de son établissement, nous lui demandons d'y assister en tant qu'observateur extérieur. Notons que nous avons observé ces réunions sans intervenir, que ce soit pour approuver ou questionner le travail collectif mis en place. Nous voulons que l'enseignant et ses collègues interagissent et travaillent ensemble de façon naturelle indépendamment de notre travail de recherche. Notre immersion dans les lycées (§ 3.2.6) a rendu cet objectif réalisable dans la mesure où nos visites fréquentes aux lycées nous ont permis d'échanger à plusieurs occasions avec les collègues de l'enseignant et ont, par conséquent, rendu plus *ordinaire* ce suivi. Ajoutons aussi que cette immersion nous a permis de relever des interactions et des échanges informels entre l'enseignant et ses collègues, ce qui nous a aidé à mieux appréhender la nature du travail collectif de l'enseignant.

Ainsi, la participation à certaines des réunions de l'enseignant avec ses collègues nous permet d'approfondir le travail documentaire de l'enseignant dans ses composantes aussi bien individuelles que collectives. Elle nous permet aussi de repérer les différentes communautés ou personnes avec lesquelles l'enseignant interagit, et plus largement ses systèmes d'activité en dehors de la classe. En outre, l'assistance à des réunions nous fournit également des données que nous croisons avec d'autres données recueillies, notamment la RSTC (§ 3.2.3), le journal de bord (§ 3.2.4) et le journal d'interactions (§ 3.2.5).

3.2.8. Conclusion

Nous avons présenté dans l'ensemble de cette partie la méthodologie de recueil de données que nous avons mise en place dans le cadre de notre recherche. Cette méthodologie est basée sur des principes adaptés à nos questions de recherche et sur une réflexion étroitement liée à nos choix théoriques. Elle s'inspire de la méthodologie d'investigation réflexive, conçue pour le suivi de la documentation individuelle des enseignants, mais elle prolonge aussi cette méthodologie pour prendre en compte les interactions collectives des professeurs en chimie au sein de communautés variées. Ce prolongement méthodologique nous a amené à développer de nouveaux outils, notamment la RSTC et le journal d'interactions.

Le recueil de données est une opération essentielle dans la construction de la méthodologie. Différents outils méthodologiques, qui sont combinés à des données « naturelles », ont été présentés en détail. Ils permettent d'approcher l'activité de l'enseignant dans sa globalité, en classe comme hors classe. Une étape importante dans notre méthodologie consiste à effectuer une triangulation des données provenant de ces différents outils. Il n'est donc pas possible d'associer une fonction précise et unique à chacune de ces données.

3.3. La construction du terrain de recherche

La méthodologie de recueil de données que nous venons de présenter (§ 3.2) est mise en œuvre sur des terrains d'étude au cours de plusieurs périodes de suivi. Nous présentons d'abord dans cette partie nos choix par rapport à ces terrains d'étude suivant deux angles de vue : le premier concerne le choix des enseignants qui ont participé à notre travail de recherche (§ 3.3.1) et le second relève du choix du *contenu chimique* (§ 3.3.2). Ensuite, nous abordons la présentation des deux études de cas (§ 3.3.3) en décrivant la méthodologie mise en œuvre sur chaque terrain d'étude.

3.3.1. Le choix des enseignants

Nous portons un regard spécifique sur les interactions collectives de l'enseignant, dans la perspective de DI, au sein de communautés variées. Ceci suppose naturellement deux conditions nécessaires : d'une part, il faut que les enseignants participant à notre étude soient impliqués dans un travail collectif au sein de communautés « naturelles » ou « intentionnelles » (§ 2.4.3) ; d'autre part, il faut que ces enseignants pratiquent les DI dans leur enseignement.

Pour pouvoir choisir des enseignants répondant à ces deux critères, nous avons conçu un questionnaire de présentation personnelle qui porte, entre autres, sur le parcours professionnel des enseignants, leur implication dans le travail collectif et les DI (voir Annexe 5). Nous avons proposé ce questionnaire à des professeurs de SPC participant, le 18 novembre 2009, à

une journée d'étude, à l'INRP¹⁹, intitulée « Expérimentations d'enseignements scientifiques renouvelés en classe de seconde²⁰ ». Cette journée d'étude qui réunissait un nombre de professeurs de SPC (dix sept professeurs de SPC étaient présents) était plus particulièrement centrée sur les DI, ce qui justifie ainsi notre choix de passation de ce questionnaire lors de cette journée d'étude en particulier.

Comme le programme de cette journée d'étude était chargé et que les enseignants ont effectivement besoin de temps pour répondre aux questions, nous avons simplement annoncé notre questionnaire à tous les participants à cette journée d'étude, et nous avons demandé plus particulièrement aux professeurs de SPC de nous communiquer leurs adresses électroniques pour leur envoyer le questionnaire, par mail, à la suite de cette journée. Nous avons également profité de notre participation à cette journée d'étude pour expliciter aux professeurs présents notre objectif de recherche et discuter avec eux à propos de leur travail collectif enseignant et des DI. Le questionnaire a été ensuite diffusé, par mail, auprès des dix sept professeurs de SPC qui se sont réunis à l'occasion de cette journée d'étude, mais en retour, onze enseignants seulement y ont répondu. Soulignons que ce questionnaire nous a essentiellement servi pour le choix des enseignants.

Nous exploitons dans cette thèse les données que nous avons recueillies pour deux enseignants qui ont participé à notre étude. Nous présentons en détail ces enseignants que nous nommons Lucien et Sarah (pseudonyme) dans une partie suivante (§ 3.3.3). Ces deux enseignants pratiquent les DI dans leurs classes. Les interactions collectives de Sarah se font essentiellement au sein de son lycée alors que Lucien entretient des relations de travail fortes qui vont au-delà de la communauté de son lycée pour concerner d'autres communautés. Le système d'interactions de Lucien se distingue alors de celui de Sarah par une plus grande diversité de systèmes d'activité impliquant des communautés variées. Nous considérons de fait que le caractère complémentaire du profil de ces enseignants pourrait fournir un cadre intéressant permettant d'organiser notre questionnement, d'où le choix de ces enseignants en particulier.

Il est, cependant, intéressant d'évoquer les « perturbations » de la mise en place de notre méthodologie, notamment la difficulté à choisir des enseignants prêts à participer à notre travail de recherche. En effet, notre étude a débuté à un moment « critique » de l'enseignement des sciences induit par l'arrivée des nouveaux programmes en lycée, en particulier en classe de seconde, une arrivée qui appelle à un renouveau de l'enseignement des sciences à travers la généralisation des DI. Ceci peut donc expliquer la réticence de certains enseignants quant à leur participation à notre étude, mais en même temps ceci constitue un moment intéressant pour notre étude dans la mesure où des « perturbations », induites par ce renouvellement, sont susceptibles de toucher les systèmes de ressources et les systèmes d'activité des enseignants et d'impliquer de nouveaux équilibres qui seraient sans doute intéressants à saisir.

¹⁹ Institut National de Recherche Pédagogique ; depuis 1^{er} janvier 2011, il a intégré l'Ecole normale supérieure de Lyon et il est devenu « Institut Français de l'Éducation » (IFE).

²⁰ <http://ife.ens-lyon.fr/manifestations/formation/experimentation-enseignements-scientifiques>

3.3.2. Le choix du thème de la quantité de matière en chimie

Comme nous nous intéressons aux PCK de l'enseignant qui sont, par définition, liées à un contenu disciplinaire particulier (§ 2.3.3) et comme nous visons l'analyse d'un savoir en jeu d'un point de vue didactique, nous avons fait le choix de focaliser notre regard sur un contenu chimique spécifique : la « quantité de matière » et son unité la « mole » enseignées en classe de seconde. Deux considérations motivent ce choix.

La première raison réside dans le fait que la quantité de matière constitue le cœur de l'enseignement de la chimie au lycée et que cet enseignement est bien souvent reconnu comme étant difficile. En effet, beaucoup d'élèves éprouvent des difficultés à comprendre et à appliquer le concept de la mole (Tüllberg *et al.*, 1994 ; Dori & Hameiri, 1998 ; BouJaoude & Barakat, 2000). En outre, de nombreuses recherches (Tüllberg *et al.*, 1994 ; Furió *et al.*, 2000) mettent en évidence des incompréhensions de ce concept de la part des enseignants. Donc de réelles difficultés se posent dans l'enseignement de la quantité de matière et de la mole qui constitue, de ce fait, un véritable enjeu pour le professeur en chimie. Ainsi, ces difficultés pourraient induire un travail documentaire et des interactions collectives plus soutenues des enseignants. Quant à la seconde raison, elle est liée au fait que le thème de la quantité de matière est un objet d'étude en chimie qui se prête à la mise en œuvre de DI. Ceci appuie donc notre choix de cette notion dans la mesure où notre recherche se situe dans le contexte de DI.

Par ailleurs, il convient de noter que, dans notre travail, nous portons notre regard sur les situations d'enseignement qui exploitent la quantité de matière et la mole mais ne se limitent pas à leur introduction. En d'autres termes, nous ne privilégions pas seulement les situations d'enseignement qui introduisent le concept de quantité de matière, mais aussi celles qui suivent son introduction et l'utilisent (par exemple, des situations d'enseignement portant sur la réaction chimique, la concentration, le bilan de matière) et pour lesquelles la mise en œuvre de DI est pertinente.

Ainsi, les interactions collectives du professeur en chimie pourraient conférer à celui-ci la possibilité d'accéder à des ressources qu'il peut mobiliser afin de faire face aux difficultés d'enseignement du thème de la quantité de matière et de mettre en place des DI, ce qui aurait en retour des conséquences sur ses PCK. La quantité de matière s'avère donc un thème chimique propice pour étudier nos questions de recherche.

3.3.3. Les deux terrains d'étude, présentation et méthodologie

Cette section se centre sur les deux terrains d'étude que nous avons explorés. Il s'agit du suivi de la documentation et du système d'interactions des deux enseignants : Lucien et Sarah. L'étude de cas de Lucien a été réalisée pendant deux années consécutives (année 2009/2010 et 2010/2011) alors que celle de Sarah a été menée au cours d'une seule année (année 2010/2011).

Nous présentons ici ces deux terrains d'étude, d'abord les enseignants Lucien et Sarah, ensuite l'historique de leur implication dans ce travail. Enfin, nous explicitons la mise en œuvre de la méthodologie sur chacun de ces terrains.

Présentation de Lucien et de Sarah

Lucien est un professeur en chimie depuis treize ans (au moment de la première année de son suivi en 2009/2010). Il a toujours travaillé au lycée dans lequel il enseigne actuellement. Il a préparé et obtenu une licence en physique-chimie puis une agrégation en physique. Il a également fait un DEA²¹ en didactique des sciences. Depuis qu'il a commencé sa carrière, il a toujours enseigné en classe de seconde. Il a également enseigné au cours de ses treize ans d'expérience professionnelle en première et en terminale scientifiques. Il a aussi participé aux enseignements des options P2S²² (Pratique Scientifique en Seconde) et MPI²³ (Mesures Physiques et Informatiques) en classe de seconde. Son travail collectif avec ses collègues de SPC de son lycée est fréquent (§ 5.1 et 5.2). Il a déjà fait partie de plusieurs communautés professionnelles, en particulier du groupe SESAMES qui conçoit des ressources en ligne pour l'enseignement de SPC.

Sarah est une professeure en chimie depuis quinze ans (au moment de son suivi en 2010/2011). Elle a intégré une classe préparatoire, puis elle a obtenu un diplôme d'ingénieur et ensuite le CAPES en chimie. Sarah a enseigné dans quatre lycées au cours de son expérience professionnelle. Elle a été donc au contact avec diverses communautés professionnelles « naturelles » qui était chacune plus ou moins ouverte au travail collectif. Cette année (l'année correspondant à notre suivi de Sarah), elle enseigne dans un nouveau lycée et elle se trouve ainsi en interaction avec une nouvelle communauté des enseignants de SPC de son établissement, une communauté au sein de laquelle règne un vrai travail collectif (§ 6.2).

Prise de contact avec les enseignants suivis

Nous avons organisé une première rencontre avec chacun des enseignants Lucien et Sarah dans leur lycée. Nous avons demandé à ces enseignants au préalable, à travers un mail que nous leur avons envoyé, la possibilité d'organiser cette rencontre en présence de leurs collègues de SPC du lycée enseignant en classe de seconde. En effet, comme nous nous intéressons au travail collectif enseignant, il nous semble essentiel d'explicitier notre projet de recherche non seulement aux enseignants que nous suivons de près, mais également à tous leurs collègues de SPC avec lesquels ils échangent et collaborent. C'est ainsi que la première rencontre avec Lucien et Sarah s'est déroulée dans une salle de leur lycée où étaient présents leurs collègues de SPC afin de leur préciser notre projet de recherche.

Nous y avons présenté notre projet de recherche comme un travail s'intéressant à la conception de ressources et aux aspects collectifs du travail de l'enseignant. Nous avons précisé aussi que nous nous intéressons plus particulièrement aux DI dans le cadre d'une réflexion sur les bouleversements que peut engendrer ce nouveau contexte d'enseignement

²¹ Diplômes d'Etudes Approfondies. Depuis 2004, le DEA est remplacé par le master à finalité recherche.

²² C'est une nouvelle organisation de l'enseignement des sciences expérimentales en classe de seconde qui privilégie l'interdisciplinarité, et l'expérimentation dans un enseignement conjoint Sciences Physiques et Chimiques / Sciences de la Vie et de la Terre.

²³ L'enseignement dispensé dans cette option est un enseignement de sciences expérimentales : il est en concordance avec les programmes des disciplines scientifiques et techniques de la classe de seconde.

des sciences, recommandé dans les nouveaux programmes de seconde, dans le travail individuel et collectif des enseignants. Nous avons exprimé notre intérêt particulier pour le thème relatif à la quantité de matière (§ 3.3.2). Nous avons également explicité notre intérêt pour participer à leurs propres réunions, toujours comme observateur extérieur, dans la mesure du possible. Par ailleurs, cette première rencontre nous a servi à inférer des données relatives à la nature du travail collectif qui se fait entre chacun des enseignants, Lucien et Sarah, et leurs collègues, et en particulier à délimiter les données naturelles de chaque terrain d'étude. Par exemple, nous avons été informé au cours de cette rencontre que Lucien et ses collègues disposent d'un wiki pour mettre en commun leurs ressources. Nous leur avons alors demandé de nous permettre d'accéder en permanence aux données de ce wiki à partir d'un code d'accès. De même, Sarah et ses collègues nous ont signalé qu'ils disposent d'un site pour mutualiser leurs ressources.

Cette première rencontre nous a également permis de présenter l'ensemble du dispositif de suivi des enseignants et d'initier l'engagement de ceux-ci dans la collecte de données. Comme dans notre méthodologie l'enseignant est un acteur essentiel dans le recueil de données, nous avons ouvert la possibilité à Lucien et Sarah de négocier ce dispositif. Nous leur avons précisé notre volonté de faire des observations dans leurs classes, enregistrées en vidéo, sans perturber l'organisation habituelle de leur travail. En outre, nous leur avons informé que nous aurions accès à leurs propres ressources (y compris les mails échangés avec leurs collègues). Nous leur avons aussi indiqué que nous sommes ouverts à leurs propositions pour engager d'autres formes éventuelles de suivi, ce qui assure une adaptabilité de nos outils aux conditions du terrain expérimental.

Nous explicitons dans la partie suivante le processus de mise en œuvre de notre méthodologie sur les deux terrains d'étude.

Outils méthodologiques mis en œuvre pour le suivi de Lucien

Comme nous l'avons précédemment annoncé, nous avons suivi le travail documentaire et les interactions collectives de Lucien pendant deux années consécutives. Nous avons développé notre méthodologie pour le suivi de ce premier terrain expérimental dans une perspective de conception dans l'usage (§ 3.1.6). De ce fait, la première année de suivi de Lucien nous a donné l'opportunité de développer notre méthodologie pour l'année suivante.

Dans un premier temps, nous présentons dans cette partie les outils méthodologiques que nous avons mis en place au cours de la première année de suivi de Lucien. Nous explicitons dans un second temps l'ajustement de la méthodologie au cours de la deuxième année de suivi.

Outils méthodologiques mis en œuvre au cours de la première année de suivi

Certains outils méthodologiques, parmi ceux que nous avons précédemment présentés (§ 3.2) n'étaient pas développés au moment de la première année de suivi de Lucien (année 2009/2010), mais ils en sont le produit. Nous présentons ci-dessous les outils

méthodologiques que nous avons mis en place pour suivre la documentation et le travail collectif de Lucien au cours de cette première année d'étude :

- Des *entretiens* : nous avons conduit quatre entretiens avec Lucien au cours de la première année de son suivi. Il s'agit d'un entretien général au début de la période de suivi, d'un entretien avant la séance observée, d'un entretien à chaud juste après la séance observée et d'un entretien final qui a pris la forme d'un entretien d'auto-confrontation (§ 3.2.2) ;
- Des *représentations schématiques* : nous avons demandé à Lucien de tracer deux types de représentations schématiques : une RSSR (représentation schématique du système de ressources) et une RSTC (représentation schématique du travail collectif) (§ 3.2.3). Celles-ci ont été réalisées par Lucien une première fois au début de son suivi lors de l'entretien général. Chacune d'elle a été ensuite reprise et retouchée par lui. En effet, au cours de l'entretien précédant l'observation de classe, nous avons proposé à Lucien de reprendre les représentations schématiques qu'il a réalisées au cours de l'entretien général. Nous lui avons précisément demandé de noter sur un papier calque les changements éventuels dans son système de ressources ainsi que les ressources qu'il a mobilisées pour concevoir sa ressource-fille fondée sur les DI (dans le cas de la RSSR) ou son travail collectif et ses interactions avec ses collègues et leurs ressources en vue de préparer la séance qui sera observée (dans le cas de la RSTC). Suivant le même principe, nous avons également suggéré à Lucien au cours de l'entretien final de noter sur ces représentations schématiques des modifications éventuelles dans son système de ressources ou dans ses interactions collectives ;
- Un *journal de bord* : nous avons demandé à Lucien de noter, dans une démarche réflexive, toutes ses activités, tant individuelles que collectives, qui se déroulent en classe et hors classe, et qui concernent en particulier la conception, la mise en œuvre et la révision de la ressource-fille basée sur les DI et portant sur l'enseignement du thème de la quantité de matière (§ 3.2.4). Lucien a renseigné ce journal de bord pendant presque un mois pour une classe de seconde que nous avons suivie de près ;
- *Observation de classe enregistrée en vidéo* : nous avons observé en classe la ressource-fille fondée sur les DI que Lucien a conçue et sur laquelle il a rapporté des faits dans son journal de bord. Cette ressource-fille concerne plus particulièrement l'enseignement du thème de la quantité de matière. L'observation de la séance de classe a été, par ailleurs, filmée (§ 3.2.6) ;
- *Observation du travail collectif de Lucien* : nous avons cherché à approfondir le travail documentaire de Lucien dans ses composantes collectives. Pour ce faire, nous avons suivi les interactions collectives de Lucien au sein de diverses communautés à travers le suivi du wiki, des échanges de mails, ou par la participation à des réunions en présence de ses collègues. Nous avons centré en particulier ce suivi au moment de la mise en place de l'enseignement du thème de la quantité de matière. Notons que la première année de suivi de Lucien était caractérisée surtout par ses interactions collectives au sein de la communauté des professeurs de SPC de son lycée (§ 5.1).

Ainsi, nous avons listé les outils méthodologiques que nous avons mis en œuvre sur un terrain expérimental au cours de sa première année de suivi. Dans ce qui suit, nous présentons la mise en œuvre de notre méthodologie au cours de l'année suivante.

Outils méthodologiques mis en œuvre au cours de la deuxième année de suivi

La méthodologie projetée sur la deuxième année de suivi de Lucien a connu des développements liés à la première mise à l'épreuve, sur ce même terrain d'étude, l'année précédente. Ces développements touchent en particulier la mise en place d'un journal d'interactions au lieu du journal de bord (§ 3.2.5) et une immersion encore plus profonde dans le lycée de Lucien, au contact de ses élèves et de ses collègues.

Comme au cours de la première année de suivi, nous avons mené avec Lucien différents types d'entretiens : un entretien général, un entretien avant et après chaque observation de séance de classe et un entretien final. Nous avons également demandé à Lucien de réaliser une RSSR et une RSTC pendant ces entretiens. Il est intéressant, cependant, de souligner qu'au cours de la deuxième année de suivi, nous avons proposé à Lucien de faire de nouvelles représentations schématiques et de ne pas donc noter des modifications sur les anciennes, tracées l'année précédente. Nous visons de fait un suivi de l'évolution des représentations schématiques et par conséquent des ressources et du travail collectif de Lucien sur deux ans. Nous avons en plus demandé à Lucien de commenter et de comparer les représentations schématiques réalisées au cours des deux années consécutives. Ceci s'est déroulé précisément au cours de l'entretien général avec Lucien. En appliquant le principe de suivi continu du travail documentaire de Lucien (§ 3.1.3), nous avons repris le suivi des représentations schématiques, d'un entretien à un autre, comme nous l'avons fait au cours de la première année d'étude. De ce fait, au cours de l'entretien avant l'observation de classe, nous avons demandé à Lucien de reprendre sa RSSR et sa RSTC réalisées au cours de l'entretien général et de noter sur un papier calque des changements éventuels. Des représentations schématiques retouchées ont été ainsi obtenues. De même, nous avons sollicité Lucien au cours des entretiens suivants afin qu'il note d'autres modifications, le cas échéant.

La première année de mise à l'épreuve de notre méthodologie nous a montré que les effets du travail collectif de l'enseignant sur son développement professionnel sont à saisir à travers un suivi à long terme, mais également au moyen d'un suivi continu durant chaque année. En nous appuyant sur la conception dans l'usage, nous avons donc mis en place un nouvel outil méthodologique, à savoir le *journal d'interactions* (JI) qui est venu remplacer le journal de bord et qui nous a permis de suivre les interactions collectives de Lucien dans la perspective de DI pendant six mois (§ 3.2.5). En effet, Lucien a renseigné le JI de janvier à juin 2011 en rendant compte de ses interactions, tournées vers les DI, au sein de diverses communautés. Bien entendu, Lucien rapporte encore dans ce JI ses interactions collectives concernant l'enseignement du thème de la quantité de matière. Ainsi, ce JI nous permet d'approcher le système d'interactions de Lucien, et par conséquent la multiplicité de ses systèmes d'activité et des liens qui les articulent. Notons que, suivant le principe de triangulation, nous avons aussi conduit un entretien sur le JI avec Lucien, au cours duquel une visite guidée et un recueil de ressources mentionnées dans le journal ont été réalisés, en plus

d'un entretien mené auprès d'un protagoniste avec lequel Lucien interagit souvent suivant les données renseignées dans le JI (§ 3.2.5).

Par ailleurs, nous avons procédé lors de la deuxième année de suivi de Lucien à une immersion plus profonde dans son travail en classe et hors classe. Ceci s'est traduit par des visites fréquentes à son lycée et par des observations de classe qui correspondaient à des séquences d'enseignement pour pouvoir saisir des moments de ses interactions collectives au sein de la communauté de classe et de la communauté de ses collègues du lycée. Ajoutons aussi que cette immersion nous a permis de rendre le suivi plus ordinaire et de relever des interactions et des échanges informels entre l'enseignant et ses collègues. Ceci nous a, sans doute, aidé à comprendre davantage le travail documentaire de Lucien dans ses composantes individuelles et collectives. Les séquences d'enseignement que nous avons observées et enregistrées en vidéo impliquent le thème de la quantité de matière et par conséquent le même thème que nous avons examiné l'année précédente. Elles correspondent à huit séances de classes (quatre séances de TP et quatre séances de cours).

Outils méthodologiques mis en œuvre pour le suivi de Sarah

Comme nous l'avons déjà précisé, nous avons suivi le travail documentaire et les interactions collectives de Sarah pendant une seule année (l'année 2010/2011) qui correspond à l'année au cours de laquelle nous avons développé notre méthodologie en fonction de sa mise à l'épreuve, l'année précédente, dans le cadre de la première année du suivi de Lucien. De ce fait, les outils méthodologiques que nous avons mis en œuvre pour le suivi de Sarah sont tout à fait identiques à ceux que nous avons décrits pour la deuxième année de suivi de Lucien.

Plus précisément, nous avons conduit différents types d'entretiens avec Sarah : un entretien général au début de la période de son suivi, un entretien avant et après chaque observation de classe et un entretien final. Nous avons aussi demandé à Sarah de tracer deux types de représentations schématiques pendant ces entretiens : une RSSR et une RSTC qui étaient réalisées une première fois au cours de l'entretien général puis reprises et retouchées pendant l'entretien précédant l'observation de classe et éventuellement lors de l'entretien final.

Nous avons également demandé à Sarah de renseigner, pendant six mois (de janvier à juin 2011), un journal d'interactions (JI) à travers lequel nous suivons ses échanges avec ses collègues dans la perspective de DI. Dans ce JI, Sarah rapporte, entre autres, ses interactions collectives avec ses collègues pour la conception et la mise en œuvre de son enseignement relatif au thème de la quantité de matière. D'ailleurs, un entretien a été conduit avec Sarah sur le JI au cours duquel une visite guidée et un recueil de ressources notées dans le JI ont été effectués (§ 3.2.5).

En outre, nous avons filmé une séquence de classe de Sarah fondée sur les DI et portant sur le thème de la quantité de matière (la séquence correspond à quatre séances de classe, deux séances de TP et deux séances de cours). Nous avons en plus suivi le travail collectif de Sarah avec ses collègues du lycée à travers les échanges de mails et la participation à certaines

réunions, en particulier celles qui visent la mise en place de l'enseignement du thème de la quantité de matière.

3.3.4. Conclusion

Nous avons présenté dans cette partie les choix qui ont piloté la construction de notre terrain expérimental. Ces choix concernent, d'une part, les enseignants sollicités, et d'autre part, le contenu chimique que nous avons étudié. Dans cette thèse, seront exploitées et analysées les données collectées relatives à deux enseignants, Lucien et Sarah.

Nous avons fait le choix du thème de la quantité de matière comme contenu chimique à étudier et analyser d'un point de vue didactique. Deux raisons justifient notre choix : d'une part, l'enseignement de ce contenu chimique est difficile ; ceci pourrait alors susciter des interactions collectives de l'enseignant avec d'autres collègues afin de *re-sourcer* son travail. D'autre part, la mise en place des DI pour l'enseignement de ce contenu est tout à fait appropriée.

Nous avons également présenté la façon dont nous avons mis en œuvre notre méthodologie sur les deux terrains d'étude au cours de deux années consécutives. Nous avons en particulier mis en lumière les outils méthodologiques exploités pour le suivi de Lucien et de Sarah en explicitant comment notre méthodologie a été développée en fonction de sa mise en œuvre au cours de la première année.

Dans ce qui suit, nous exposons la méthodologie d'analyse que nous avons développée afin d'analyser les données issues des différents outils méthodologiques que nous avons présentés.

3.4. Méthodologie d'analyse des données

Nous présentons dans cette partie la méthodologie d'analyse des entretiens (§ 3.4.1) ; des représentations schématiques (§ 3.4.2) ; du journal de bord (§ 3.4.3) ; du journal d'interactions (§ 3.4.4) ; des ressources-filles (§ 3.4.5) et des observations de classe (§ 3.4.6). Ces différentes méthodologies présentent des critères d'analyse communs dans la mesure où elles s'appuient fortement sur notre cadrage théorique.

3.4.1. Méthodologie d'analyse des entretiens

Nous exposons d'abord le principe de découpage du discours de l'enseignant au cours des entretiens. Ensuite, nous illustrons notre méthodologie en nous basant sur des exemples d'extraits d'entretiens.

Principe de découpage du discours

Nous présentons ici la façon dont nous avons pensé le découpage du discours de l'enseignant au cours des entretiens. Nous proposons un *découpage thématique* des données et

nous explicitons les différents thèmes retenus pour notre analyse. A partir de ces thèmes, nous construisons une *grille d'analyse*.

Pour analyser les données des entretiens, nous avons choisi de découper le discours de l'enseignant interviewé en quatre thèmes : *système de ressources* (SR), *travail collectif* (TC), *démarches d'investigation* (DI), *connaissances professionnelles* (K), qui constituent le cœur de notre étude et de notre cadrage théorique. Ces thèmes sont ensuite découpés en différentes catégories découpées à leur tour en de sous-catégories ; cette structure a constitué ce que nous avons appelé la grille d'analyse des entretiens. Ces catégories et ces sous-catégories sont issues de notre cadrage théorique ; elles sont par la suite codées.

En ce qui concerne le premier thème que nous avons nommé *système de ressources* (SR), plusieurs catégories visant à identifier des éléments sur le SR de l'enseignant ont été définies (voir Figure 14) : nous cherchons à repérer d'abord les *ressources* utilisées par l'enseignant pour organiser son enseignement (code : SR1) ainsi que *l'organisation et la structure de ces ressources* (code : SR2). La visite guidée de ces ressources au cours de l'entretien (§ 3.2.2) renforce les déclarations de l'enseignant et appuie donc notre analyse en nous permettant de visualiser concrètement comment sont rangées, organisées, structurées toutes les ressources que celui-ci a constituées pour développer les différentes activités liées à son enseignement. Comme le travail documentaire du professeur est le moteur d'une genèse documentaire (§ 2.2.2), nous nous attachons à identifier, à travers les entretiens, des éléments sur les *genèses documentaires* de l'enseignant. Dans cette dernière catégorie nous avons, en fait, distingué deux sous-catégories, à savoir les deux processus *d'instrumentation* (code : SR3) et *d'instrumentalisation* (code : SR4) qui sont au cœur des genèses documentaires (§ 2.2.2).

Par rapport au thème concernant le *travail collectif* (TC) (voir Figure 15), nous cherchons à approcher les différents systèmes d'activité de l'enseignant. Il s'agit donc d'identifier les différentes *communautés* ou personnes avec lesquelles l'enseignant interagit (code : TC1), *l'objet* vers lequel est orientée l'activité de l'enseignant avec ces communautés ou personnes (code : TC2) et les modalités du travail de l'enseignant avec ces communautés ou personnes que nous décrivons en termes de *division de travail* (code : TC3), *d'outils* utilisés (code : TC4), de *règles* (code : TC5) et de *style de pensée* (code : TC6). Nous visons à déterminer également *l'apport des communautés* (code : TC7) aussi bien sur les connaissances professionnelles de l'enseignant que sur son système de ressources dans la perspective de DI. Ainsi, l'analyse ayant trait à ce thème nous permet de caractériser les différents systèmes d'activité de l'enseignant, et par conséquent son *système d'interactions* constitué par la diversité de ses systèmes d'activité et des liens qui les articulent.

Concernant le thème de *démarches d'investigation* (DI) (voir Figure 16), nous avons considéré les *ressources-mères* mobilisées par l'enseignant afin d'élaborer une *ressource-fille* fondée sur les DI (code : DI1), *l'ancienneté* de l'enseignant *dans la pratique de DI* (code : DI2) ainsi que les aspects qui, selon lui, caractérisent les DI (code : DI3).

A partir des entretiens, nous cherchons à inférer également des éléments sur les *connaissances professionnelles* (K) de l'enseignant correspondant au quatrième thème (voir Figure 17). Nous portons une attention spécifique à deux types de connaissances : les PCK/compréhension des élèves (code : K1) et les PCK/stratégie (code : K2) (§ 2.3.4).

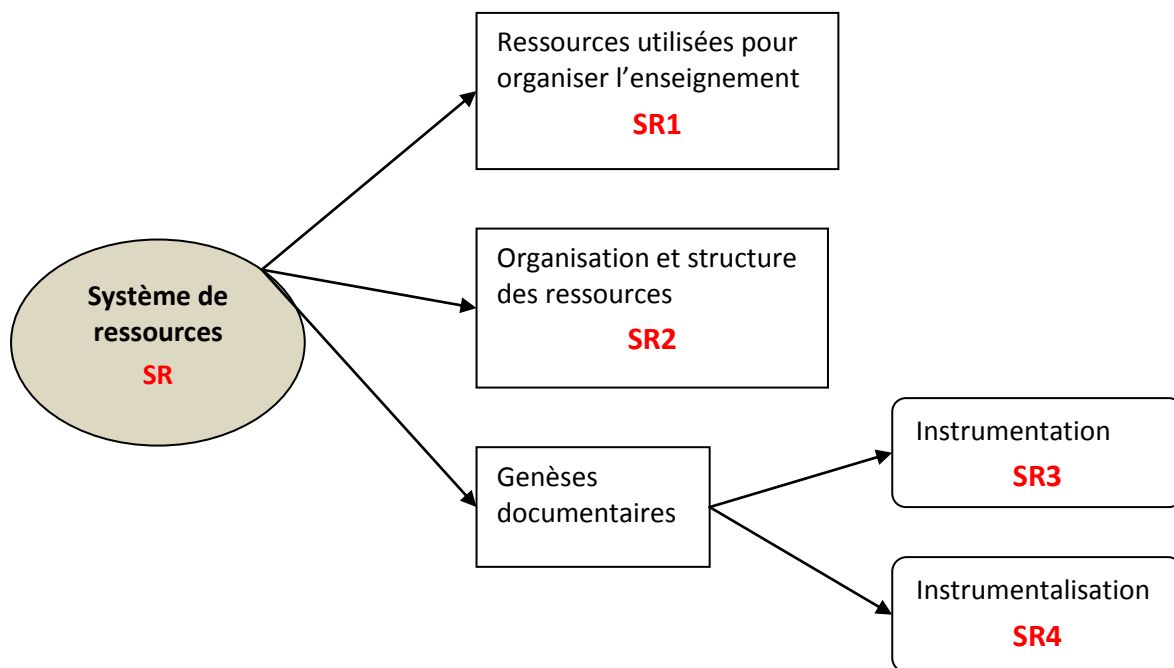


Figure 14. Catégories et sous-catégories du thème « système de ressources SR »

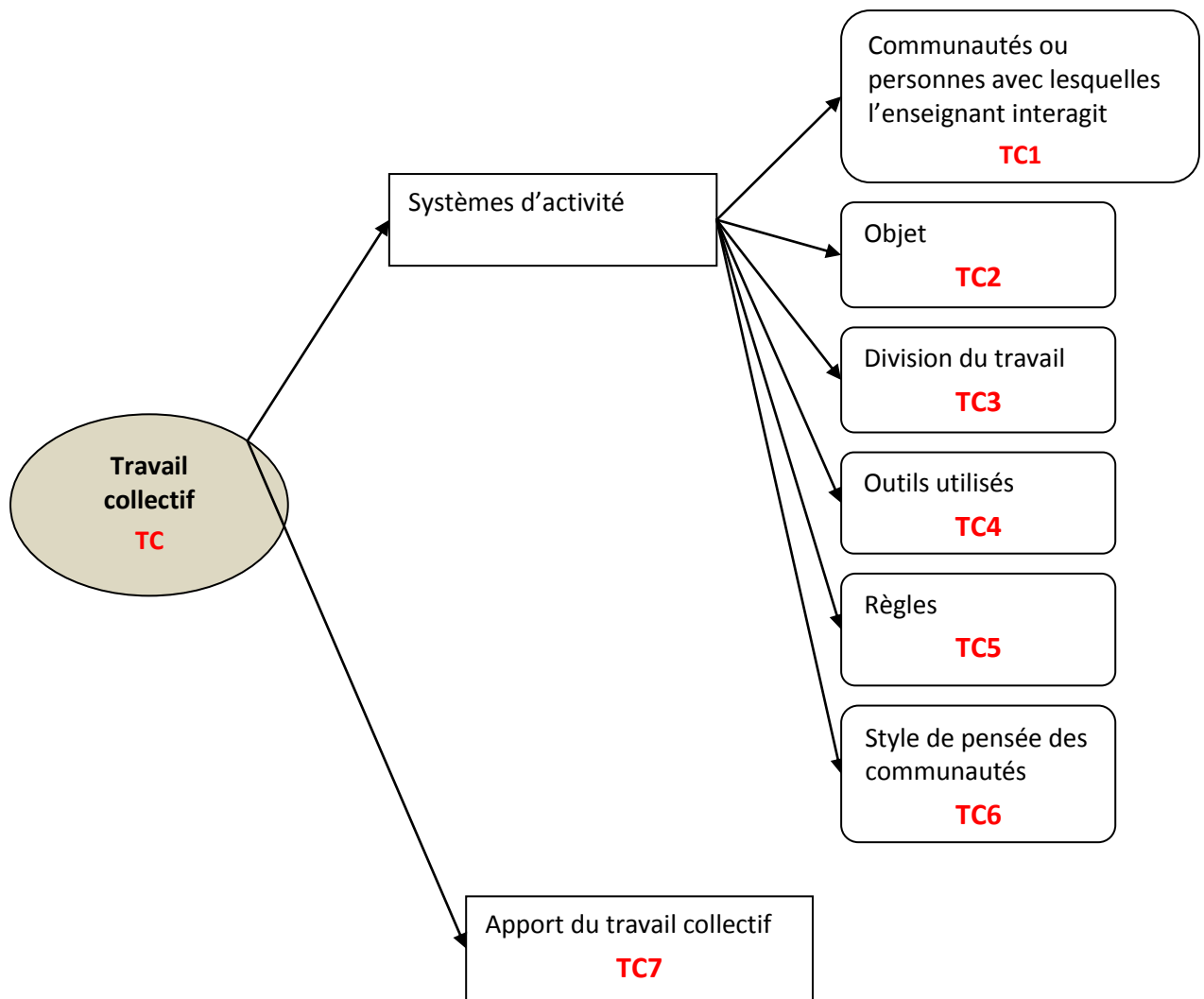


Figure 15. Catégories et sous-catégories du thème « travail collectif TC »

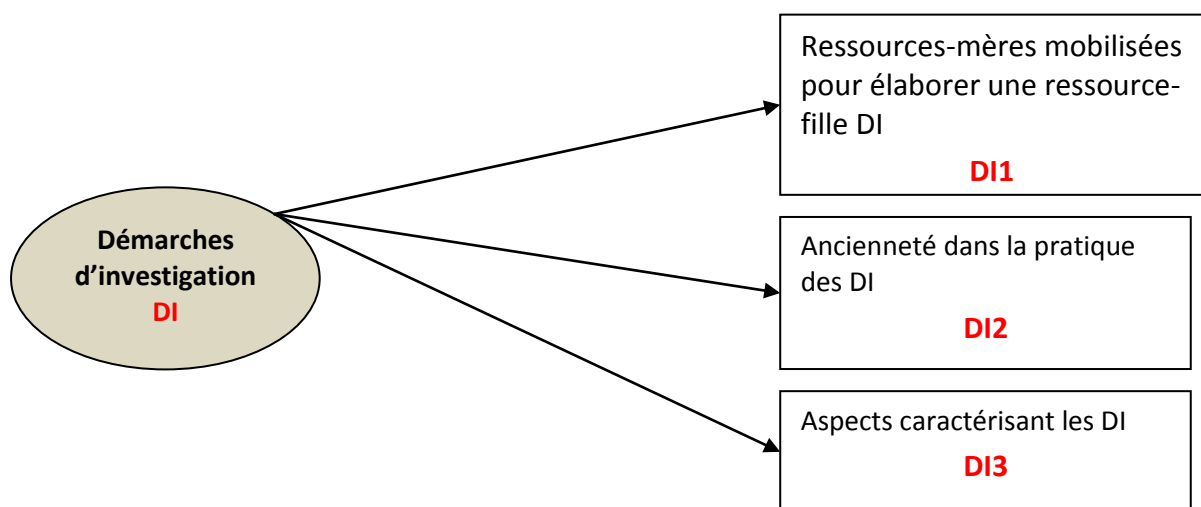


Figure 16. Catégories du thème « démarches d'investigation DI »

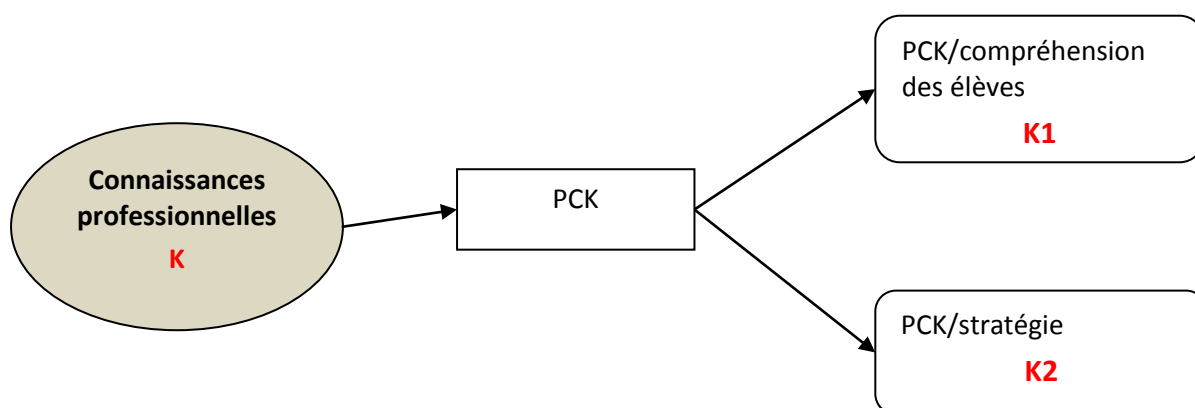


Figure 17. Catégories et sous-catégories du thème « connaissances professionnelles K »

Méthodologie de découpage du discours

Après avoir explicité les différentes catégories et sous-catégories associées à chacun des quatre thèmes, nous allons expliquer, en nous appuyant sur des exemples d'extraits d'entretiens, la façon dont nous avons découpé le discours de l'enseignant.

En effet, nous procédons dans notre analyse suivant un découpage de chaque réponse donnée par l'enseignant à l'issue d'une question que nous lui avons posée. Selon ce découpage, nous considérons qu'une *séquence* est formée de l'ensemble des phrases de l'enseignant interviewé comprises entre deux questions. Autrement dit, nous considérons qu'une séquence correspond à la réponse de l'enseignant à une question. Nous décomposons chaque séquence en *unités* qui correspondent aux catégories ou sous-catégories codées.

Une interférence entre plusieurs thèmes peut avoir lieu dans le discours de l'enseignant interrogé ; une même réponse associe en l'occurrence plusieurs thèmes (voir Tableau 6). De ce fait, une séquence peut être monothématique, bi-thématique, tri-thématique, etc. Bien entendu, une séquence peut être décomposée en des unités correspondant à une ou plusieurs catégorie(s)/sous-catégorie(s) relative(s) à un même thème (voir Tableau 7 et Tableau 8). La combinaison des unités dans le discours de l'enseignant ou, en d'autres mots, des catégories ou des sous-catégories relatives aux quatre thèmes, nous permet d'inférer des éléments sur ces thèmes.

Le codage du discours de l'enseignant lors des entretiens, mais aussi de n'importe quelle autre donnée (données vidéo par exemple) pose la question du degré de certitude que nous pouvons avoir en effectuant cette tâche. Il est important donc, à nos yeux, de préciser la façon dont nous avons géré l'incertitude en codant nos données. En effet, nous avons procédé en plusieurs étapes : nous avons effectué d'abord un premier codage de tous les entretiens les uns après les autres, ce qui nous a donné une certaine « expérience » de la tâche. Ensuite, nous nous sommes revenus avec cette expérience là après un certain temps pour recoder à nouveau les entretiens. Ceci nous a permis alors d'ajuster et de modifier quelques codes. Cette gestion de l'incertitude lors du codage des données est donc basée sur le principe de mobiliser le regard d'un même chercheur à deux moments différents (il s'agit d'abord du chercheur 1 au temps 1, ensuite du chercheur 1 au temps 2). Nous avons voulu aussi solliciter le regard

d'autres chercheurs pour garantir un niveau de sûreté plus élevé. Pour cela, nous avons échangé avec d'autres chercheurs à propos des séquences codées. Cette étape nous a permis de nous assurer que la méthode de découpage du discours et du codage n'est pas purement subjective, puisque des séquences codées ont fait l'objet d'un certain consensus au sein des chercheurs sollicités.

I : les ressources papier que tu n'as pas utilisées, ce sont des ressources que...

P : alors ça peut être un texte, une activité que j'ai récupérés sur Internet, que j'ai imprimée parce qu'elles me semblent bien intéressantes à réutiliser sous une forme ou sous une autre, ça peut être des notes que j'ai écrites d'idées que j'avais en tête, euh ça peut être des activités des autres collègues que je récupère régulièrement pour voir un peu qu'est ce qu'ils font (SR1), ensuite j'ai la version électronique un petit peu de tout ça donc sur l'ordinateur (SR2), on s'échange des CD chaque année avec tout le répertoire seconde physique, on s'échange pour que chacun puisse y avoir accès (TC5) et donc là pareil là dans, il y a les activités, les documents que j'ai produits les années précédentes, les animations, les vidéos donc tous les supports visuels qu'on peut utiliser en classe avec les élèves et puis pareil donc une compilation de ressources récupérées sur Internet, qu'on a enregistrées, qu'on a mis là dans pour un usage ultérieur donc il y a tout ça alors il y a, il y aurait potentiellement aussi toute une collection de marque-pages internet. Alors il y aurait éventuellement, si je veux rajouter d'autres ressources, des livres (SR1)

Tableau 6. Exemple d'un extrait de l'entretien général avec Lucien (première année de suivi) où la séquence associe plusieurs thèmes (I : interviewer, P : professeur)

Dans cet exemple, il s'agit d'une séquence bi-thématique associant les deux thèmes SR et TC. Le professeur énonce les ressources qu'il mobilise pour organiser son enseignement (SR1) (des ressources sur Internet, des notes qu'il a écrites, des ressources provenant de ses collègues). Il précise aussi la façon dont ces ressources sont structurées et organisées (SR2) en évoquant que celles-ci se trouvent sous forme électronique dans son ordinateur. Par ailleurs, dans la même séquence, l'enseignant mentionne qu'il échange des ressources chaque année avec ses collègues pour que chacun puisse y avoir accès. Ceci traduit une règle (TC5) qui régit ses interactions collectives avec ses collègues et qui consiste à échanger constamment leurs ressources. L'enseignant poursuit ensuite dans cette séquence l'énonciation des ressources qu'il rassemble pour appuyer son activité (SR1).

I : alors maintenant que tu as préparé ce TP là au moyen d'une démarche d'investigation. Donc pour concevoir ce TP selon une démarche d'investigation, à quelles ressources tu as eu recours ?

P : bon pour ce TP en particulier concrètement la seule ressource c'est une discussion avec Priscille qui m'a alors aidé à trouver la situation expérimentale que je voulais mettre dans ce TP et puis comme ressource on peut prendre tout ce que j'ai fait les années précédentes quoi c'est-à-dire que les TP que j'ai fait les années précédentes m'ont servi de ressources alors un peu comme contre exemple concrètement pour ce TP là je n'ai pas repris des choses que j'avais déjà fait, c'est

quelque chose de nouveau, mais ‘fin je l’ai construit en tirant le bilan de ce que j’avais déjà fait, donc quelque part j’ai réutilisé mes productions des années précédentes (DI1).

Tableau 7. Exemple d’un extrait correspondant à une séquence monothématique DI de l’entretien précédant l’observation de classe avec Lucien (première année de suivi)

Dans cette séquence, l’enseignant énonce les ressources-mères qu’il a exploitées pour concevoir une ressource-fille, fondée sur les DI, portant sur la quantité de matière. Cette séquence est donc une séquence monothématique décomposée en une unité correspondant à la catégorie DI1.

I : il y a eu aussi des échanges de mails entre toi et Pauline pour discuter de la préparation de ce TP sur la quantité de matière ?

P : alors on n’a pas eu énormément des échanges de mails là je peux dire de mémoire y a eu, bon j’ai eu un premier échange de mails, mais moi je l’ai envoyé j’ai dit voilà il y a le wiki, j’ai déposé sur le wiki le résultat un peu de nos réflexions (TC4), après elle m’a envoyé son premier document de cours, en gros le cours et activité sur la mole, après elle m’a envoyé cours et activités sur les concentrations et elle m’a envoyé son activité sur le bilan de matière, voilà c’est les trois trucs que m’a envoyé Pauline, et moi je crois que j’ai du faire pareil c’est-à-dire que j’ai du lui envoyer à chaque fois les documents (TC3), en gros on s’est envoyé mutuellement les documents qu’on produisait pour nos élèves (TC5).

Tableau 8. Exemple d’un extrait correspondant à une séquence monothématique TC de l’entretien précédant l’observation de classe avec Lucien (première année de suivi)

Dans cet exemple, la séquence renferme trois unités correspondant à trois sous-catégories du même thème TC : l’enseignant cite d’abord les outils utilisés (TC4) au cours de son travail collectif avec sa collègue, notamment des mails et le wiki. Ensuite, il rapporte la façon dont le travail a été organisé et divisé entre lui et sa collègue (TC3). Plus généralement, l’enseignant évoque dans cette séquence la règle (TC5) qui a orienté ses interactions avec sa collègue et qui s’est traduite par un échange de leurs ressources pour mener à bien leur travail collectif.

Ainsi, nous avons présenté dans l’ensemble de cette partie la méthodologie que nous avons exploitée pour analyser les données provenant des entretiens. Nous avons montré que le découpage du discours est thématique et que quatre thèmes étroitement liés à nos outils théoriques ont été définis. Suivant ce principe de découpage, il s’agit de coder chaque séquence (réponse de l’enseignant à une question donnée) en la décomposant en des unités correspondant aux catégories ou sous-catégories se rapportant à ces thèmes.

Dans ce qui suit, nous présentons la méthodologie d’analyse des représentations schématiques que l’enseignant a tracées au cours des entretiens.

3.4.2. Méthodologie d’analyse des représentations schématiques

Nous présentons dans cette partie la méthodologie d’analyse que nous avons développée, pour interpréter et analyser les représentations schématiques réalisées par les enseignants, en nous appuyant sur des méthodologies exploitées pour d’autres types de représentations

graphiques. Nous mettons également la grille d'analyse des entretiens que nous avons construite (§ 3.4.1) en relation avec ce qui a été dessiné dans les représentations schématiques pour en dégager des indicateurs d'analyse communs à ces deux types de données.

Les représentations schématiques que nous avons demandées à l'enseignant de réaliser peuvent être mises en relation avec d'autres outils, notamment les cartes conceptuelles²⁴, les cartes cognitives²⁵ ou les cartes mentales²⁶. Afin d'analyser les représentations schématiques, nous nous appuyons sur quelques critères utilisés plus particulièrement dans le cadre de l'analyse des cartes cognitives parce que ces critères nous semblent plus aptes à pouvoir être transposés et utilisés pour l'analyse des représentations schématiques. Notons que, dans notre étude, la spécificité des représentations schématiques tient à l'absence d'intermédiaire entre le constructeur du schéma et l'acteur qu'on questionne. En effet, les représentations schématiques sont réalisées par l'enseignant lui-même ; c'est donc l'enseignant qui a tout librement fait le dessin, et c'est à la charge du chercheur d'interpréter ce que l'enseignant a tracé dans son schéma. En revanche, la carte cognitive est construite par le chercheur à partir des informations obtenues auprès de l'acteur, il s'agit donc d'un outil de modélisation du discours de l'acteur élaboré par le chercheur. Cependant cette distinction, qui nous semble importante à clarifier dès le début, ne nous empêche pas d'appliquer ou de transposer quelques critères d'analyse de la carte cognitive aux représentations schématiques.

Plus concrètement, la carte cognitive est une représentation graphique comprenant deux éléments de base : des nœuds et des flèches reliant ces nœuds. Les nœuds sont les concepts évoqués par le sujet alors que les flèches représentent des *liens* unissant certains concepts. Les liens peuvent être des liens dits de *causalité* (A cause B), de *similarité/ressemblance* (A est similaire/ressemblant à B), d'*influence* (A a une influence sur B), d'*inclusion* (A est inclus dans B), de *proximité* (A est proche de B), de *catégorie* (A est une catégorie de B), de *continuité* (A est la continuité de B), d'*implication* (A implique B), d'*équivalence* (A est équivalent à B) et d'*exemple* (A est un exemple de B) (Gendre-Aegerter, 2008). Par ailleurs, les analyses des cartes cognitives peuvent être quantitatives et qualitatives. Différents niveaux peuvent être appréhendés : le choix et le nombre de concepts dans un schéma ; la validité des concepts et la pertinence par rapport au sujet ; la cohérence des relations établies entre les concepts ; et le niveau de complexité entre les relations (nombre de connexion, nombre de niveaux hiérarchiques) (Lourdel, 2005). La carte cognitive rend également possible une

²⁴ Une carte conceptuelle est une représentation graphique d'un champ du savoir, d'un ensemble de connaissances tel que perçu par un ou plusieurs individus. Elle se compose de concepts et de liens entre concepts. La technique de la carte conceptuelle a été mise au point par Novak et son équipe pour étudier les changements que l'on peut observer, chez des étudiants, dans leur compréhension de concepts scientifiques (Novak, 1990).

²⁵ Une carte cognitive est une figure tracée par un chercheur pour représenter les affirmations d'un sujet. Elle se compose de deux éléments : des concepts, le plus souvent des variables, et des liens, généralement dits de causalité, unissant certains d'entre eux (Cossette, 1994). En sciences de l'administration, l'intérêt suscité par le concept de carte cognitive est en pleine croissance.

²⁶ Encore appelée carte heuristique, la carte mentale est une représentation graphique des idées connectées à un thème central et organisées de manière radiale autour de celui-ci. Elle est composée de branches reliées à un nœud central (le thème central). Chaque branche correspond à une idée, un élément de la pensée. Le concept de carte mentale ou *mind mapping* a été créé par Buzan (1974). À l'inverse d'une carte conceptuelle, une carte mentale consiste le plus souvent en une représentation arborescente de données.

analyse topographique (Cossette, 2003) qui correspond à l'étude de la structure formée par les liens existants entre les concepts. Cossette (*ibidem*) propose d'analyser principalement quatre aspects de la topographie d'une carte cognitive :

- *l'importance relative de chaque concept* : elle est mesurée à partir du nombre d'autres concepts qui lui sont directement ou indirectement liés. Plus un concept a de liens avec les autres, plus il est central et par conséquent plus il est considéré comme important ;
- *les facteurs influencés et les facteurs influençant* : certains facteurs tendent à être fortement considérés comme des facteurs sur lesquels plusieurs autres exercent directement une influence. En d'autres mots, de tels concepts se présentent d'abord comme des conséquences ou de résultats plutôt que comme des explications. Par ailleurs, d'autres facteurs tendent à être considérés principalement comme des facteurs exerçant une influence directe sur plusieurs autres facteurs ;
- *le regroupement des concepts* : il est effectué sur la base de la similitude des liens. Chaque groupe est composé de concepts fortement reliés entre eux, mais faiblement reliés aux autres ensembles de concepts. Dans ce cas, l'analyse ne tient compte que des liens directs entre les variables, indépendamment de leur direction ;
- *les boucles* : il s'agit d'une relation circulaire entre plusieurs concepts. Au-delà des relations d'influence directes, les concepts et les liens forment parfois des sentiers, c'est-à-dire des chemins reliant un concept à un autre en passant par l'intermédiaire d'un ou de plusieurs autres concepts. Un sentier va créer un cycle ou une boucle lorsque le concept final est relié au concept initial, c'est-à-dire lorsqu'un facteur exerce, de façon indirecte, une influence sur lui-même.

En nous basant sur ces différentes dimensions d'analyse des cartes cognitives, nous construisons notre méthodologie *qualitative*, dirigée vers la forme et le contenu des schémas. Nous analysons en premier lieu la *structure générale* de la représentation schématique. Autrement dit, nous repérons les *termes* qui figurent dans le schéma, la présence ou non de *centres* et ce qui se joue autour des centres (que nous désignons par « *pôles* »), les *formes de présentation* des termes (carré, rectangle, rond, etc.), les *couleurs* utilisées. En second lieu, nous cherchons à repérer la localisation ou la *position* des termes dans la représentation schématique (au centre, à la marge, à gauche ou à droite, hiérarchie des termes). Nous reprenons les quatre critères d'analyse de la carte cognitive que nous venons de mentionner et nous les mettons à l'épreuve dans l'analyse des représentations schématiques des enseignants. Nous examinons ainsi *l'importance relative de chaque terme*, les *termes influencés* et les *termes influençant*, le *regroupement des termes*, et les *boucles*. Nous faisons l'hypothèse que le repérage des boucles dans les représentations schématiques pourrait être mis en relation avec le cycle de vie d'un document ; plus globalement, il pourrait nous permettre de saisir des modalités du travail documentaire de l'enseignant dans ses composantes individuelles et collectives.

Nous nous attachons aussi à identifier, à partir des flèches, la *nature de la relation* (forte, faible), des liens entre les termes. Pour ce faire, nous décrivons les relations entre les termes qui apparaissent dans les représentations schématiques en nous appuyant sur les

caractéristiques des liens (liens de causalité, similarité/ressemblance, influence, inclusion, proximité, catégorie, continuité, implication, équivalence, exemple). Plus particulièrement, nous cherchons à repérer, à partir des flèches, les *réactions réversibles*²⁷ entre les termes des représentations schématiques (c'est-à-dire quand un terme A influe sur un terme B et que, en retour, le terme B influe sur le terme A).

Comme l'analyse des représentations schématiques prend également appui sur le discours de l'enseignant et la discussion qui accompagnent la réalisation du dessin (§ 3.2.3), nous nous intéressons à mettre en évidence la dynamique de construction de la représentation schématique, et ce en repérant l'*ordre* par lequel le dessin a été réalisé (quels termes ont été les premiers à être représentés dans le schéma). Ceci pourrait être un indice de l'importance que l'enseignant accorde à certains termes de la représentation schématique.

Par ailleurs, nous poursuivons l'analyse des représentations schématiques dessinées par les enseignants en nous basant cette fois-ci sur la grille d'analyse des entretiens ou, autrement dit, sur les thèmes et les catégories/sous-catégories qui les constituent (§ 3.4.1). En effet, nous considérons que la grille d'analyse des entretiens peut nous servir pour interpréter et analyser les représentations schématiques. Plus précisément, nous examinons dans la RSSR, les ressources que l'enseignant mobilise pour organiser son enseignement, et éventuellement l'organisation et la structure de ces ressources, ce qui correspond respectivement aux catégories SR1 et SR2 du thème « système de ressources SR » (§ 3.4.1). Dans la RSSR retouchée, nous repérons les ressources-mères que l'enseignant a mobilisées pour concevoir sa ressource-fille basée sur les DI, ce qui renvoie à la catégorie DI1 du thème « démarches d'investigation DI » (§ 3.4.1). Dans la RSTC, nous cherchons à identifier les communautés ou les personnes avec lesquelles l'enseignant interagit et éventuellement l'objet, la division du travail, les outils utilisés, et les règles qui régissent les interactions collectives de l'enseignant, ce qui se rapporte respectivement aux sous-catégories TC1, TC2, TC3, TC4 et TC5 du thème « travail collectif TC » (§ 3.4.1). Ainsi, ces indicateurs d'analyse communs aux données des entretiens et des représentations schématiques nous permettent de croiser ces deux types de données. En effet, il s'agit d'analyser d'abord la représentation schématique comme un objet isolé (ce que dit le dessin seul), puis de la mettre en relation avec ce qui a été dit lors de l'entretien en exploitant ces indicateurs d'analyse communs, mais aussi avec les ressources recueillies et éventuellement avec d'autres données. Ceci nous permettra, entre autres, de repérer si l'enseignant évoque des choses dans l'entretien qu'il ne reprend pas dans sa représentation schématique ou inversement (par exemple des ressources que l'enseignant mentionne dans l'entretien, mais qui ne se trouvent pas sur la représentation schématique qu'il a réalisée ou inversement).

Nous synthétisons les critères qui constituent notre grille d'analyse des représentations schématiques (Tableau 9).

²⁷ Le terme de « réaction réversible » relève du domaine de la chimie. Une réaction réversible est une réaction chimique qui peut s'effectuer dans les deux sens : les produits obtenus réagissent entre eux pour reformer les réactifs de départ.

Critères d'analyse des représentations schématiques
- Structure générale de la représentation schématique : termes présents, présence ou non de centres, pôles (ce qui se joue autour des centres), formes de présentation des termes (carré, rectangle, rond, etc.), couleurs utilisées - Localisation ou position des termes dans le schéma (au centre, à la marge, à gauche ou à droite, hiérarchie des termes) - Importance relative de chaque terme - Les termes influencés et les termes influençant - Regroupement des termes - Les boucles - Nature de la relation (forte, faible), des liens entre les termes (causalité, similarité/ressemblance, influence, inclusion, proximité, catégorie, continuité, implication, équivalence, exemple) - Réaction réversible entre les termes - Ordre par lequel le dessin est réalisé (les termes qui ont été les premiers à être représentés dans le schéma) - Indicateurs d'analyse communs aux entretiens et aux représentations schématiques : SR1, SR2, DI1, TC1, TC2, TC3, TC4, TC5.

Tableau 9. Grille d'analyse des représentations schématiques

Nous avons ainsi développé une méthodologie pour analyser les représentations schématiques des enseignants. Certains des critères d'analyse sont communs à ceux des entretiens, ceci nous permet alors de croiser ce qui a été dit lors de l'entretien avec ce qui a été dessiné dans la représentation schématique.

3.4.3. Méthodologie d'analyse du journal de bord

Nous présentons ici la méthodologie d'analyse du journal de bord renseigné par l'enseignant. Les données provenant de ce journal sont croisées avec d'autres données, notamment celles issues des entretiens, des représentations schématiques, et des ressources recueillies.

Dans un objectif d'analyse précise du travail documentaire sur le thème de la quantité de matière, nous relevons dans le journal de bord tous les éléments relatifs à la séance observée en classe. En effet, nous nous attachons à identifier les ressources-mères exploitées par l'enseignant pour préparer sa ressource-fille fondée sur les DI et portant sur le thème de la quantité de matière. En outre, nous dégageons des éléments sur les systèmes d'activité de l'enseignant, en particulier les communautés ou les personnes avec lesquelles l'enseignant interagit, les outils utilisés, l'objet qui dirige l'activité de l'enseignant avec ces communautés ou personnes, des règles, et la façon dont le travail est organisé et divisé. Nous repérons également le nombre et le type des interactions collectives de l'enseignant (interactions

synchrones ou asynchrones ; § 2.4.4). Seront aussi identifiés des éléments relatifs aux différentes étapes du cycle de vie d'un document, à la nature du travail collectif de l'enseignant, aux moments d'intervention du travail collectif au niveau des étapes du cycle de vie d'un document, et plus généralement à l'apport du travail collectif pour la propre documentation du professeur.

Certains critères d'analyse du journal de bord que nous venons d'énoncer sont communs à ceux des entretiens et des représentations schématiques (§ 3.4.1 et § 3.4.2), ce qui facilite le croisement des données issues de chacun de ces outils méthodologiques.

Nous synthétisons dans le tableau ci-dessous (Tableau 10) les critères qui constituent la grille d'analyse du journal de bord que nous avons construite.

Critères d'analyse du journal de bord
- Ressources-mères - Systèmes d'activité : communautés ou personnes avec lesquelles l'enseignant interagit, outils utilisés, objet, règles, division du travail - Nombre et type des interactions collectives (interactions synchrones et asynchrones) - Etapes du cycle de vie d'un document - Nature du travail collectif de l'enseignant - Moments d'intervention du travail collectif au niveau du cycle de vie - Apport du travail collectif

Tableau 10. Grille d'analyse du journal de bord

Nous avons ainsi présenté dans cette partie la méthodologie d'analyse du journal de bord. En appliquant le principe de triangulation, nous cherchons à croiser ce que l'enseignant note dans le journal de bord avec ce qu'il dit au cours de l'entretien, ce qu'il dessine dans les représentations schématiques et ce que nous recueillons comme ressources.

3.4.4. Méthodologie d'analyse du journal d'interactions

Nous présentons ici la méthodologie d'analyse du journal d'interactions (JI). Nous précisons dans un premier temps le principe d'analyse et dans un deuxième temps, nous explicitons les différents critères d'analyse que nous avons retenus.

Principe d'analyse du journal d'interactions

Nous avons développé la méthodologie d'analyse du journal d'interactions en nous basant sur le modèle du système d'activité (§ 2.4.3) (Figure 18). En effet, nous procédons à l'analyse de différents sous-systèmes du modèle qui impliquent un sujet (dans notre cas, il s'agit de l'enseignant) et une communauté avec laquelle ce sujet interagit. Quatre sous-systèmes sont ainsi identifiés :

- le sous-système « sujet-communauté-objet » : ce sous-système met en évidence l'objet vers lequel est orientée l'activité du sujet au sein de la communauté avec laquelle il interagit ;

- le sous-système « sujet-communauté-règles » : ce sous-système rend compte de la communauté avec laquelle le sujet interagit et des règles qui régissent ses interactions au sein de cette communauté ;
- le sous-système « sujet-communauté-division du travail » : illustre l'organisation du travail au sein de la communauté avec laquelle le sujet interagit ;
- le sous-système « sujet-communauté-outils » : rend compte des outils mobilisés par le sujet et la communauté avec laquelle il interagit.

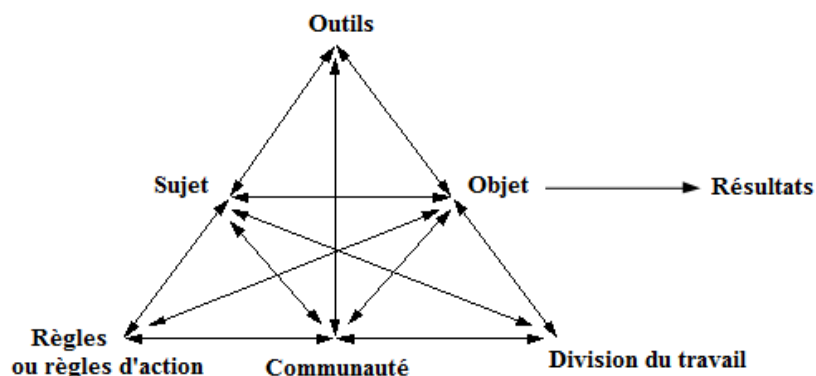


Figure 18. Représentation du système d'activité de l'individu au travail

Ainsi, à partir du JI, nous analysons l'activité et les interactions collectives de l'enseignant à travers l'analyse des interrelations entre les sous-systèmes du modèle, et également à l'intérieur de chacun de ces sous-systèmes. Nous approchons alors les différents systèmes d'activité de l'enseignant à travers l'explicitation des objets, des personnes ou des communautés avec lesquelles l'enseignant interagit, de la fréquence d'interactions et du type d'interactions, des différentes règles qui régissent le fonctionnement des acteurs au sein des communautés, de la division du travail qui organise l'activité collective, et des outils mobilisés. Parmi ces outils, nous portons une attention spécifique aux ressources, ce sont d'ailleurs ces outils qui ont été demandées d'être relevées dans le JI (§ 3.2.5). Nous cherchons à identifier les ressources exploitées et les ressources produites, et à dégager des éléments rendant compte des étapes du cycle de vie d'un document ainsi que de l'apport des interactions collectives de l'enseignant tant sur son système de ressources que sur ses connaissances professionnelles. Rappelons, par ailleurs, que toutes les données renseignées dans le JI concernent plus particulièrement les DI et s'étendent sur six mois (§ 3.2.5)

Dans ce qui suit, nous détaillons les différents critères d'analyse que nous avons retenus.

Critères d'analyse du journal d'interactions

Les critères d'analyse du JI ont été bâtis, suivant le principe de la conception dans l'usage, à partir du dépouillement du journal d'interactions renseigné par l'enseignant Lucien. Nous nous attachons à mettre à l'épreuve ces critères sur d'autres JI, notamment sur celui de l'enseignante Sarah. Il est intéressant, cependant, de noter que notre choix de construire ces critères d'analyse en nous appuyant essentiellement sur les données renseignées dans le JI de Lucien réside dans le fait que ce JI nous donne à voir une grande diversité d'interactions

collectives avec des communautés variées. Ceci reflète ainsi une richesse de données qui nous permet d'assurer et de construire plus de critères d'analyse.

Les critères d'analyse que nous avons développés sont répartis au sein de trois catégories : la première « type d'interactions avec les personnes ou les communautés », la deuxième « systèmes d'activité de l'enseignant » et la troisième « ressources issues des interactions collectives et apport du collectif ». Nous présentons, dans ce qui suit, ces différentes catégories ainsi que les critères d'analyse qui s'y rapportent.

1. Types d'interactions avec les personnes ou les communautés

A travers les données du JI, nous avons repéré que les interactions de l'enseignant avec les personnes ou les communautés peuvent être en présentiel ou à distance, synchrones ou asynchrones. Elles peuvent concerner une personne toute seule ou également d'autres protagonistes connues (qu'on peut identifier par nom, par exemple quand un enseignant échange simultanément avec deux collègues de son lycée) ou inconnues (il s'agit dans ce cas d'une communauté dont on ne peut pas identifier le nom des membres, par exemple quand un enseignant échange avec des collègues sur un forum). Pour cela, nous avons divisé cette catégorie en plusieurs critères d'analyse que nous avons ensuite codés (Tableau 11) :

Types d'interactions avec les personnes ou les communautés (I)						
I nteractions en p résentiel IP	I nteractions à d istance ID	I nteractions s ynchrones IS	I nteractions a synchrones IA	I nteractions avec une s eule p ersonne ISP	I nteractions avec des p rotagonistes c onnus IPC	I nteractions avec des p rotagonistes i nconnus IPI

Tableau 11. Critères d'analyse relatifs à la catégorie « types d'interactions avec les personnes ou les communautés »

2. Systèmes d'activité de l'enseignant

Dans cette deuxième catégorie, il s'agit de déterminer les objets, les règles, la division du travail, les outils, ou autrement dit, les ressources mobilisées au cours des interactions de l'enseignant avec des personnes ou des communautés. Pour ce faire, nous avons repéré, dans les données du JI, l'ensemble des indices qui nous renseignent sur chacun de ces éléments. Nous avons ensuite regroupé et formulé ces indices selon plusieurs critères d'analyse.

Nous présentons ci-dessous les différents critères d'analyse que nous avons identifiés et qui ont trait à l'objet (Tableau 12), aux règles (Tableau 13) et aux ressources utilisées (Tableau 14). Comme nous venons de le préciser, ces critères ont été identifiés à partir du dépouillement du JI de Lucien et seront mis à l'épreuve sur l'analyse du JI de Sarah. Certains de ces critères pourraient alors être repérés dans l'analyse des données renseignées par Sarah dans son JI ; dans ce cas, ils seraient communs aux systèmes d'activité de Sarah et Lucien. Cependant, l'analyse du JI de Sarah pourrait également mettre en évidence d'autres critères d'analyse qui ne figurent pas dans ceux présentés ici, ces critères seraient donc spécifiques des systèmes d'activité de Sarah. Par ailleurs, nous n'avons pas identifié dans le JI des éléments rendant compte de la division du travail au sein des communautés.

Objet (O)
Production de ressources-filles O1
Production de grilles pour l'évaluation des élèves O2
Réflexion sur une démarche d'enseignement d'un thème donné O3
Réflexion sur l'activité des élèves O4
Réflexion générale sur les DI O5
Echange de ressources O6
Recherche de ressources O7

Tableau 12. Critères d'analyse relatifs à l' « objet » de la catégorie « systèmes d'activité de l'enseignant »

Règles (Rg)
Echanger de ressources pour que chacun puisse y avoir accès Rg1
Développer une réflexion sur une démarche d'enseignement d'un thème donné à travers un atelier Rg2
Discuter sur le travail et les productions des élèves après la mise en œuvre de la ressource-fille Rg3
Suivre la mise en œuvre de ressources-filles en classe, par observation croisée ou co-intervention, pour comprendre le travail des élèves Rg4
Mettre en commun des grilles d'évaluation pour construire des outils communs Rg5

Tableau 13. Critères d'analyse relatifs aux « règles » de la catégorie « systèmes d'activité de l'enseignant »

Ressources utilisées (R)
Ressources personnelles de l'enseignant R1
Ressources collègues R2
Ressources provenant des productions d'élèves R3

Tableau 14. Critères d'analyse relatifs aux « ressources utilisées » de la catégorie « systèmes d'activité de l'enseignant »

3. Ressources issues des interactions collectives et apport du collectif

Comme nous avons procédé pour la catégorie précédente, nous avons identifié dans les données du JI des indices qui nous permettent de construire des critères d'analyse relatifs aux ressources produites (RP) et à l'apport du collectif (AC). Nous présentons ces critères dans les deux tableaux ci-dessous (Tableau 15 et Tableau 16).

Par rapport aux ressources produites (RP), nous avons identifié trois critères d'analyse : le premier concerne une ressource-fille, fondée sur les DI, spécifique d'un thème d'enseignement et à destination des élèves en classe (RP1). Le deuxième critère d'analyse caractérise une ressource basée sur les DI, spécifique d'un thème d'enseignement, et censée être une ressource-mère engagée ultérieurement dans le processus de conception de ressource-fille (RP2). Quant au troisième critère d'analyse, il concerne une ressource liée à la mise en place de DI, indépendante d'un contenu disciplinaire particulier, et censée devenir une ressource-mère orientant la conception de ressource-fille (RP3) (c'est le cas par exemple d'une ressource qui explique en quoi consistent les DI et comment les mettre en œuvre).

En ce qui concerne l'apport du collectif (AC), deux critères d'analyse ont été dégagés : soit un apport au niveau des ressources ou des étapes du cycle de vie d'un document (les moments d'intervention du travail collectif au niveau du cycle de vie d'un document), soit un apport qui touche les connaissances professionnelles. Dans ce cas, il s'agit de préciser le type de connaissances concernées, en particulier les PCK/compréhension des élèves et les PCK/stratégie.

Ressources produites (RP)
Ressource-fille DI spécifique d'un thème d'enseignement RP1
Ressource DI spécifique d'un thème d'enseignement et censée être une ressource-mère RP2
Ressource liée à la mise en place de DI, non spécifique d'un thème d'enseignement particulier et censée être une ressource-mère RP3

Tableau 15. Critères d'analyse relatifs aux « ressources produites » de la catégorie « ressources issues des interactions collectives et apport du collectif »

Apport du collectif (AC)
Niveau ressources ou étapes du cycle de vie d'un document AC1
Niveau connaissances K (préciser types de K) AC2

Tableau 16. Critères d'analyse relatifs à l'« apport du collectif » de la catégorie « ressources issues des interactions collectives et apport du collectif »

Nous avons développé dans cette partie une méthodologie d'analyse du journal d'interactions. Les données du JI sont croisées avec d'autres données recueillies (§ 3.2.5). Il est à noter que l'entretien que nous avons mené avec l'enseignant et qui porte sur les données renseignées dans le JI (§ 3.2.5) nous donne plus d'éléments de précision sur les interactions collectives des enseignants, ce qui nous aide dans le processus du codage des données. L'analyse du JI nous donne des informations sur différents systèmes d'activité de l'enseignant et éventuellement sur des liens qui les articulent. De ce fait, le journal d'interactions dévoile une partie du système d'interactions de l'enseignant.

3.4.5. Méthodologie d'analyse des ressources-filles

Pour analyser les ressources-filles élaborées par les enseignants suivis, nous avons construit une grille d'analyse. Celle-ci a été élaborée en nous basant sur d'autres grilles, notamment celle de Mathé (2010) conçue pour l'analyse des fiches de préparation de séquences, labellisées « démarches d'investigation », accessibles sur les sites internet de ressources pédagogiques des académies. Rappelons que les ressources-filles conçues sont fondées sur des DI et portent sur le thème de la quantité de matière.

Nous prenons en compte plusieurs critères dans l'analyse de la ressource-fille : la présentation de la situation, la description de la démarche proposée, l'analyse du savoir chimique en jeu et la mise en œuvre didactique. Nous cherchons à repérer l'objet d'étude c'est-à-dire le savoir chimique dont l'enseignement est visé. Il s'agit également d'identifier les objectifs de la situation (présentation de la tâche et des consignes telles qu'elles sont proposées aux élèves) et la pertinence de la situation vis-à-vis de l'objet d'étude.

En ce qui concerne la *description de la démarche*, nous exploitons deux dimensions du modèle ESFI (§ 2.1.2) : l'*origine du questionnement* (quatre paliers : problème apporté par l'enseignant, problème apporté par l'enseignant et en lien avec l'expérience des élèves, situation apportée par l'enseignant et problème construit par les élèves, problème construit en classe avec les élèves à partir d'un thème) et la *nature du problème* (quatre paliers : protocole à suivre étape par étape, conception d'un protocole dans une situation connue, consigne ouverte et matériel limité, consigne ouverte et matériel libre). En outre, nous repérons s'il s'agit d'une formulation d'hypothèses par les élèves ou d'une vérification d'hypothèses formulées par l'enseignant. Nous examinons également la relation entre la démarche proposée dans la ressource-fille et ce que nous estimons être des DI (§ 2.1.1).

Pour l'*analyse du savoir* chimique en jeu, nous dégageons de la ressource-fille les notions chimiques nécessaires à la résolution du problème et les stratégies d'enseignement du savoir chimique. Ces dernières sont révélatrices des PCK/stratégie mises en jeu par l'enseignant au cours de la préparation de la ressource-fille. Nous cherchons à identifier aussi les niveaux de modélisation dans la ressource-fille : monde perceptible, monde non perceptible, monde des théories et des modèles, lien entre les niveaux (§ 2.3.6).

Pour ce qui relève de la *mise en œuvre didactique* de la ressource-fille, nous étudions la division du travail entre l'enseignant et ses élèves (rôles de l'enseignant et des élèves, partage de responsabilité entre eux), les outils ou ressources à disposition des élèves, les difficultés prévisibles des élèves ainsi que les possibilités de mise en œuvre de la ressource-fille (comportements possibles de l'enseignant et des élèves).

Nous synthétisons l'ensemble de ces critères qui forment notre grille d'analyse dans le tableau ci-dessous (Tableau 17).

Critères d'analyse des ressources-filles
<u>Présentation de la situation dans la ressource-fille</u> - Objet de l'étude dans la ressource-fille - Objectifs de la situation - Pertinence de la situation vis-à-vis de l'objet d'étude
<u>Description de la démarche proposée dans la ressource-fille</u> - Origine du questionnement - Nature du problème - Formulation d'hypothèses / Vérification d'hypothèses formulées par l'enseignant - Relation entre la démarche proposée dans la ressource-fille et ce que nous estimons être des DI
<u>Analyse du savoir en jeu</u> - Notions chimiques nécessaires à la résolution du problème - Stratégies d'enseignement du savoir en jeu - Niveaux de modélisation dans la ressource-fille
<u>Mise en œuvre didactique</u> - Division du travail entre l'enseignant et ses élèves - Outils ou ressources à disposition des élèves - Difficultés prévisibles des élèves - Possibilités de mise en œuvre de la ressource-fille

Tableau 17. Grille conçue pour l'analyse didactique des ressources-filles élaborées par les enseignants suivis

Nous avons explicité dans cette section la méthodologie d'analyse des ressources-filles. Une grille d'analyse a été construite, elle prend appui sur les outils théoriques que nous exploitons dans notre étude.

3.4.6. Méthodologie d'analyse des observations de classe

Le premier traitement des observations de classe consiste à numériser les bandes vidéo dès lors que les séances sont enregistrées en classe. En effet, nous avons procédé à la numérisation de nos données vidéo pour pouvoir les implémenter dans le logiciel d'analyse que nous utilisons. Nous avons exporté les données des bandes vidéo à partir du logiciel « Windows Movie Maker » au format « wmv », format exploitable par notre logiciel d'analyse. Nous avons plus particulièrement utilisé, pour l'analyse des données vidéo, le logiciel Transana²⁸ qui nous a permis d'obtenir une base de données pour nos extraits vidéo.

²⁸ <http://www.transana.org/>

Dans l'analyse des données vidéo, il s'agit de focaliser notre regard sur deux étapes du cycle de vie d'un document, à savoir la mise en œuvre de la ressource-fille et l'adaptation *in situ* de cette ressource-fille. Nous nous attachons à identifier dans ces deux étapes concomitantes les connaissances professionnelles de l'enseignant, en particulier celles qui permettent de piloter et de favoriser la mise en place des DI. Autrement dit, nous cherchons à inférer les PCK/compréhension des élèves, les PCK/stratégie et les orientations de l'enseignant pour les DI. Par surcroît, à travers l'analyse des données vidéo, nous cherchons à mettre en évidence le *système d'activité* de l'enseignant en classe (§ 2.4.3). Donc il est question d'identifier les règles, la division du travail ou la répartition des responsabilités vis-à-vis des connaissances en jeu entre l'enseignant et ses élèves, l'objet, les outils ou en d'autres mots les ressources mobilisées, et les règles d'action de l'enseignant. Notons que l'objet qui oriente l'activité du professeur est l'enseignement, au moyen de DI, du thème de la quantité de matière et le résultat escompté est que les élèves arrivent à comprendre et apprendre ce contenu chimique. La communauté qui est en jeu est formée de l'enseignant et de ses élèves.

Nous présentons dans cette partie la méthodologie que nous avons développée pour analyser les données vidéo de séances de classe. Nous commençons par la caractérisation des PCK. Nous abordons ensuite la caractérisation des orientations pour les DI, et nous précisons enfin notre choix de passages particuliers pour l'identification de connaissances professionnelles.

Caractérisation des PCK

Nous partons de l'hypothèse que la caractérisation du savoir en jeu dans les extraits vidéo nous permet d'inférer des PCK de l'enseignant. Cette caractérisation du savoir s'effectue suivant deux dimensions : le savoir en jeu et la mise en œuvre de ce savoir en classe. Ces deux dimensions ont été d'ailleurs exploitées dans une étude portant sur les connaissances professionnelles en action lors d'un enseignement de chimie (Cross, 2009) ; cette étude constitue, de fait, un support pour notre réflexion méthodologique. En effet, il nous semble intéressant, au vu de notre cadre théorique, de prendre en compte ces deux dimensions et plus précisément encore, nous avons choisi de nous centrer sur le savoir parce que les PCK sont, par définition, liées à un contenu disciplinaire, et donc à un élément de savoir.

Nous abordons dans un premier temps la caractérisation des PCK/compréhension des élèves. Dans un deuxième temps, nous mettons en évidence la caractérisation des PCK/stratégie à partir du savoir et de la mise en œuvre du savoir en classe.

Caractérisation des PCK/compréhension des élèves

Au cours de la séance, les élèves peuvent éprouver des difficultés à progresser dans le travail dues à une incompréhension de la tâche ou d'un concept, ou à une déviation par rapport au projet initial prévu par l'enseignant vers une autre tâche ou démarche. Dans tous les cas, les élèves pourraient avoir des difficultés qui émergent et qui entravent en quelque sorte leur avancement dans leur réflexion. Cependant, ces difficultés peuvent être explicites comme implicites et doivent amener le professeur à inférer et interpréter la position de l'élève par rapport au savoir en jeu et ce qui lui pose problème. Ce faisant, l'enseignant met en jeu

des PCK/compréhension des élèves concernant les difficultés qu'il a identifiées dans les propos de l'élève.

Nous proposons ci-dessous des indices dans l'action du professeur à partir desquels des PCK/compréhension des élèves peuvent être inférées :

- lorsque l'enseignant met en œuvre une stratégie en réponse à la difficulté de l'élève ou lorsqu'il met en place une stratégie après avoir détecté que la position de l'élève par rapport au savoir en jeu est loin de la bonne solution (par exemple, l'enseignant peut réduire la tâche de l'élève, faire un rappel d'une notion, reformuler le problème, faire appel à des ressources présentes ou non au préalable dans le milieu, donner une information ou une réponse pour débloquer l'élève) ;
- lorsque l'enseignant nomme clairement la difficulté ou les mauvaises conceptions de l'élève ;
- lorsque l'enseignant change ce qu'il est en train de dire ou de faire pour interpréter et dégager la difficulté ou les mauvaises conceptions de l'élève (par exemple changement de stratégies ou de l'élément du savoir dans la réponse de l'enseignant).

Caractérisation des PCK/stratégie

Nous considérons que l'analyse du savoir est un moyen pour caractériser les PCK/stratégie de l'enseignant. En effet, nous avons suggéré dans notre construction théorique que, analyser le savoir à partir de la modélisation en chimie, nous donne des indices pour inférer des PCK (§ 2.3.6). De même, nous supposons que l'analyse de la mise en œuvre du savoir en classe nous permet d'inférer des PCK.

Pour caractériser des PCK/stratégie en fonction du savoir d'une part, et de la mise en œuvre du savoir en classe d'autre part, nous exploitons nos outils théoriques se rapportant respectivement à la modélisation et au système d'activité. En ce qui concerne le savoir, nous considérons le niveau de modélisation du savoir dans les propos de l'enseignant (monde perceptible, monde non perceptible, monde des théories et des modèles, lien entre les niveaux ; § 2.3.6). Nous décrivons la mise en œuvre du savoir en classe à travers la division du travail d'un côté, et la gestion de ressources au sein de la communauté de classe, de l'autre. Les PCK/stratégie peuvent, de ce fait, être inférées à partir de plusieurs indices liés à nos outils théoriques :

- *la division du travail* : l'enseignant est amené, dans les séances de DI, à organiser la division du travail en laissant une marge d'autonomie importante aux élèves. Il est censé organiser des moments de la séance où la responsabilité des élèves est importante vis-à-vis du savoir. De ce fait, la façon dont l'enseignant organise la division du travail et répartit les tâches et les responsabilités est un indice qui nous permet d'inférer des PCK/stratégie ;
- *la gestion des ressources* : nous considérons que la façon dont l'enseignant gère et mobilise des ressources pour faire vivre le savoir en classe constitue un indice qui nous permet d'inférer des PCK/stratégie. A titre d'exemple, au cours d'un TP, l'enseignant peut s'appuyer sur la fiche de TP pour expliquer ou reformuler le problème à un élève qui trouve une difficulté à se l'approprier. L'enseignant peut

aussi introduire de nouvelles ressources non présentes au début dans le milieu, par exemple il peut demander à des élèves qui ont des difficultés à avancer dans leur réflexion de sortir leur cours et de le regarder pour remettre de l'ordre dans leur cheminement. Or le cours n'était pas un élément du milieu initial, il vient d'être introduit par l'enseignant ;

- *le niveau de modélisation dans les propos de l'enseignant* : nous considérons que le niveau de modélisation dans les propos de l'enseignant peut être un indicateur d'une mobilisation de PCK/stratégie. Par exemple, si l'enseignant choisit de garder le même niveau de modélisation que celui de l'élève ou d'alterner entre différents niveaux, nous suggérons que ceci pourrait être un révélateur de PCK/stratégie ;
- *PCK/stratégie liée à des PCK/compréhension des élèves* : nous avons précisé dans la section précédente qu'un des indices des PCK/compréhension des élèves est la mise en œuvre par l'enseignant d'une stratégie particulière. Donc les PCK/compréhension des élèves sont associées à des PCK/stratégie. Ainsi, si l'enseignant a détecté une difficulté, ou sait que tel ou tel objet de savoir présente des difficultés, alors la façon dont il s'y prend dans sa réponse pour réduire ces difficultés peut être interprétée comme la mise en œuvre d'une PCK/stratégie.

Ainsi, nous avons présenté dans cette partie la façon dont nous avons pensé la caractérisation des PCK/compréhension des élèves et des PCK/stratégie dans l'action du professeur. Cependant, ces PCK peuvent être également inférées à partir des ressources de l'enseignant dans la mesure où celles-ci constituent des éléments organisateurs de l'activité du professeur et sont, sans aucun doute, révélatrices de ses connaissances professionnelles. Il convient de noter que nous avons procédé par une phrase qui commence par « l'enseignant sait que... » pour formuler les PCK que nous avons inférées.

Nous montrons dans ce qui suit comment les PCK inférées à partir de l'action de l'enseignant en classe nous permettent d'arriver à caractériser les orientations pour les DI.

Caractérisation des orientations pour les DI

Nous présentons ici la méthodologie d'analyse que nous avons développée pour caractériser les orientations de l'enseignant pour les DI. Nous avons précédemment relevé, dans notre construction théorique, que la caractérisation des orientations pour les DI est pensée en relation avec le modèle ESFI (§ 2.3.6). Nous avons alors envisagé les orientations pour les DI comme une vue et une conceptualisation générale de l'enseignement fondé sur les DI, par rapport aux six dimensions du modèle ESFI. Plus précisément, nous avons considéré que les orientations pour les DI sont à la fois : une vue de l'enseignant sur l'origine du questionnement en DI ; sur la nature des problèmes, basés sur des DI, qu'on peut mettre en œuvre en classe ; sur la responsabilité qu'on peut attribuer aux élèves au cours des DI ; sur la prise en compte de la diversité des élèves lors des DI ; sur l'argumentation scientifique au cours des DI ; et sur l'explicitation des buts et des savoirs acquis en DI. Dans cette partie, nous explicitons davantage la mise en relation que nous avons proposée entre les orientations pour les DI et le modèle ESFI.

Notre démarche d'analyse consiste tout d'abord à inférer des PCK/compréhension des élèves et des PCK/stratégie de l'enseignant à partir de son action en classe. A partir des PCK/stratégie, nous inférons une règle d'action de l'enseignant qui sera mise en œuvre à travers ces PCK dans une situation ayant un certain objectif d'apprentissage. Les règles d'action que nous inférons correspondent, en effet, à celles présentes dans le modèle ESFI (§ 2.1.2). Notons que, dans notre analyse, nous prenons en compte le but de l'enseignant et ce qu'il vise à travers la façon dont il agit, ce qui nous permet de préciser davantage la règle d'action mise en œuvre à travers les PCK.

Une PCK/stratégie est, par définition, liée à un élément de savoir. En revanche, nous considérons qu'une règle d'action est indépendante d'un contenu disciplinaire précis. Nous faisons l'hypothèse que les règles d'action sont une forme opératoire d'une connaissance d'un niveau plus général et que cette connaissance n'est autre que les orientations de l'enseignant pour les DI. Autrement dit, ces orientations pilotent les règles d'action de l'enseignant. En effet, les orientations sont des connaissances complexes qui ne peuvent être reconstruites directement à partir de l'action de l'enseignant en classe, une manière de les étudier est de les considérer comme un ensemble des règles d'action de l'enseignant repérées dans sa pratique et à travers ses ressources. Ainsi, après avoir identifié les règles d'action, nous reconstruisons les orientations de l'enseignant en référence aux six dimensions du modèle ESFI. Nous illustrons par une représentation schématique (voir Figure 19), les relations entre les PCK, les règles d'action et les orientations pour les DI.

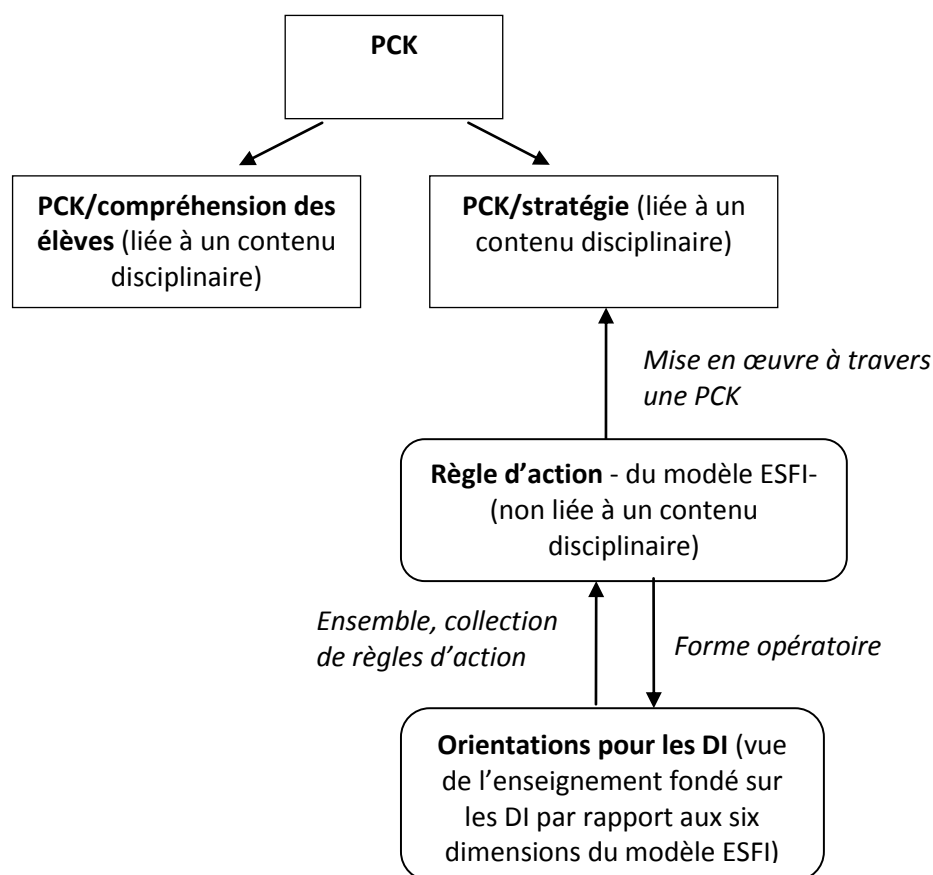


Figure 19. Représentation schématique des relations entre PCK, règle d'action et orientations pour les DI

Il est intéressant, cependant, de noter que les orientations de l'enseignant pour les DI sont identifiées non seulement à travers la mise en œuvre des ressources-filles en classe, mais aussi à partir des ressources de l'enseignant conçues pour la mise en place de DI. En effet, les critères d'analyse des ressources-filles relatifs aux dimensions du modèle ESFI que nous avons mis en évidence dans la partie précédente (§ 3.4.5) nous permettent de caractériser les orientations de l'enseignant pour les DI à partir des ressources-filles. Ainsi, l'analyse de la ressource est essentielle dans la mesure où elle nous permet d'approcher des orientations pour les DI.

Soulignons que, suivant le principe de triangulation, nous nous attachons à vérifier nos inférences par rapport aux règles d'action et aux connaissances professionnelles auprès de l'enseignant au moyen d'autres données, en particulier l'entretien d'auto-confrontation (§ 3.2.2). Nous appuyons donc l'analyse des données vidéo de classe par un entretien avec l'enseignant sur la vidéo, mais aussi par d'autres entretiens, notamment l'entretien à chaud ou éventuellement l'entretien précédant la séance observée. Ainsi, il s'agit de croiser différentes données, y compris les ressources, afin d'appuyer nos inférences.

Comme nous avons procédé avec le codage des entretiens pour gérer l'incertitude (§ 3.4.1), nous avons été amenés dans l'analyse des données vidéo à inférer d'abord des PCK et des règles d'action de l'enseignant à un moment, puis à y revenir plus tard à un autre moment. Nous avons également échangé avec d'autres chercheurs à propos de nos inférences, ce qui nous a permis de nous assurer que la façon dont nous avons inféré et formulé les PCK et les règles d'action, et au-delà les orientations pour les DI, est pertinente.

Ainsi, nous avons explicité dans cette partie la façon dont nous approchons les orientations pour les DI à travers une mise en relation avec le modèle ESFI. La caractérisation de ce type de connaissances met en lumière la relation qui se noue entre les PCK, les règles d'action de l'enseignant et les orientations pour les DI. Nous avons exploité le modèle ESFI comme un modèle organisateur des orientations qui nous permet d'explicitier celles-ci.

Choix de passages particuliers pour l'identification de connaissances professionnelles

Pour identifier les connaissances professionnelles de l'enseignant, nous avons choisi de nous intéresser à un type de situation particulier : les passages mettant en évidence une *intervention critique* du professeur en classe liée aux dimensions du modèle ESFI. Les interventions critiques de l'enseignant peuvent avoir lieu à la suite d'une sollicitation des élèves (quand un élève appelle le professeur), avant toute sollicitation, ou aussi après identification, par l'enseignant, de difficultés spécifiques des élèves. En effet, nous nous intéressons essentiellement dans l'analyse des séances vidéo de classe aux interventions critiques qui tournent autour d'un élément de savoir chimique ou, autrement dit, qui concernent le processus de l'enseignement et de l'apprentissage (par exemple, les interventions de l'enseignant qui ont lieu quand celui-ci repère des difficultés d'apprentissage ou une incompréhension par les élèves d'un concept, ou quand un élève propose une démarche qui ne correspond pas à la démarche « gagnante » de l'enseignant...). En ce sens, les interventions liées à la gestion de la classe (par exemple, les interventions de l'enseignant

qui ont lieu quand il y a un bavardage ou une dispute entre les élèves en classe...) ne sont pas considérées comme critiques et ne sont donc pas prises en compte dans notre analyse puisqu'elles ne relèvent pas d'un enjeu cognitif. Plus précisément encore, afin de pouvoir inférer des règles d'action et par la suite des orientations pour les DI suivant la méthodologie d'analyse que nous venons de développer dans la partie précédente, nous nous centrons sur les interventions critiques qui relèvent des six dimensions du modèle ESFI.

Etudier des séances fondées sur des DI suppose donc, de notre point de vue, de prendre en compte les interventions critiques de l'enseignant en classe. En effet, ce qui justifie davantage notre choix des passages révélateurs d'interventions critiques du professeur en classe est notre hypothèse que ces interventions sont propices à la mobilisation et à la construction de connaissances professionnelles par l'enseignant : les deux composantes de PCK (PCK/compréhension des élèves et PCK/stratégie) sont fortement susceptibles d'être mobilisées lorsqu'une intervention critique d'un professeur a lieu.

3.4.7. Conclusion

Nous avons présenté dans cette partie la méthodologie d'analyse de nos données. Des grilles d'analyse, éléments essentiels pour rendre intelligibles les données, ont été construites. Bien qu'elles concernent des outils méthodologiques différents, nous avons mis en évidence que ces grilles présentent des critères d'analyse communs puisqu'elles prennent appui sur nos outils théoriques.

Plus largement, nous avons développé des méthodologies d'analyse de chaque outil chapeautées effectivement par une méthodologie d'analyse générale qui se caractérise par des indicateurs d'analyse communs.

3.5. Conclusion de la construction méthodologique

La construction méthodologique que nous avons développée dans ce chapitre est étroitement liée à notre construction théorique. Nous avons prolongé la méthodologie d'investigation réflexive conçue pour le suivi des composantes individuelles du travail documentaire de l'enseignant vers une méthodologie prenant en compte les composantes collectives de ce travail. Ceci a débouché sur de nouveaux outils, en particulier la RSTC et le journal d'interactions. Nous mettons cette méthodologie à l'épreuve sur deux terrains d'étude dans le cadre d'un thème chimique correspondant à l'enseignement de la quantité de matière.

La méthodologie, en s'appuyant sur les outils théoriques qui fournissent des canevas d'analyse, doit permettre d'apporter dans un certain contexte des réponses aux questions de recherche. Notre recherche s'intéresse à l'analyse du travail des enseignants dans sa continuité, aussi bien en classe que hors classe. C'est un sujet qui a été, à notre connaissance, peu abordé jusqu'à présent par la recherche. Nous ne disposons donc pas de méthodologie d'analyse bien assise et ayant fait ses preuves dans ce domaine. Nous cherchons alors à « défricher » ce nouvel objet de recherche ; les méthodologies d'analyse des différents outils que nous avons développées s'inscrivent ainsi dans cette perspective.

Chapitre 4. Une enquête nationale sur les DI, état des lieux

Nous présentons dans ce chapitre l'enquête qui vise à étudier ce que représentent les DI pour des enseignants du secondaire. Cette enquête revêt un caractère national, elle a été conduite du 11 janvier au 15 mars 2011 sous forme d'un questionnaire mis en ligne auprès de professeurs de mathématiques, SPC, SVT et technologie enseignant en collège et en lycée (voir Annexe 1).

Le travail sur cette enquête a débouché sur un rapport (Monod-Ansaldi & Prieur²⁹, 2011) qui décrit les premiers résultats correspondant aux tris à plat par discipline et à des croisements de données permettant d'appréhender des convergences et des divergences entre les professeurs des quatre disciplines (mathématiques, SPC, SVT, technologie) ainsi que des éléments de comparaison entre les répondants selon leur niveau d'enseignement, collège ou lycée. Nous avons participé à l'analyse des résultats de cette enquête et à la rédaction de ce rapport pour ce qui concerne la discipline de SPC, plus particulièrement pour la deuxième partie de l'enquête concernant les démarches d'investigation dans la classe (Annexe 1, questions 2.1 à 2.6).

Nous reprenons dans ce chapitre cette analyse. Nous présentons en outre une nouvelle étude correspondant aux réponses des deux enseignants Lucien et Sarah que nous avons suivis ainsi qu'au croisement de leurs réponses avec celles de l'échantillon général. En effet, afin de situer ces deux enseignants par rapport à la population des répondants de SPC, nous leur avons demandé de répondre à l'enquête en ligne et de noter leurs noms à la fin du questionnaire pour que nous puissions les distinguer des autres répondants.

Nous débutons ce chapitre par la présentation de l'enquête et de l'échantillon des répondants (§ 4.1). Nous présentons ensuite ce que sont les DI pour les enseignants de SPC interrogés à travers l'analyse de leurs réponses (§ 4.2). De l'échantillon général nous passons au particulier en exposant les résultats d'analyse des réponses de Lucien et de Sarah à l'enquête (§ 4.3).

²⁹ Réjane Monod-Ansaldi et Michèle Prieur sont chargées d'étude dans l'équipe EducTice (Education, technologies de l'information et de la communication) de l'Institut Français de l'Éducation (IFÉ), équipe à laquelle j'ai participé comme doctorante pendant mes trois années de thèse.

4.1. Présentation de l'enquête et de l'échantillon des répondants

Nous commençons cette partie par la présentation des objectifs de l'enquête et de notre implication dans son exploitation (§ 4.1.1). Puis, nous explicitons la procédure d'analyse des réponses (§ 4.1.2). Nous décrivons enfin les caractéristiques de la population des répondants de SPC (§ 4.1.3).

4.1.1. Objectifs de l'enquête

Les travaux sur la mise en œuvre des DI révèlent un certain nombre de difficultés provoquées par ce nouveau contexte d'enseignement des sciences (§ 1.3). Des recherches ont également attesté de la diversité des significations prises par l'expression « démarches d'investigation » et par les termes utilisés pour en parler (§ 2.1.1). Les concepteurs³⁰ de l'enquête se sont alors proposé d'explorer ces significations diverses à partir d'une étude quantitative. Une enquête interrogeant l'opinion des enseignants de différentes disciplines (mathématiques, SPC, SVT, technologie) sur les DI a été ainsi élaborée. Rappelons que nous n'avons pas participé à la conception du questionnaire, mais essentiellement à l'analyse des résultats se rapportant à la discipline de SPC (§ 3.2.1).

Si l'objectif général de cette enquête vise l'étude des convergences et des spécificités des DI envisagées dans les quatre disciplines, notre objectif spécifique est de mieux comprendre les difficultés, les points d'appui des enseignements fondés sur les DI et ce que les enseignants disent penser des DI en nous centrant sur la discipline de SPC. En outre, un autre objectif, qui se distingue de celui des concepteurs, a motivé notre engagement : il s'agit d'exploiter cette enquête pour situer les enseignants que nous suivons par rapport à l'échantillon général des répondants. En ce sens, l'enquête s'avère pour nous un outil intéressant à travers lequel nous pourrions croiser ce que Lucien et Sarah disent penser des DI et ce qu'ils font réellement dans leurs classes. Ainsi, nous envisageons cette enquête comme un état des lieux qui permet d'approfondir la compréhension des processus en jeu lors de la mise en œuvre des DI dans les classes.

Dans ce chapitre, nous présentons les résultats d'analyse des réponses de la population des enseignants de SPC ainsi que celles de Lucien et de Sarah par rapport à la deuxième partie de l'enquête (voir Annexe 1, questions 2.1 à 2.6) et nous interrogeons également la mise en œuvre des DI par les répondants (première question de la dernière partie de l'enquête « pour conclure »).

4.1.2. Procédure d'analyse des réponses

La méthodologie d'enquête par questionnaire a été choisie (Monod-Ansaldi & Prieur, 2011) dans le but de recueillir un grand nombre de réponses. Les concepteurs de l'enquête ont construit les questions suite à des entretiens semi-directifs menés auprès de six enseignants de

³⁰ L'enquête a été conçue au sein de l'IFÉ-ENS de Lyon par l'équipe S2HEP-EducTice (<http://eductice.ens-lyon.fr/EducTice>) et l'UMR ICAR (<http://icar.univ-lyon2.fr/>).

collège et lycée (mathématiques, SPC, SVT). En outre, afin de valider le questionnaire, ils l'ont testé auprès de treize enseignants de mathématiques, SPC, SVT et technologie (au moins deux pour chaque discipline) dont certains exercent des fonctions de formateurs, et auprès de chercheurs en didactique des mathématiques et de la technologie. Le questionnaire a été diffusé sur le territoire national par l'intermédiaire des listes et des forums professionnels, des réseaux associatifs, des IUFM³¹, du réseau des enseignants associés à l'IFÉ-ENS de Lyon, et du réseau des interlocuteurs académiques Tice³² de chacune des disciplines.

La deuxième partie de l'enquête que nous avons analysée renferme une question ouverte (Annexe 1, question 2.1) et des questions fermées (Annexe 1, questions 2.2 à 2.6). L'analyse des questions fermées se base sur des tris à plat effectués dans la discipline de SPC au moyen du logiciel de traitement et d'analyse de données d'enquête Modalisa³³. Pour l'analyse de la réponse ouverte, la méthode de statistique textuelle mise en œuvre par le logiciel Alceste³⁴ a été utilisée (la conception de la méthodologie d'analyse de l'enquête a été appuyée par une statisticienne³⁵ qui a pris en charge le traitement des données sur les logiciels Modalisa et Alceste).

La méthode d'analyse de la réponse ouverte par le logiciel Alceste permet de mettre en évidence les différents thèmes prépondérants du corpus en évaluant les liens statistiques de cooccurrence des mots à l'intérieur des segments de texte (les segments de texte créés pour l'analyse, par le logiciel Alceste, à partir des réponses de chaque enseignant sont nommés UCE, Unités de Contexte Élémentaires). C'est donc sur la co-présence répétée des mots dans les segments de texte du corpus qu'est fondé le lien entre les mots. Le résultat principal de cette méthode est la liste des UCE classées sous un même « monde lexical ». Les classes d'UCE obtenues rassemblent donc les mots significativement co-occurents dans les segments de texte. Ce sont ces listes de mots liés par des relations de cooccurrence à l'intérieur des portions de texte que l'on cherche alors à interpréter pour définir de quel thème et/ou registre lexical elles traitent. Parallèlement, les mots du corpus sont analysés du point de vue des valeurs décroissantes d'intensité de leurs liens avec leur classe d'appartenance ou du point de vue de leur éloignement d'une classe. Nous parlons alors respectivement des « présences significatives » et des « absences significatives » des mots dans une classe.

Afin de présenter le contenu des classes obtenues, Monod-Ansaldi & Prieur (*ibidem*) ont souhaité mettre en évidence les mots selon leur importance dans les classes mesurées par l'intensité d'adhésion au travers d'une représentation graphique. Pour cela, des « nuages de

³¹ Instituts Universitaires de Formation des Maîtres

³² Les interlocuteurs académiques Tice sont des enseignants en charge de la réflexion sur les TICE (Technologie de l'Information et de Communication pour l'Enseignement) dans leur académie. Ils assurent également une action d'information, d'impulsion et de coordination au sein d'un groupe d'enseignants chargés d'assurer le développement des usages des TICE dans leur discipline.

³³ <http://www.modalisa.com/>

³⁴ http://www.image-zafar.com/index_alceste.htm

³⁵ Valérie Fontanieu, ingénieure d'étude statisticienne à l'informatique TICE - IFÉ / Direction des Systèmes d'Information de l'ENS de Lyon

termes » ont été réalisés à l'aide d'un outil en ligne, Wordle³⁶, qui affiche des mots selon une taille de police proportionnelle à leur effectif d'occurrence dans des textes.

4.1.3. Caractéristiques de la population des répondants de SPC

Les données sociodémographiques de l'échantillon des répondants ont été comparées avec celles de la population de référence, fournies par la Direction de l'Évaluation, de la Prospective et du Pilotage (DEPP) du Ministère de l'Éducation Nationale. Les données de référence disponibles concernent les enseignants de sciences du secondaire pour l'année 2009/2010 (n-1). Elles donnent un décompte des effectifs sur les caractéristiques descriptives suivantes : la discipline, le niveau d'enseignement (collège, lycée, lycée professionnel LP), le secteur public ou privé, l'académie, le grade et l'âge.

Pour comparer les disciplines dans les données de l'enquête, les enseignants signalant enseigner dans plusieurs disciplines scientifiques ont été écartés de l'analyse (l'effectif des répondants de sciences passe ainsi de 2756 à 2606 enseignants). La comparaison des caractéristiques de la population des répondants avec les données globales s'est donc faite sur la population (que nous appellerons population de référence) réduite aux professeurs enseignant une discipline scientifique (au sens institutionnel, le bloc physique-chimie étant ainsi considéré comme relevant de la même discipline) soit 107889 enseignants de sciences. Soulignons que nous ne cherchons pas ici à comparer la population des répondants de chacune des quatre disciplines par rapport à la population de référence, mais nous ne considérons que la discipline de SPC.

Dans la population de référence des enseignants de SPC, on compte 25857 enseignants. L'effectif des répondants de SPC que nous prenons en compte pour l'analyse est de 771 enseignants et l'effectif des répondants de sciences est de 2606. Cependant, pour évaluer notre échantillon vis-à-vis de la population de référence, nous ne considérons que les enseignants exerçant dans un seul niveau collège, lycée ou LP (suppression des enseignants d'IUFM et des enseignants à la fois en collège et en lycée). L'effectif des répondants de SPC passe ainsi, pour cette comparaison avec la population de référence, à 680 enseignants et l'effectif des répondants de sciences à 2376. Nous présentons dans le Tableau 18 la proportion des répondants de sciences dans la population de référence des enseignants de sciences et la proportion des répondants de SPC dans la population de référence des enseignants de SPC. Dans le Tableau 19, nous illustrons la proportion des enseignants de SPC dans la population de référence des enseignants de sciences et la proportion des répondants de SPC dans la population des répondants de sciences. Nous en inférons une relative représentativité de la population des répondants de SPC au regard de la population de référence.

³⁶ <http://www.wordle.net/>

	Enquête	Population de référence	% répondants
Effectif des enseignants de sciences (SPC + SVT + technologie + mathématiques)	2376	107889	2,2 %
Effectif des enseignants de SPC	680	25857	2,6 %

Tableau 18. Proportion des répondants de sciences dans la population de référence des enseignants de sciences et proportion des répondants de SPC dans la population de référence des enseignants de SPC

	Effectif des enseignants de SPC	Effectif des enseignants de sciences (SPC + SVT + technologie + mathématiques)	% enseignants SPC
Population de référence	25857	107889	24 %
Enquête	680	2376	28,6 %

Tableau 19. Proportion des enseignants de SPC dans la population de référence des enseignants de sciences et proportion des répondants de SPC dans la population des répondants de sciences

Nous nous centrons ici sur la caractéristique de la distribution des niveaux d'enseignement (collège, lycée, LP) dans l'échantillon des répondants et celui de référence pour la discipline de SPC.

Population de référence et population des répondants pour la discipline de SPC

La part des niveaux d'enseignement dans la population de référence et dans la population des répondants (niveau d'enseignement unique – et hors IUFM -) pour la discipline de SPC est présentée dans le tableau ci-dessous (Tableau 20). Notons que la part des enseignants de LP est faible (0,3%) puisqu'on ne considère que les enseignants exerçant dans une seule des disciplines scientifiques (les bi-disciplines étant nombreuses en LP).

Niveau d'enseignement	Population de référence (SPC)	Population des répondants (SPC)
COLLEGE	37,2%	52,2%
LYCEE	62,5%	47,5%
LP	0,3%	0,3%
Total	100,0%	100,0%

Tableau 20. Répartition des niveaux d'enseignement en SPC dans la population de référence et dans la population des répondants

Nous présentons dans la figure ci-dessous (Figure 20) la comparaison de la population des répondants à la population de référence selon le niveau d'enseignement pour ce qui concerne la discipline de SPC.

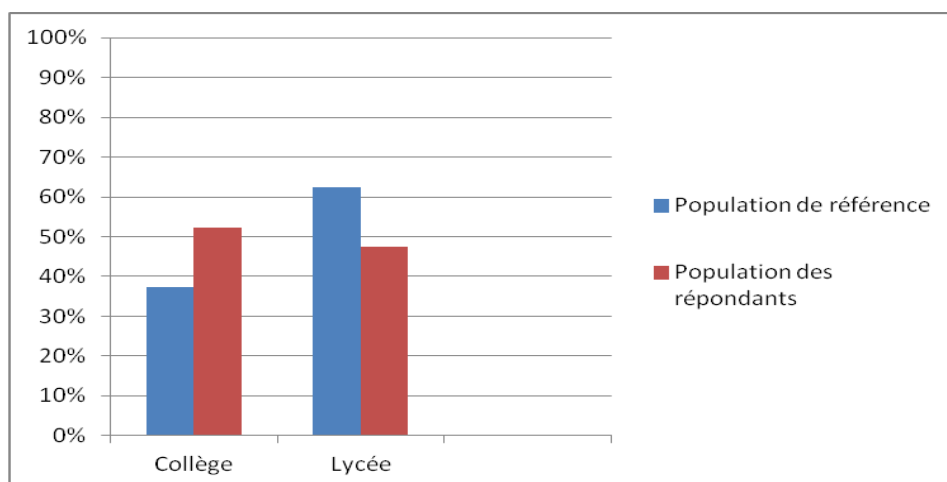


Figure 20. Population de référence et population de répondants pour la discipline de SPC selon le niveau d'enseignement

Ainsi, des écarts de représentation du niveau collège par rapport à la population de référence sont constatés : dans la population des répondants, les enseignants de collège en SPC sont sur-représentés (52% contre 37%). Soulignons que dans la présentation des résultats pour l'ensemble des questions, les distinctions collège et lycée sont vérifiées et commentées. Cependant, au regard d'autres caractéristiques (le grade, l'âge), nous relevons une relative conformité des caractéristiques de la population des répondants à l'intérieur de la discipline de SPC ; globalement les autres caractéristiques sont donc proches de celles de la population de référence (par choix l'information sur la caractéristique du secteur d'enseignement public ou privé est absente de l'enquête) (Monod-Ansaldi & Prieur, 2011). Il convient aussi de noter que la vocation nationale de cette enquête a été confortée : toutes les académies ont été touchées, avec cependant une plus ou moins bonne représentation.

4.2. Que disent les enseignants de SPC des DI ?

Nous présentons dans cette partie l'analyse des réponses des enseignants de SPC par rapport à la deuxième partie de l'enquête (Annexe 1, Partie 2 : les démarches d'investigation dans la classe, questions 2.1 à 2.6). Nous évoquons également les résultats d'analyse des réponses des enseignants à la première question de la dernière partie de l'enquête intitulée « pour conclure » qui relève de la mise en œuvre des DI dans leurs classes.

Dans un premier temps, nous exposons les registres lexicaux mobilisés dans la définition de l'expression « démarche d'investigation » (§ 4.2.1). Nous présentons dans un second temps les objectifs que la conduite des DI permet d'atteindre (§ 4.2.2). Seront mises en évidence aussi les capacités (§ 4.2.3) et les capacités ou attitudes transversales (§ 4.2.4) développées par les élèves lors de la mise en œuvre des DI. Les modalités d'apprentissage développées par les DI (§ 4.2.5) et les difficultés liées à la mise en place des DI (§ 4.2.6) sont ensuite rapportées. Nous décrivons enfin la mise en œuvre des DI par les répondants (§ 4.2.7).

4.2.1. Registres lexicaux mobilisés dans la définition de l'expression « démarche d'investigation »

Nous présentons ici l'analyse des réponses des enseignants de SPC à la question 2.1 figurant ci-dessous. Parmi les 771 enseignants de SPC ayant répondu à l'ensemble de l'enquête, 656 (soit 85%) ont répondu à cette question.



2.1 Pour vous, que recouvre l'expression « démarche d'investigation » dans le cadre de la classe ?

(400 caractères possibles)

La formulation de cette question a été choisie pour tenter de détourner les enseignants d'une réponse strictement institutionnelle. La question implique une réponse à champ ouvert. Une analyse textuelle à partir du logiciel Alceste (§ 4.1.2) a permis d'identifier différents champs lexicaux mobilisés par les enseignants de SPC et correspondant à quatre classes.

La classe 1 (23% des UCE classées) est associée à un registre lexical centré sur la démarche et plus particulièrement sur les différentes étapes des DI plutôt que sur l'élève et le savoir (voir nuage de termes, Figure 21). Nous repérons, en effet, la présence significative (§ 4.1.2) des mots tels que : *hypothèse, résultat, confronter, expérience, mise en commun, conclusion, élaboration, protocole, expérimentation, observation, expérimentation, valide, infirmer, interprétation*. En revanche, nous notons une absence significative (§ 4.1.2) des termes : *élève, savoir, connaissance*. Ainsi, cette classe renvoie à une description de la mise en place des DI et des différentes étapes réalisées par l'élève qui est censé formuler des hypothèses, élaborer un protocole expérimental, réaliser une expérimentation dont le résultat est confronté aux hypothèses formulées pour les valider ou les infirmer. Cette classe rejoint donc le point de vue institutionnel qui se manifeste dans les programmes scolaires prônant les DI (§ 1.2) en ce sens que c'est le modèle hypothético-déductif, où la mise à l'épreuve d'hypothèses à travers une dimension expérimentale, qui semble central dans les définitions données aux DI.

Nous présentons quelques exemples de définitions exprimées par des enseignants et se rapportant à ce registre lexical dans le Tableau 21. Soulignons qu'une même réponse de l'enseignant peut être décomposée en plusieurs UCE (segments de texte ; § 4.1.2) appartenant à plusieurs classes ; des UCE peuvent en outre ne pas relever d'une classe spécifique parmi les classes identifiées, dans ce cas elles ne sont pas classées (classe 0).

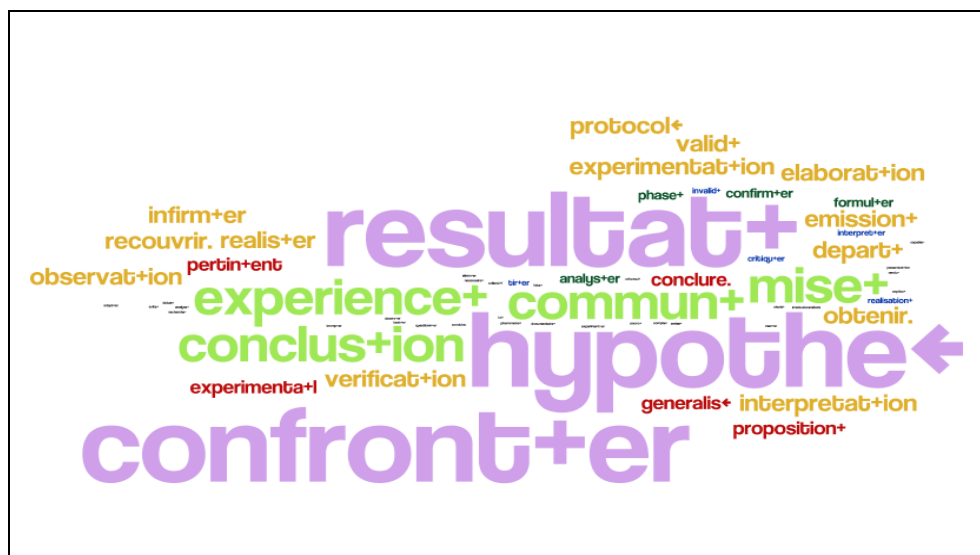


Figure 21. Nuage de termes du registre lexical de la démarche, correspondant à la classe 1 repérée par l'analyse Alceste des réponses des enseignants de SPC à la question « Pour vous, que recouvre l'expression « démarche d'investigation » dans le cadre de la classe ? » (Monod-Ansaldi & Prieur, 2011, p. 48)

Niveau	Réponse et UCE
collège	« situation de questionnement, hypothèse, expérience ou recherche documentaire pour valider ou invalider les hypothèses, observation, mise en commun, conclusion » UCE, Classe : 1 situation de questionnement, hypothese, experience ou recherche documentaire pour valider ou invalider les hypotheses, observation, mise en commun, conclusion.
lycée	« Face à une situation problème, il faut aider les élèves à formuler le problème parmi d'autres. Cette étape est trop souvent massacrée! Puis émission des hypothèses dans l'objectif de pouvoir les tester en pratique. Mise en commun. Vérification des hypothèses par la conception et la réalisation des expériences par les élèves. Conclusion, domaine de validité des lois ou des résultats. » UCE, Classe : 0 face a une situation probleme, il faut aider les eleves a formuler le probleme parmi d' autres. UCE, Classe : 0 cette etape est trop souvent massacree! puis emission des hypotheses dans l' objectif de pouvoir les tester en pratique. UCE, Classe : 1 mise en commun. verification des hypotheses par la conception et la realisation des experiences par les eleves. conclusion, domaine de validite des lois ou des resultats.
collège	« Pour moi, c'est une démarche qui enchaîne hypothèse, expérimentation ou recherche, interprétation puis conclusion. » UCE, Classe : 1 pour moi, c'-est une demarche qui enchaîne hypothese, experimentation ou recherche, interpretation puis conclusion.

Tableau 21. Exemples de réponses d'enseignants de SPC illustrant le registre lexical de la démarche. Les réponses sont présentées en italique, suivies de leur traitement en UCE par le logiciel Alceste. Les mots qui caractérisent la classe sont colorés (Monod-Ansaldi & Prieur, 2011, p. 48).

La classe 2 (8% des UCE classées) représente un champ lexical relatif aux difficultés liées à la mise en œuvre des DI. Nous repérons la présence significative de termes comme : *difficile, temps, manque, perte, chronophage, matériel* (voir nuage de termes, Figure 22). Cependant, nous inférons à travers cette classe que les enseignants qui considèrent que les DI présentent des difficultés sont le plus souvent ceux qui ne les ont pas pratiquées et mises en œuvre en classe (ceux qui ont répondu *non* à la question *Avez-vous déjà mis en œuvre des démarches d'investigation dans vos classes ?* C'est la première question de la dernière partie de l'enquête « pour conclure »). Une absence significative dans cette classe pour les enseignants de SPC qui mettent en œuvre des DI (qui ont répondu *oui* à la question *Avez-vous déjà mis en œuvre des démarches d'investigation dans vos classes ?*) a été identifiée. Il

Nous illustrons le registre lexical correspondant par quelques exemples de définitions données par des enseignants (Tableau 22).

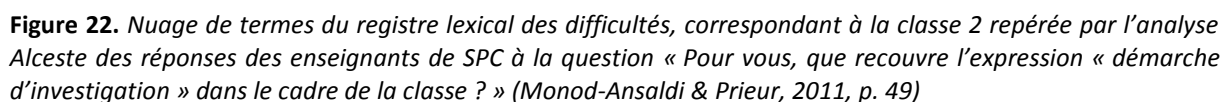


Tableau 22: Exemples de réponses d'enseignants de SPC illustrant le registre lexical des difficultés. Les réponses sont présentées en italique, suivies de leur traitement en UCE par le logiciel Alceste. Les mots qui caractérisent la classe sont colorés (Monod-Ansaldi & Prieur, 2011, p. 49).

151

Cette classe semble se rapprocher de la classe 1. En effet, ces deux classes sont centrées sur les DI en tant que telles, mais avec la mise en avant d'un problème de recherche dans la classe 3 et une focalisation sur les étapes dans la classe 1. Notons également que ce registre lexical est peu centré sur le savoir puisque nous relevons l'absence significative des termes *savoir*, *institutionnalisation*, *savoir-faire*.

Nous donnons quelques exemples de définitions exprimées par des enseignants et liées à cette classe dans le Tableau 23.

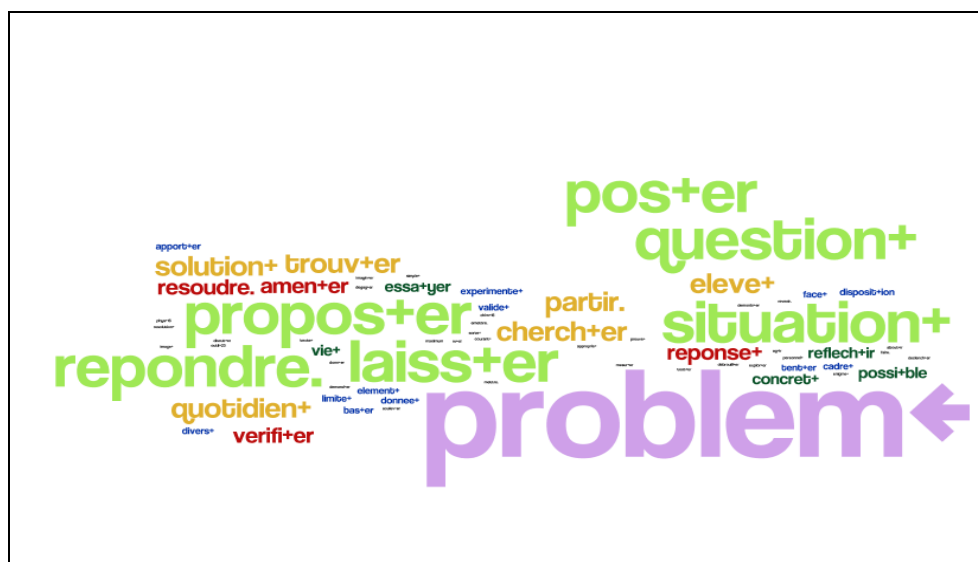


Figure 23. Nuage de termes du registre lexical de la situation-problème, correspondant à la classe 3 repérée par l'analyse Alceste des réponses des enseignants de SPC à la question « Pour vous, que recouvre l'expression « démarche d'investigation » dans le cadre de la classe ? » (Monod-Ansaldi & Prieur, 2011, p. 50)

Niveau	Réponse et UCE
lycée	« Il s'agit pour les élèves de chercher à répondre à une question qui leur est posée à partir d'une situation déclenchante. Ils doivent proposer des hypothèses en argumentant puis trouver les moyens de les tester pour conclure. L'enseignant les encadre dans leur démarche. » UCE, Classe : 3 il s'agit pour les eleves de chercher a repondre a une question qui leur est posee a-partir-d' une situation declenchante. UCE, Classe : 0 ils doivent proposer des hypotheses en argumentant puis trouver les moyens de les tester pour conclure. l' enseignant les encadre dans leur demarche.
collège	« Partir d'une situation si possible de la vie courante à partir de laquelle les élèves cherchent le problème scientifique à résoudre. Ils émettent une hypothèse pour essayer de le résoudre, puis expérimente, observe et interprète pour vérifier leur hypothèse. Ils concluent en répondant à la question de départ. » UCE, Classe : 3 partir d' une situation si possible de la vie courante a-partir-de laquelle les eleves cherchent le probleme scientifique a resoudre. UCE, Classe : 3 ils emettent une hypothese pour essayer de le resoudre, puis experimente, observe et interprete pour verifier leur hypothese. UCE, Classe : 1 ils concluent en repondant a la question de depart.
lycée	« Les faire se poser une question sur leur quotidien. Leur proposer des outils pour répondre à cette question. Tenter une réponse (faire des hypothèses) Vérifier expérimentalement ou historiquement. Conclure. » UCE, Classe : 3 les faire se poser une question sur leur quotidien. leur proposer des outils pour repondre a cette question. tenter une reponse, faire des hypotheses, verifier experimentalement ou historiquement. UCE, Classe : 0 conclure.

Tableau 23. Exemples de réponses d'enseignants de SPC illustrant le registre lexical de la situation-problème. Les réponses sont présentées en italique, suivies de leur traitement en UCE par le logiciel Alceste. Les mots qui caractérisent la classe sont colorés (Monod-Ansaldi & Prieur, 2011, p. 50).

	aborder lorsque le sujet le permet. UCE, Classe : 4 cela-dit, tout comme la methode globale n' etait pas la solution miracle pour apprendre a lire, la demarche d' investigation n' est certainement pas la meilleure facon d' apprendre: l' enseignant doit choisir le juste milieu.

Tableau 24. Exemples de réponses d'enseignants de SPC illustrant le registre lexical de la construction de connaissances. Les réponses sont présentées en italique, suivies de leur traitement en UCE par le logiciel Alceste. Les mots qui caractérisent la classe sont colorés (Monod-Ansaldi & Prieur, 2011, p. 51).

Ainsi, nous avons présenté dans cette partie les registres lexicaux identifiés à travers l'analyse textuelle, par le logiciel Alceste, des réponses des enseignants de SPC à la question se rapportant aux significations données à l'expression « démarche d'investigation ». Quatre classes associées à ces registres lexicaux ont émergé à partir de l'analyse : la classe 1 se centre sur la description des DI suivant différentes étapes, la classe 2 renvoie aux difficultés liées à la mise en œuvre des DI. Quant à la classe 3, elle relève de la présentation de la démarche en tant que situation-problème. La classe 4 caractérise l'apport des DI en termes de construction de connaissances par l'élève.

4.2.2. Objectifs des DI

Nous exposons ici l'analyse des réponses des enseignants de SPC à la question 2.2 présentée ci-dessous. Afin de recueillir les opinions des enseignants sur les objectifs liés à la mise en œuvre des DI, il leur était demandé de choisir, parmi une liste de 11 objectifs, ceux dont la conduite de DI permet d'atteindre. Il s'agit de choisir et de classer ces objectifs, en mettant en premier rang celui qui est jugé le plus important.

2.2 Selon vous, parmi les objectifs suivants, quels sont ceux que la conduite d'une démarche d'investigation permet d'atteindre ?

Choisissez puis classez les propositions en mettant en position 1 l'objectif que vous jugez le plus important.

Vos choix :

- favoriser un enseignement pluridisciplinaire
- faire acquérir des connaissances
- donner l'envie d'apprendre les sciences et/ou la technologie
- réaliser des activités pratiques
- développer des capacités et/ou attitudes
- mieux faire comprendre le statut des savoirs scientifiques et/ou technologiques
- développer l'autonomie
- favoriser l'apprentissage de méthodes scientifiques et/ou technologiques
- développer une culture scientifique et/ou technologique
- faire travailler les élèves comme des chercheurs et/ou des ingénieurs
- explicitier et mettre à l'épreuve les idées initiales

Votre classement :

- 1:
- 2:
- 3:
- 4:
- 5:
- 6:
- 7:
- 8:
- 9:
- 10:
- 11:

Cliquez sur une proposition dans la liste pour la sélectionner dans votre classement. Les ciseaux vous permettent d'enlever le dernier élément du classement.

L'étude du pourcentage de réponses, pour chacun des rangs, montre que 74% des répondants de SPC ont classé toutes les propositions. La presque totalité des enseignants (environ 96% des répondants) ont classé au moins 3 propositions et la proportion d'enseignants ayant classé plus de 3 propositions décroît du 4^e rang au 11^e rang. Nous avons

donc choisi de limiter l'analyse aux objectifs classés par la presque totalité des enseignants, c'est-à-dire ceux classés aux rangs 1 à 3.

Considérant que, sur un classement de 11 propositions, la position d'un rang n , $n+1$ ou $n-1$ n'est pas fortement significative pour connaître les objectifs les plus plébiscités par les enseignants de SPC, nous avons calculé le pourcentage d'enseignants ayant placé chaque objectif à l'un des trois premiers rangs (Figure 25). Par ailleurs, la Figure 26 donne le rang moyen des différents objectifs (moyenne des rangs de classement calculée sur les 11 positions de classement possibles). Un rang moyen faible donne une indication de classement plus fréquent dans les premiers rangs et inversement.

L'analyse des réponses à cette question porte sur les objectifs les plus plébiscités, c'est-à-dire ceux étant le plus souvent classés aux rangs 1 à 3 et possédant un rang moyen peu élevé, et sur les objectifs les moins choisis, c'est-à-dire ceux étant les moins souvent classés aux rangs 1 à 3 et possédant un rang moyen élevé.

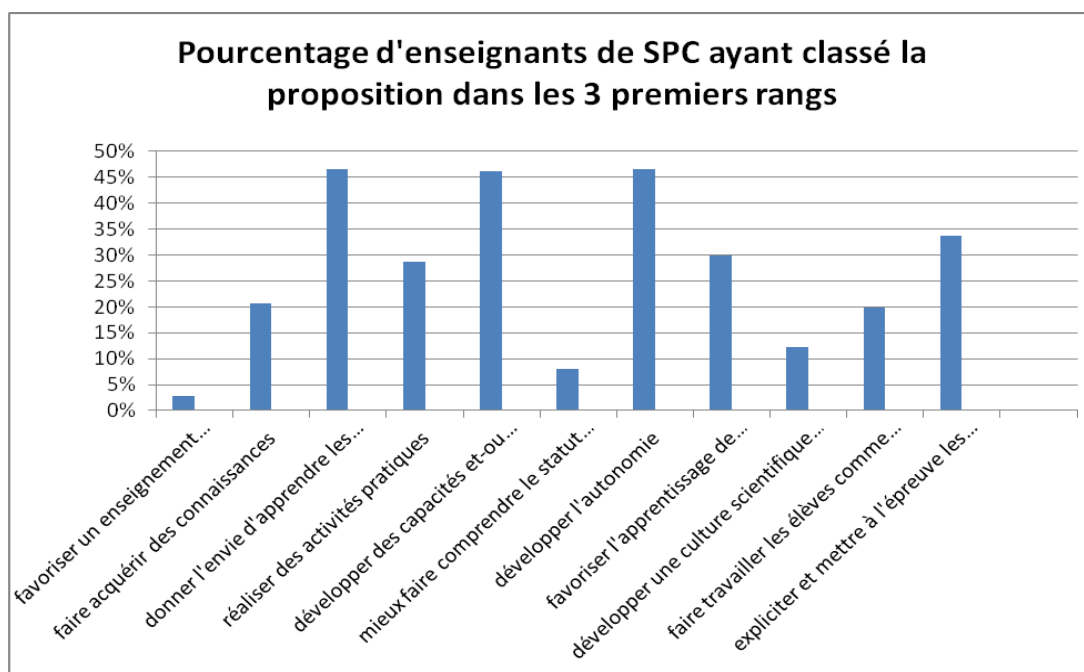


Figure 25. Pourcentages d'enseignants de SPC ayant classé chaque proposition dans les 3 premiers rangs pour la question « Selon vous, parmi les objectifs suivants, quels sont ceux que la conduite d'une démarche d'investigation permet d'atteindre ? » Le pourcentage est calculé sur le nombre d'enseignants ayant choisi au moins un objectif.

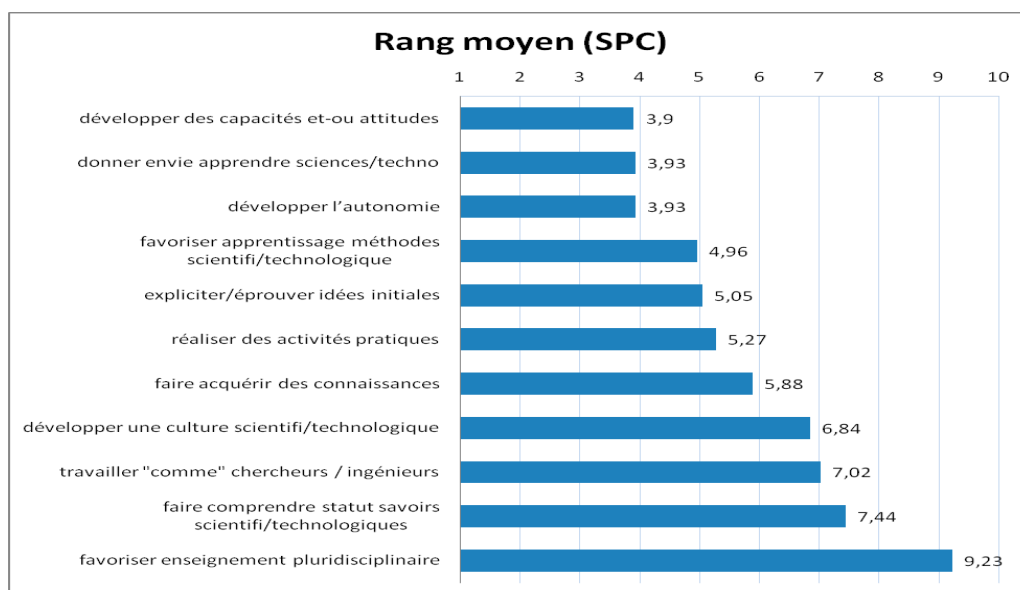


Figure 26. Rang moyen de chaque proposition pour les enseignants de SPC à la question « Selon vous, parmi les objectifs suivants, quels sont ceux que la conduite d'une démarche d'investigation permet d'atteindre ? » (Monod-Ansaldi & Prieur, 2011, p. 66).

Nous repérons que parmi les objectifs proposés, trois prédominent dans les réponses des enseignants de SPC. *Donner l'envie d'apprendre les sciences et/ou la technologie* occupe la première position pour 28% des répondants, assez loin devant les autres pourcentages de premier rang. Cette proposition ainsi que *développer des capacités et/ou attitudes* et *développer l'autonomie* sont placées dans les trois premiers rangs par près de la moitié des enseignants (46%, Figure 25). Ces trois propositions possèdent également les trois plus faibles rangs moyens (Figure 26). L'objectif *faire acquérir des connaissances* n'est pas considéré par les répondants comme étant un objectif primordial visé par l'implémentation de DI puisque seulement 21% l'ont positionné dans les trois premiers rangs. En dernier rang, apparaît *favoriser un enseignement pluridisciplinaire* pour 46% des répondants. Cette proposition possède le rang moyen le plus élevé (Figure 26), elle a été sélectionnée et placée par 73% des répondants dans les trois derniers rangs. Nous pouvons donc en conclure que les répondants de SPC ne font pas des DI un moyen de travailler avec d'autres disciplines scientifiques. Autrement dit, les DI ne sont pas perçues par ces enseignants comme un moyen de décroïsonner ou de favoriser la mise en convergence des disciplines. Les répondants à cette enquête sont également peu nombreux à retenir *mieux faire comprendre le statut des savoirs scientifiques et/ou technologiques*, *faire travailler les élèves comme des chercheurs et/ou des ingénieurs*, *développer une culture scientifique et/ou technologique*. Ces résultats sont corroborés par le fait que ces objectifs possèdent un rang moyen élevé (Figure 26). Pour la plupart des enseignants, comprendre la nature de la science, donner une meilleure compréhension de ce qu'est l'activité scientifique n'est donc pas un objectif prioritaire des DI.

Ainsi, nous pouvons repérer que pour ces enseignants de SPC, les DI consistent en une démarche pédagogique qui permet, en premier lieu, de développer des capacités et des attitudes comme l'autonomie, la motivation et l'intérêt vis-à-vis des sciences. Mais elles ne sont pas perçues comme une méthode d'enseignement qui privilégie l'acquisition des connaissances ou la compréhension de la nature de la science ou un enseignement

pluridisciplinaire. Notons que nous n'avons pas identifié pour cette question des différences significatives entre les enseignants de collège et de lycée.

4.2.3 Capacités développées lors de la conduite des DI

Nous présentons ici les résultats d'analyse des réponses des enseignants de SPC à la question 2.3 affichée ci-dessous. Cette question vise à préciser les opinions des enseignants sur les capacités susceptibles d'être développées par les élèves lors de la mise en œuvre de DI. Elle demande de classer quatre capacités données afin de déterminer celles qui sont, selon les répondants, plus particulièrement développées lors de la conduite des DI.

2.3 Classez les propositions suivantes en mettant en position 1 les capacités qui, selon vous, sont plus particulièrement développées lors de la conduite d'une démarche d'investigation :

Vos choix :

- "Rechercher, extraire, organiser l'information utile"
- "Réaliser, manipuler, mesurer, calculer, appliquer des consignes"
- "Raisonner, argumenter, pratiquer une démarche expérimentale ou technologique, démontrer"
- "Présenter la démarche suivie, les résultats obtenus et communiquer à l'aide d'un langage adapté"

Votre classement :

1:

2:

3:

4:

Cliquez sur une proposition dans la liste pour la sélectionner dans votre classement. Les ciseaux vous permettent d'enlever le dernier élément du classement.

La presque totalité des enseignants (90%) ayant classé les 4 propositions, les réponses obtenues au premier et dernier rang (Figure 27) ainsi que le rang moyen (Figure 28) seront étudiés.

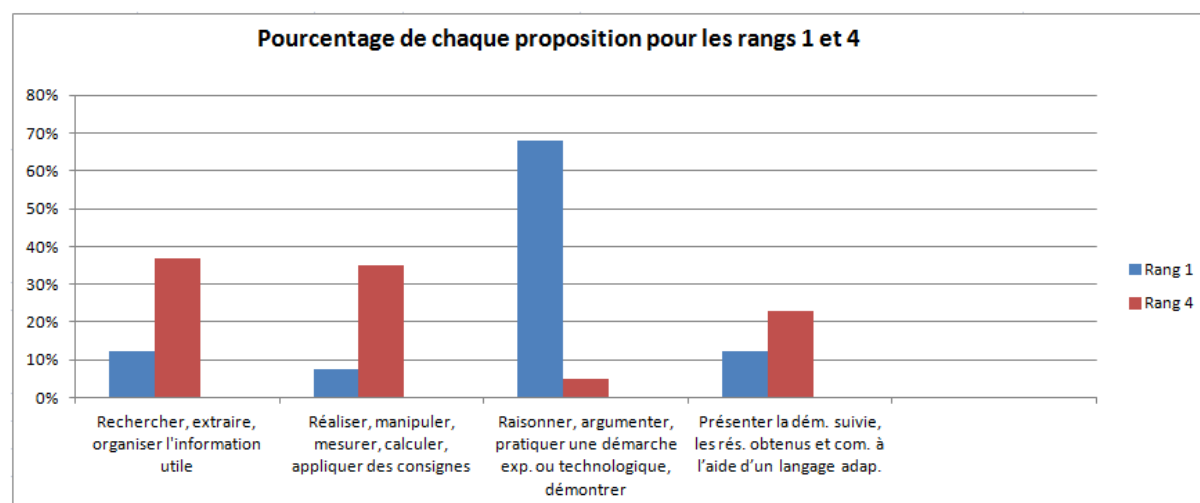


Figure 27. Pourcentages de chaque proposition ayant été classée au rang 1 et au rang 4 à la question « Classez les propositions suivantes en mettant en position 1 les capacités qui, selon vous, sont plus particulièrement développées lors de la conduite d'une démarche d'investigation »

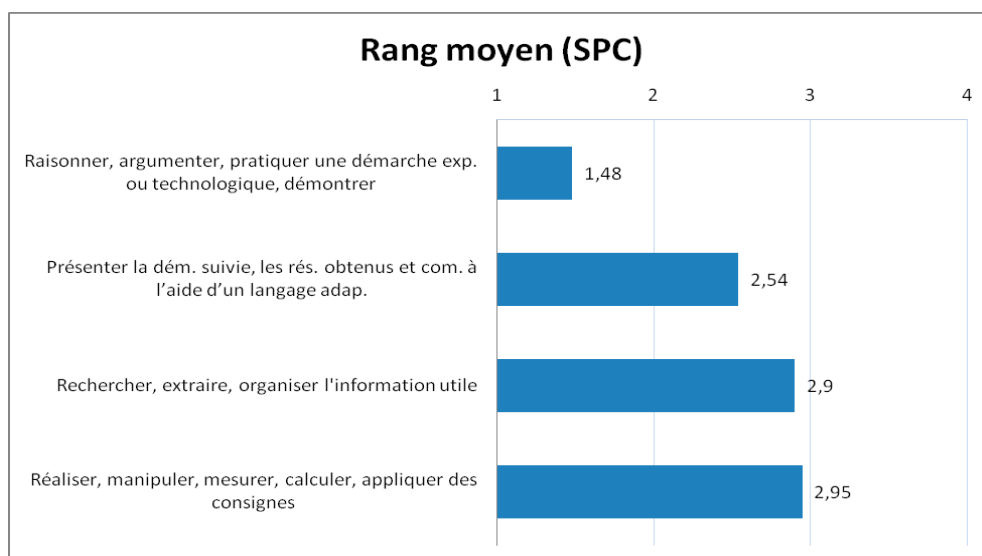


Figure 28. Rang moyen de chaque proposition pour les enseignants de SPC à la question « Classez les propositions suivantes en mettant en position 1 les capacités qui, selon vous, sont plus particulièrement développées lors de la conduite d'une démarche d'investigation » (Monod-Ansaldi & Prieur, 2011, p. 71)

Les réponses à cette question montrent que 68% des répondants classent la capacité raisonner, argumenter, pratiquer une démarche expérimentale ou technologique, démontrer au premier rang (Figure 27) ; le rang moyen de cette proposition est d'ailleurs le plus faible (Figure 28). Donc pour ces enseignants, la mise en œuvre de DI développe essentiellement chez l'élève un raisonnement argumenté à travers la mise en place d'une démarche scientifique, autrement dit, à partir de la formulation d'hypothèses explicatives, l'élaboration de protocoles possibles, l'expérimentation, l'analyse et l'interprétation des résultats expérimentaux. Au deuxième rang, arrive la capacité à présenter la démarche suivie, les résultats obtenus et communiquer à l'aide d'un langage adapté avec environ 42% des répondants. Cette capacité est relative à l'échange argumenté des propositions élaborées par les élèves où l'accent est mis sur la communication qui peut être orale ou écrite. Ce résultat montre que les enseignants de SPC portent un intérêt à cette phase des DI. Ceci peut être relié avec les pratiques de rédaction de compte-rendu des démarches, en particulier de mise en œuvre de protocoles expérimentaux. Enfin, les répondants placent dans les dernières positions la conduite des DI comme un moyen de rechercher, extraire, organiser l'information utile, et de réaliser, manipuler, mesurer, calculer, appliquer des consignes.

Ainsi, nous pouvons repérer que les répondants de SPC mettent surtout en évidence des capacités développées par les DI, liées à la pratique de procédures expérimentales où l'esprit critique de l'élève est fortement concerné. Il n'apparaît pas de différences significatives dans les réponses à cette question entre les enseignants de collège et de lycée.

4.2.4. Capacités ou attitudes transversales développées lors de la mise en œuvre des DI

Nous présentons ici l'analyse des réponses des enseignants de SPC à la question 2.4 figurant ci-dessous. Cette question vise à identifier le degré d'accord sur huit items des

capacités ou attitudes pouvant être développées par les élèves lors de la mise en œuvre des DI. Nous classons ces huit propositions selon un degré d'accord global décroissant (Figure 29).

	Tout à fait d'accord	Plutôt d'accord	Plutôt pas d'accord	Pas du tout d'accord	Ne sais pas
respecter des comportements favorables à sa santé et sa sécurité	☒	☒	☒	☒	☒
être autonome dans son travail : savoir l'organiser, le planifier, l'anticiper, rechercher et sélectionner des informations utiles	☐	☐	☐	☐	☐
s'engager dans un projet individuel	☒	☒	☒	☒	☒
s'intégrer et coopérer dans un projet collectif	☐	☐	☐	☐	☐
manifester curiosité, créativité, motivation	☒	☒	☒	☒	☒
assumer des rôles, prendre des initiatives et des décisions	☐	☐	☐	☐	☐
savoir s'autoévaluer et être capable de décrire ses intérêts, ses compétences et ses acquis	☒	☒	☒	☒	☒
comprendre l'importance du respect mutuel et accepter toutes les différences	☐	☐	☐	☐	☐

Trois propositions retiennent le plus d'accord (autour de 90% d'accord) : *manifeste curiosité, créativité et motivation* ; *être autonome dans son travail* (avec respectivement 93 et 92% d'accord dont 61 et 62% sont tout à fait d'accord) ; la troisième proposition *s'intégrer et coopérer dans un projet collectif* est liée à la dimension collaborative entre pairs au cours de l'apprentissage (91% d'accord) (Figure 29). Le résultat correspondant à cette troisième proposition est renforcé par le fait que la capacité à *s'engager dans un projet individuel* exprime le plus de désaccord (62% pas d'accord, Figure 29). Cela montre l'importance accordée par les répondants de SPC à faire travailler les élèves par groupe. C'est donc la démarche collaborative qui est privilégiée par ces enseignants au cours de la mise en place des DI et non pas le travail individuel de l'élève.

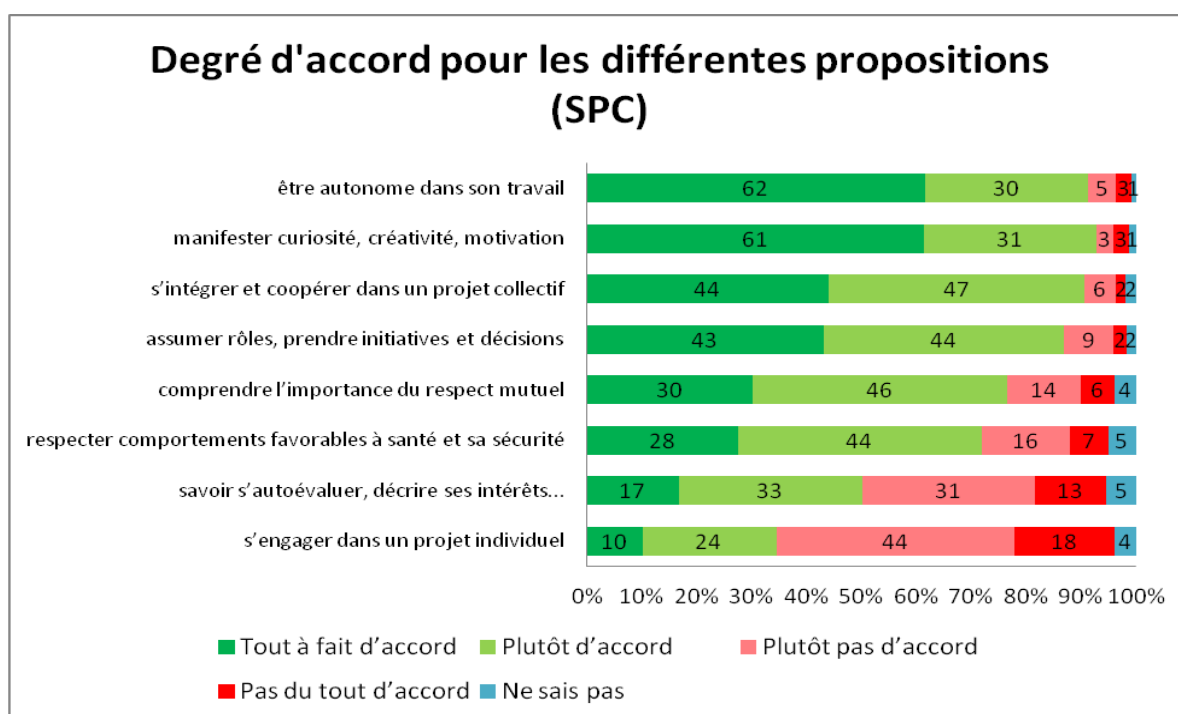


Figure 29. Réponses des enseignants de SPC à la question « Selon vous, les capacités ou attitudes transversales développées par les élèves lors de la mise en œuvre d'une démarche d'investigation sont... » (Monod-Ansaldi & Prieur, 2011, p. 74)

La capacité à *assumer des rôles, prendre des initiatives et des décisions* est en quatrième position avec 87% d'accord. Ensuite deux propositions retiennent l'accord d'environ 70% des répondants : *comprendre l'importance du respect mutuel* et *respecter des comportements favorables à sa santé et à sa sécurité* au cours de DI (avec respectivement 77% et 72% d'accord). La proposition *savoir s'auto-évaluer et être capable de décrire ses intérêts* divise les réponses des enseignants dans la mesure où environ 50% sont d'accord contre 44% en désaccord et 5% répondent *ne sais pas* (Figure 29) : les DI ne semblent pas être considérées par la moitié de répondants de SPC comme une situation favorable à l'autoévaluation.

Ainsi, pour les répondants de SPC, la mise en place des DI stimule surtout la curiosité, la créativité, l'esprit critique, l'intérêt, l'autonomie, et l'esprit d'initiative des élèves. Ce résultat est en cohérence avec celui de la question précédente (§ 4.2.3) dans la mesure où la capacité, qui semble pour les répondants plus particulièrement développée lors de la conduite des DI, est liée au raisonnement argumenté où l'esprit critique des élèves est largement sollicité. En outre, selon les enseignants répondants, la mise en œuvre de DI favorise la confrontation entre pairs et donc l'investissement dans un projet collectif.

Il est intéressant de noter que des divergences significatives apparaissent sur certaines modalités selon le niveau d'enseignement en SPC : les enseignants de lycée sont nettement plus d'accord que ceux de collège sur la capacité *s'engager dans un projet individuel* développée par les élèves lors de la mise en œuvre des DI (41% contre 29%), mais inversement sur *s'intégrer et coopérer dans un projet collectif* (88% contre 93%). Par rapport à la proposition *comprendre l'importance du respect mutuel*, il apparaît que les enseignants de lycée sont plus en désaccord (24% contre 16%).

4.2.5. Modalités d'apprentissage développées par les DI

Nous exposons ici les résultats d'analyse des réponses des enseignants de SPC à la question 2.5 présentée ci-dessous. Cette question vise à identifier ce que pensent les enseignants de SPC des modalités d'apprentissages des élèves permises par la mise en œuvre des DI. Les réponses ont été classées selon un degré d'accord global décroissant (Figure 30).

2.5 Selon vous, la mise en œuvre d'une démarche d'investigation permet aux élèves de...					
	Tout à fait d'accord	Plutôt d'accord	Plutôt pas d'accord	Pas du tout d'accord	Ne sais pas
confronter leurs connaissances à celle des autres élèves	☒	☒	☐	☐	☐
déconstruire des connaissances erronées	☐	☐	☐	☐	☐
découvrir des connaissances	☒	☒	☐	☐	☐
se confronter à la complexité des savoirs	☐	☐	☐	☐	☐
avoir la possibilité de se tromper	☒	☒	☐	☐	☐
réinvestir des connaissances	☐	☐	☐	☐	☐
mettre à l'épreuve leurs connaissances initiales	☒	☒	☐	☐	☐

Les réponses à cette question révèlent un accord supérieur à 70% pour toutes les propositions (Figure 30). En premier lieu, se situe la proposition *la conduite de DI permet aux élèves d'avoir la possibilité de se tromper* avec 94% d'accord (dont 58% sont tout à fait d'accord). Pour ces répondants, la mise en place de DI se base sur un processus qui fait appel à des tâtonnements, à des essais et erreurs. Cette proposition exprimant le plus d'accord peut

refléter également un statut de l'erreur plutôt « positif » où celle-ci est reconnue comme un élément constitutif du processus d'apprentissage au cours de la mise en œuvre de DI. Arrivent ensuite, en deuxième et troisième position, le fait que la conduite de DI *permet aux élèves de mettre à l'épreuve leurs connaissances initiales* et *permet aux élèves de découvrir des connaissances* avec respectivement 89% et 84% d'accord.

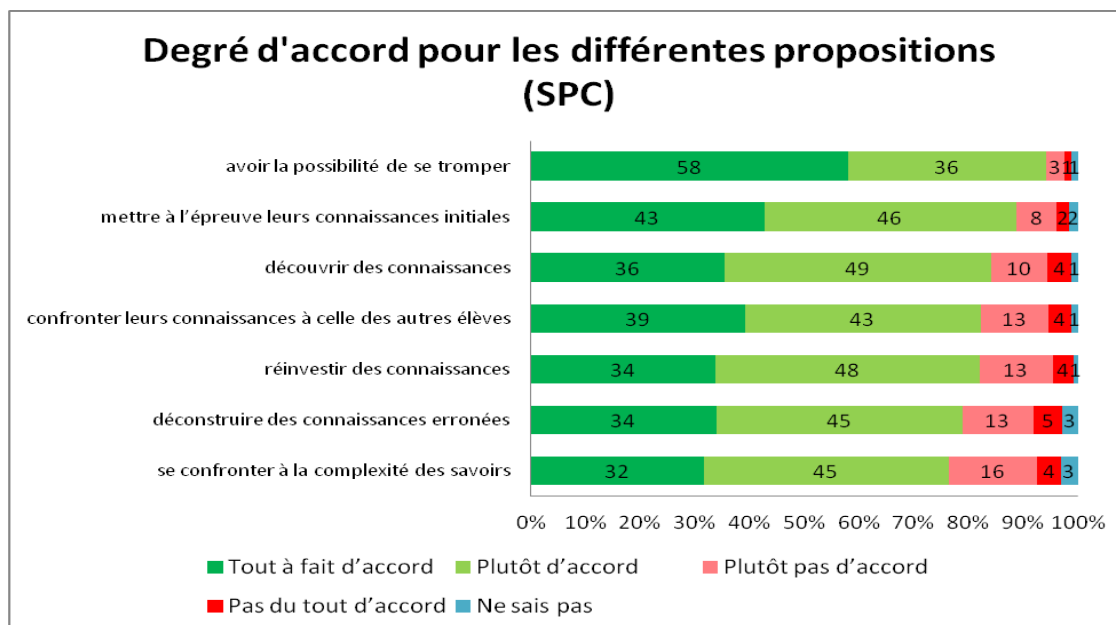


Figure 30. Réponses des enseignants de SPC à la question « Selon vous, la mise en œuvre d'une démarche d'investigation permet aux élèves de... » (Monod-Ansaldi & Prieur, 2011, p. 78)

En quatrième position, viennent simultanément deux propositions exprimant le même pourcentage d'accord (82%) : la conduite de DI *permet aux élèves de réinvestir des connaissances* (dont 34% sont tout à fait d'accord et 48% plutôt d'accord) et *permet aux élèves de confronter leurs connaissances à celle des autres élèves* (dont 39% sont tout à fait d'accord et 43% plutôt d'accord). Ce résultat concernant cette dernière proposition rejoint le résultat obtenu à la question précédente (§ 4.2.4) où l'accent est mis sur l'engagement des élèves dans un projet collectif et donc sur la démarche collaborative et la confrontation entre pairs au cours de la mise en œuvre de DI. 79% des répondants étaient également d'accord sur le fait que la conduite de DI *permet aux élèves de déconstruire des connaissances erronées* et on retrouve aussi qu'environ 77% sont d'accord pour considérer qu'elle *permet aux élèves de se confronter à la complexité des savoirs*.

Ainsi, pour les enseignants de SPC répondants à l'enquête, la conduite de DI s'inclut dans un jeu d'interactions entre les connaissances initiales des élèves avec le droit de se tromper et d'exprimer des conceptions préexistantes, l'acquisition de nouvelles connaissances, la remise en cause et la déconstruction de leurs connaissances erronées (ce qui fait écho à l'explicitation et la mise à l'épreuve des idées initiales, mentionnées plus haut). Ce jeu d'interactions n'est pas mené individuellement puisque, selon les répondants de SPC, les DI favorisent la confrontation des connaissances entre les pairs, et donc la dimension collective est fortement présente.

Il apparaît aussi des divergences significatives selon le niveau d'enseignement sur certaines modalités : les enseignants en lycée considèrent, plus que ceux en collège, que la mise en œuvre des DI permet aux élèves de *se confronter à la complexité des savoirs* (83% des enseignants de lycée sont d'accord sur cette proposition contre 71% pour ceux en collège). En revanche, les enseignants en collège jugent davantage que la mise en œuvre des DI permet aux élèves de *confronter leurs connaissances à celle des autres élèves*, de *découvrir des connaissances*, de *déconstruire des connaissances erronées* et de *mettre à l'épreuve leurs connaissances initiales* (avec respectivement 88% des enseignants de collège qui sont d'accord contre 78% pour ceux en lycée, 91% contre 80%, 85% contre 74% et 92% contre 86%).

4.2.6. Difficultés de la mise en œuvre des DI

Nous présentons ici l'analyse des réponses des enseignants de SPC à la question 2.6 affichée ci-dessous. Cette question interroge le degré d'accord sur onze difficultés liées à la conduite de DI dans l'enseignement. Les propositions concernent la démarche elle-même, les élèves, le contexte ou le professeur. Les modalités de réponse ont été classées selon un degré d'accord global décroissant (Figure 31).

2.6 Selon vous, les difficultés à proposer des démarches d'investigation dans l'enseignement sont...					
	Tout à fait d'accord	Plutôt d'accord	Plutôt pas d'accord	Pas du tout d'accord	Ne sais pas
la rigidité de la démarche	☐	☐	☐	☐	☐
le manque de connaissances des élèves	☐	☐	☐	☐	☐
la gestion des élèves durant la séance	☐	☐	☐	☐	☐
le manque de savoir-faire des élèves	☐	☐	☐	☐	☐
le faible degré d'autonomie des élèves	☐	☐	☐	☐	☐
l'importance de votre travail de préparation	☐	☐	☐	☐	☐
le manque de matériel	☐	☐	☐	☐	☐
mon manque de formation sur la démarche d'investigation	☐	☐	☐	☐	☐
le manque de temps	☐	☐	☐	☐	☐
l'articulation avec le programme	☐	☐	☐	☐	☐
mon manque de connaissances et/ou de savoir-faire sur les sujets choisis	☐	☐	☐	☐	☐

Le manque de temps est la difficulté liée à la mise en place de DI qui est retenue par le plus grand nombre d'enseignants (84% des répondants, Figure 31). En deuxième et troisième position, sont exprimées des difficultés relatives à *la gestion des élèves durant la séance* (76% d'accord) et au *faible degré d'autonomie des élèves* (73% d'accord). On peut supposer que ces difficultés sont liées au fait que les élèves, comme les enseignants, ne sont pas habitués aux méthodes de travail et d'apprentissage dans le cadre des DI. Les difficultés dans la gestion des élèves peuvent expliquer le faible degré d'autonomie de ceux-ci : les enseignants qui trouvent une difficulté à gérer les séances de DI peuvent, par crainte de perte de contrôle de la gestion de la séance, limiter le degré d'autonomie des élèves. Ces deux difficultés peuvent donc être fortement liées entre elles et renvoyer à une même modalité en relation avec le travail de l'enseignant en classe, à savoir la gestion de la séance lors de la mise en œuvre de DI. Cette difficulté à gérer la séance reflète ainsi le changement profond du rôle de l'enseignant en classe induit par l'implémentation des DI. Cela entraîne en retour des changements – hors classe – dans la façon de concevoir l'enseignement, ce qui explique au quatrième rang *l'importance de votre travail de préparation* avec environ 54% d'accord. Ceci rejoint d'ailleurs ce que nous avons précédemment relevé quant à la complexité inhérente aux DI et les difficultés que ces démarches sont susceptibles d'engendrer en classe autant que hors classe (§ 1.3).

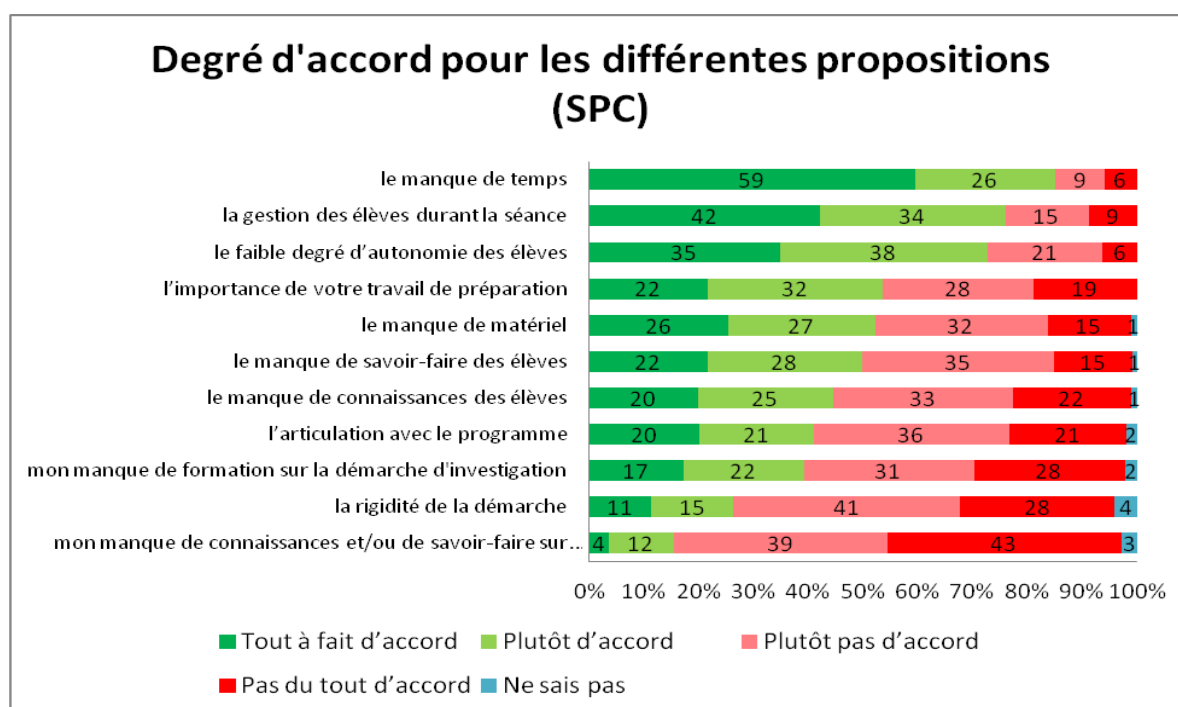


Figure 31. Réponses des enseignants de SPC à la question « Selon vous, les difficultés à proposer des démarches d'investigation dans l'enseignement sont... » (Monod-Ansaldi & Prieur, 2011, p. 81).

Viennent ensuite des difficultés liées au manque de matériel et au manque de savoir-faire des élèves avec respectivement 52% et 50% des répondants. Cependant, leur manque de connaissances et/ou de savoir-faire sur les sujets est la proposition la moins retenue (82% des répondants ne sont pas d'accord). En outre, la rigidité de la démarche ne semble pas poser vraiment des difficultés aux enseignants répondants puisque 69% n'étaient pas d'accord, alors que 4% ne savent pas se prononcer quant à cette proposition (le taux le plus élevé de *ne sais pas*). Plus de la moitié des enseignants (environ 58%) ne considère pas que le manque de formation sur la démarche d'investigation puisse être une difficulté pour l'implémentation des DI. Elle ne voit aussi aucune difficulté liée à l'articulation avec le programme (environ 57%) ou au manque de connaissances des élèves (environ 55%).

En résumé, les principales difficultés exprimées par les enseignants de SPC répondants résident dans le fait que les DI sont chronophages et surtout délicates à gérer en classe, ce qui relève du rapport avec les élèves en termes d'autonomie. Cependant, les répondants ne remettent spécifiquement en cause ni un manque de leurs connaissances sur les sujets étudiés, ni un manque de formation sur les DI.

Il convient de noter que les difficultés liées à la mise en place de DI révèlent des spécificités entre les enseignants en lycée et en collège. Le manque de connaissances des élèves, le manque de savoir-faire des élèves et le faible degré d'autonomie des élèves semblent poser plus de problème aux enseignants de SPC en lycée qu'en collège (avec respectivement 58% contre 33%, 61% contre 40% et 79% contre 69%). La rigidité de la démarche est également jugée plus contraignante par les enseignants de lycée (33% contre 22% au collège) aussi bien que l'articulation avec le programme (51% contre 33%). Le manque de formation sur la DI des enseignants eux-mêmes est plus considéré comme problématique par les enseignants de lycée (51% contre 30% au collège).

Alors que les DI ont été introduites en collège dans le cadre des nouveaux programmes des disciplines scientifiques, en vigueur à la rentrée 2006, les DI en lycée ont été recommandées à la suite de la réforme et elles sont apparues pour la première fois dans le nouveau programme de SPC en classe de seconde, applicable à la rentrée 2010 (§ 1.1). Ceci peut donc expliquer les spécificités que nous venons de relever entre les enseignants en lycée et en collège, au regard des difficultés liées à la mise en place des DI, dans la mesure où l'enquête a été conduite en 2011, l'année qui correspond donc au moment exact de la décision institutionnelle d'intégrer les DI en lycée. On peut ainsi comprendre que cette première année de mise en place des DI par les enseignants en lycée implique une nouvelle complexité dans leur travail, ce qui va de pair avec ce que nous avons précédemment relevé quant aux difficultés auxquelles les enseignants sont confrontés, en classe comme hors classe, lors de l'implémentation des DI (§ 1.3).

4.2.7. Mise en œuvre des DI par les répondants

Nous présentons dans cette partie l'analyse des réponses des enseignants à la première question de la dernière partie de l'enquête intitulée « pour conclure » figurant ci-dessous. Cette question est la seule question du questionnaire interrogeant les enseignants sur leurs pratiques. Elle est placée en fin de questionnaire, après qu'ils aient exprimé leurs opinions sur les intérêts et les difficultés liées à la mise en œuvre des DI. Si les enseignants répondent par « oui » à cette question, ils seront interrogés sur le niveau d'enseignement et le cadre de mise en œuvre des DI (les répondants doivent choisir un cadre parmi trois cadres proposés : *dans l'enseignement du programme obligatoire de ma discipline*, *dans un enseignement laissant une grande part de liberté quant au contenu*, *dans un enseignement pluridisciplinaire*)

Avez-vous déjà mis en œuvre des démarches d'investigation dans vos classes ? ☐ oui ☐ non

Il peut paraître surprenant que malgré les difficultés ressenties, 96% des enseignants de SPC déclarent avoir déjà mis en œuvre des DI. Nous analysons la mise en œuvre des DI par les répondants de SPC du point de vue du niveau d'enseignement, d'une part (Figure 32) et du cadre de mise en œuvre des DI, d'autre part (Figure 33).

Les enseignants disent pratiquer les DI au niveau collège plus qu'au niveau lycée. Ceci n'est pas étonnant dans la mesure où les DI ont été recommandées au collège depuis l'application des nouveaux programmes en 2006, alors qu'au lycée, la situation est différente. Ce n'est que dans le cadre de la réforme du lycée, entrée en vigueur dès 2010, que les DI apparaissent dans les prescriptions institutionnelles. Tous les niveaux du collège sont concernés, sauf la classe de sixième pour les SPC puisque l'enseignement de SPC n'existe pas à ce niveau. Ce qui nous intéresse en particulier dans ces résultats c'est la classe de seconde (c'est le niveau d'enseignement étudié dans notre travail et où les DI viennent d'être recommandées dans les nouveaux programmes). Au lycée, si la classe de seconde obtient un taux de mise en œuvre de l'ordre de 50%, ce taux diminue en première et plus encore en terminale. Ce résultat montre alors que la mise en œuvre des DI divise les réponses des

enseignants de seconde touchés par les nouveaux programmes : seulement la moitié des répondants déclare avoir pratiqué les DI en classe de seconde.

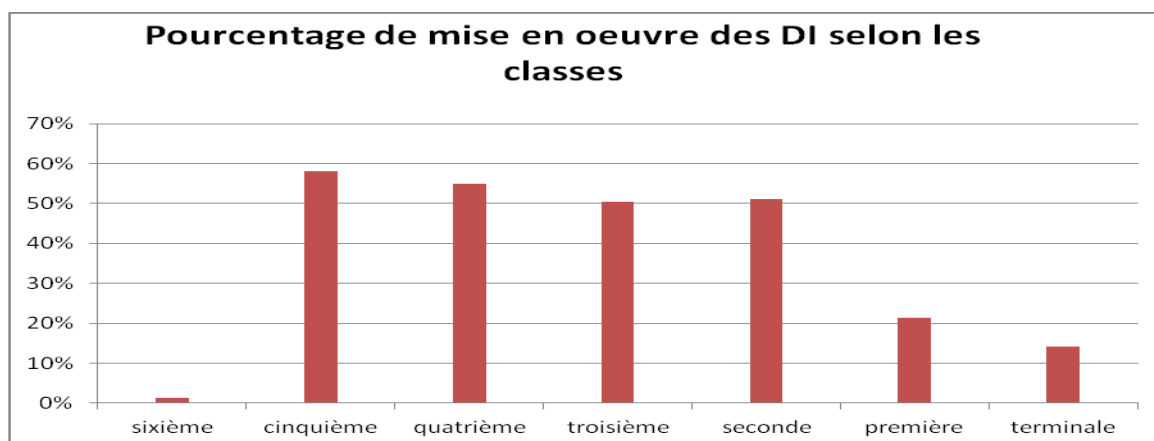


Figure 32. Pourcentage de mise en œuvre des DI selon les classes par des enseignants ayant répondu positivement à la question « Avez-vous déjà mis en œuvre des démarches d’investigation dans vos classes ? »

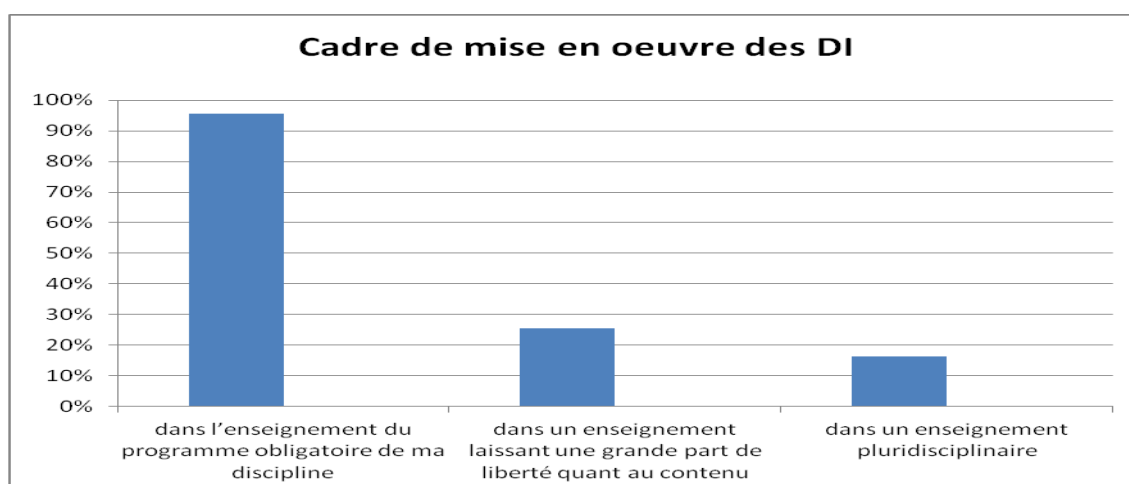


Figure 33. Cadre de mise en œuvre des DI des enseignants ayant répondu positivement à la question « Avez-vous déjà mis en œuvre des démarches d’investigation dans vos classes ? »

Par ailleurs, pour 96% des répondants, la mise en œuvre des DI a été réalisée dans le cadre de l’enseignement obligatoire des SPC. Les DI ont également pu être menées dans un enseignement laissant une grande part de liberté quant au contenu ou dans un enseignement pluridisciplinaire (respectivement pour 25% et 16% des répondants).

Ainsi, nous repérons que, malgré les difficultés exprimées dans l’enquête, la majorité des répondants déclarent avoir mis en œuvre des DI dans leurs classes. Pour la presque totalité des répondants, les DI ont pris place dans l’enseignement du programme obligatoire. D’après les réponses, tous les niveaux de collège sont concernés par la mise en œuvre des DI. Au lycée, le taux de mise en œuvre des DI diminue nettement avec le niveau d’enseignement.

4.2.8. Conclusion

Nous avons présenté dans l’ensemble de cette partie l’analyse des réponses des enseignants de SPC à la deuxième partie de l’enquête et à la question liée à la mise en œuvre des DI. Il s’agit d’identifier à travers cette analyse ce que les répondants disent penser des DI

et de leur pratique des DI. Dans la mesure où notre travail de recherche se situe à un moment critique de l'enseignement des sciences induit par la généralisation des DI dans le nouveau programme de SPC pour la classe de seconde, cette enquête vient pour nous donner des éclairages sur la façon dont les enseignants pensent et définissent cette nouvelle méthode d'enseignement. De ce fait, l'enquête constitue un état des lieux qui nous permet d'appréhender et d'approfondir la compréhension des processus en jeu lors de la mise en œuvre des DI en classe.

Nous avons précédemment exploré ce que recouvre l'expression « démarche d'investigation » à partir du point de vue de la recherche (§ 2.1.1), mais aussi du point de vue institutionnel qui se traduit dans les programmes scolaires (§ 1.2). Nous avons montré dans ce chapitre, à travers l'analyse textuelle avec le logiciel Alceste, que les diverses significations attribuées par les répondants à l'expression « démarche d'investigation » relèvent de quatre classes associées chacune à un registre lexical : la classe 1 renvoie à une description des DI suivant différentes étapes réalisées par l'élève, elle rejoint de fait le point de vue institutionnel par rapport aux DI (§ 1.2) en ce sens que c'est le modèle hypothético-déductif, où la mise à l'épreuve d'hypothèses à travers une dimension expérimentale, qui semble central dans la définition donnée aux DI. Concernant la classe 2, elle relève des difficultés liées à la mise en place des DI. Par rapport à la classe 3, elle est centrée sur la présentation de la démarche en tant que situation-problème. De ce fait, elle va de pair avec le point de vue institutionnel vis-à-vis des DI dans la mesure où les DI, telles qu'elles sont définies dans cette classe s'articulent, comme dans les programmes scolaires, autour du choix d'une situation-problème (§ 1.2). La classe 4 se caractérise, quant à elle, par l'apport des DI en termes de construction du savoir par l'élève. Les définitions des DI appartenant à cette classe reflètent une vision constructiviste du processus de l'apprentissage où l'élève est acteur de sa formation. Cette classe rejoint ainsi le point de vue de certains travaux de recherche dans lesquels les définitions des DI mettent l'accent sur l'activité des élèves (§ 2.1.1), mais aussi le point de vue institutionnel qui privilégie la mise en activité des élèves et leur responsabilité accrue dans la construction de leurs savoirs (§ 1.2). Ainsi, cette enquête nous donne à voir une articulation entre le point de vue des travaux de recherche et le point de vue institutionnel traduit dans les programmes scolaires, d'une part, et le point de vue des enseignants, d'autre part.

Nous avons, par ailleurs, repéré que pour la plus forte proportion des enseignants, les DI sont avant tout un moyen pour motiver les élèves et favoriser le développement de compétences, en particulier le développement de l'autonomie. Une démarche expérimentale étant une modalité de mise en œuvre des DI en SPC, ceci peut expliquer le fait que la capacité *raisonner, argumenter et pratiquer une démarche expérimentale* soit, selon la majorité des répondants, la capacité la plus particulièrement développée par les élèves lors de la conduite des DI.

Les répondants relient la mise en œuvre de DI avec un projet collectif, autrement dit, pour une très forte majorité, la mise en place des DI correspond à un travail de groupe. Ces répondants estiment également que les DI développent l'autonomie, la curiosité et l'initiative des élèves, ce qui montre que la conduite des DI est reconnue par les enseignants pour développer des compétences transversales, non spécifiquement disciplinaires. Pour ces

répondants, la mise en œuvre des DI attribue, d'une part, un statut positif à l'erreur et permet, d'autre part, aux élèves de construire des connaissances en prenant appui sur leurs conceptions, en se confrontant aux autres. Ces enseignants perçoivent ainsi des modalités d'apprentissage développées par les DI de type constructiviste, voire socioconstructiviste (§ 2.1.1), ils semblent donc adhérer aux DI en tant que démarches d'enseignement.

Par rapport aux difficultés liées à la mise en œuvre des DI, les répondants retiennent principalement les difficultés associées au manque de temps, à la gestion des élèves et au faible degré d'autonomie des élèves. Cependant, malgré les difficultés ressenties, la majorité des répondants de SPC disent avoir mis en œuvre des DI dans leurs classes ; presque la moitié des répondants déclarent avoir mis en place des DI en classe de seconde, d'ailleurs le niveau collège apparaît plus concerné par cette mise en œuvre que le niveau lycée. Nous avons aussi relevé des spécificités entre les enseignants en lycée et en collège, au regard des difficultés liées à la mise en place des DI : les enseignants en lycée retiennent plus que ceux en collège les difficultés associées au manque de connaissances et de savoir-faire des élèves, au faible degré d'autonomie des élèves, à la rigidité de la démarche, à l'articulation avec le programme et à leur manque de formation sur la DI. Nous avons interprété ces spécificités par le fait que les DI en lycée sont apparues pour la première fois dans le nouveau programme de SPC en classe de seconde, applicable à la rentrée 2010, contrairement à la situation en collège où les DI ont été introduites dans les nouveaux programmes, en vigueur à la rentrée 2006 (§ 1.1). Or l'enquête a été conduite en 2011, l'année qui correspond donc au moment exact de la décision institutionnelle d'intégrer les DI en lycée. On peut ainsi comprendre que cette première année de mise en place des DI par les enseignants en lycée implique une nouvelle complexité dans leur travail (§ 1.3). Ceci nous permet de penser que cette complexité est susceptible de toucher les systèmes de ressources et les systèmes d'activité des enseignants et d'impliquer de nouveaux équilibres qui seraient sans doute intéressants à saisir, ce qui constitue donc un contexte privilégié pour organiser notre questionnement. Ainsi, dans la mesure où notre étude se situe précisément à ce moment critique de l'enseignement des sciences en lycée, cette enquête nous a donné à voir, entre autres, certaines difficultés liées à la mise en place des DI et perçues par les enseignants en lycée. Ceci rejoint et éclaire davantage ce que nous avons précédemment relevé quant à la complexité inhérente aux DI et les difficultés que ces démarches sont susceptibles d'engendrer en classe autant que hors classe (§ 1.3).

4.3. Les résultats d'analyse des réponses de Lucien et de Sarah à l'enquête

Nous présentons dans cette partie l'analyse des réponses de Lucien et de Sarah à cette enquête. Rappelons que nous avons demandé à ces deux enseignants de répondre au questionnaire en ligne et de noter leur nom pour pouvoir identifier leurs réponses. Comme nous l'avons fait précédemment pour les répondants de SPC, nous analysons les réponses de Lucien et de Sarah à la deuxième partie de l'enquête (questions 2.1 à 2.6) et à la question interrogeant leur pratique et relevant plus particulièrement de la mise en œuvre des DI (première question de la dernière partie « pour conclure »). Au fur et à mesure de notre

analyse, nous nous attachons à positionner ces enseignants par rapport à la population des répondants de SPC.

Dans un premier temps, nous explicitons la façon dont Lucien et Sarah définissent les DI (§ 4.3.1). Nous précisons dans un deuxième temps les objectifs que la mise en œuvre des DI permet d'atteindre selon ces enseignants (§ 4.3.2). Nous présentons ensuite les capacités (§ 4.3.3) et les attitudes transversales (§ 4.3.4) qui, pour Lucien et Sarah, sont plus particulièrement développées lors des DI. Nous continuons par la présentation des modalités d'apprentissage que Lucien et Sarah juge favorisées par les DI (§ 4.3.5). Nous évoquons ensuite les difficultés de la mise en œuvre des DI perçues par ces enseignants (§ 4.3.6). Enfin, nous questionnons la mise en œuvre des DI par Lucien et Sarah (§ 4.3.7) et nous faisons une synthèse de cette partie (§ 4.3.8).

4.3.1. Comment Lucien et Sarah définissent les DI ?

Nous présentons ici l'analyse de la réponse de Lucien et celle de Sarah à la question 2.1 « *Pour vous, que recouvre l'expression « démarche d'investigation » dans le cadre de la classe ?* ». Nous tâchons de situer la réponse de chacun de ces enseignants par rapport aux quatre classes identifiées à partir de l'analyse textuelle, par le logiciel Alceste, des réponses des enseignants de SPC (§ 4.2.1).

Pour Lucien, les DI consistent en des « *séquences d'enseignement où l'élève est amené à résoudre des problèmes, mettant en jeu des connaissances et savoir-faire, en confrontant son point de vue à d'autres au sein d'un groupe avec qui il doit collaborer. Il existe de nombreuses façons de la faire vivre concrètement* ». Nous inférons donc à travers la réponse de Lucien que la signification qu'il attribue à l'expression « démarche d'investigation » revêt plusieurs aspects : Lucien adhère aux DI comme démarches d'enseignement reposant sur le questionnement, la résolution de problème ou, en d'autres mots, la problématisation. Un autre aspect qui caractérise la façon dont Lucien pense les DI est lié à la dimension collective de l'apprentissage au cours des DI. En effet, Lucien relie la mise en œuvre des DI avec un projet collectif, un travail de groupe impliquant une confrontation de points de vue. En outre, un aspect, aussi en lien avec l'apprentissage, met en évidence le fait que les objectifs d'apprentissage (connaissances et savoir-faire) sont mobilisés par Lucien quand il définit les DI. Ajoutons également un aspect qui s'attache à la diversité de ces démarches : il n'y a pas, comme le montre la réponse de Lucien, une démarche unique ou une description normée d'une trame à mettre en place de façon linéaire, mais plusieurs façons sont envisageables pour mettre en œuvre des DI.

Quant à Sarah, elle note : « *Il s'agit, à mon avis, de soumettre une situation problème (question) aux élèves et de leur demander comment ils peuvent y répondre avec leurs connaissances. Leur demander ensuite de proposer des expériences permettant de valider ou invalider leurs solutions puis conclure en les amenant vers le modèle accepté par la communauté scientifique* ». Nous constatons donc que, pour Sarah, les DI s'articulent autour du choix, par le professeur, d'une situation-problème pour laquelle la dimension expérimentale apparaît centrale. Sa définition des DI sous-tend de fait plusieurs aspects : d'une part, elle évoque le questionnement, la recherche de solution, la résolution de problème, et c'est plus particulièrement au niveau de

cet aspect qu'elle rejoint la définition donnée par Lucien dans la mesure où les DI reposent aussi, selon Lucien, sur la problématisation. D'autre part, la signification que Sarah attribue aux DI reprend les étapes majeures du modèle hypothético-déductif centré sur la formulation et la mise à l'épreuve d'hypothèses par l'expérience, étapes qui sont en effet celles décrites dans les instructions officielles (§ 1.2). Ainsi, la démarche expérimentale hypothético-déductive et la résolution de problème apparaissent les deux principales approches suivies par Sarah pour décrire les DI.

Afin de situer la signification de « démarche d'investigation » donnée par Lucien et Sarah par rapport aux classes et aux registres lexicaux se rapportant à la population des répondants de SPC (§ 4.2.1), nous nous attachons à faire un lien entre les mots et le sens derrière ce que Lucien et Sarah ont dit d'une part, et les classes identifiées associée chacune à un registre lexical d'autre part. En effet, nous repérons que la classe 3, centrée sur la présentation de la démarche en tant que situation-problème (§ 4.2.1), est la classe avec laquelle la définition des DI de Lucien et celle de Sarah peuvent à la fois présenter des liens. Ceci est, en fait, lié au constat que nous avons relevé quant à l'aspect commun, que revêtent les significations des DI données par chacun de ces enseignants, et qui s'attache au questionnement et à la résolution de problème. D'ailleurs, un autre point de convergence émerge : ni la réponse de Lucien ni celle de Sarah ne font allusion à la classe 2 qui se centre sur les difficultés liées à la mise en œuvre des DI (§ 4.2.1). Par ailleurs, nous pouvons mettre en relation la définition des DI que Lucien donne avec la classe 4 caractérisant la construction de connaissances par l'élève lors de la mise en œuvre des DI. En revanche, ceci n'est pas le cas pour la réponse de Sarah qui semble nouer des liens avec la classe 1 décrivant les DI suivant différentes étapes (§ 4.2.1), classe à laquelle la réponse de Lucien ne fait pas allusion.

Ainsi, la mise en relation des réponses de Lucien et Sarah avec les quatre classes identifiées à partir de l'analyse des réponses des enseignants de SPC montre que la définition des DI de Lucien et celle de Sarah sont à cheval sur différentes classes ; elles se caractérisent de fait par plusieurs aspects identifiés plus haut et relevant plus précisément de deux classes (la définition de Lucien relève de la classe 3 et 4 et celle de Sarah de la classe 1 et 3) avec plus ou moins de rapprochement et d'adhésion à chaque classe. Cependant, cela ne signifie pas l'expulsion définitive de notre analyse des classes que nous n'avons pas identifiées dans la réponse de Lucien et celle de Sarah, mais ce que nous venons de présenter émane de ce que la définition des DI, énoncée par chacun de ces enseignants, nous a donné à voir. Le croisement avec d'autres données (par exemple la façon dont Lucien et Sarah mettent en place les DI) nous permettra bien entendu de donner plus d'éléments de précision sur la façon dont ces enseignants pensent et définissent les DI.

4.3.2. Objectifs des DI selon Lucien et Sarah

Nous présentons ici l'analyse de la réponse de Lucien et celle de Sarah à la question 2.3, qui traite des objectifs liés à la mise en œuvre des DI (voir Annexe 1) ainsi que le positionnement de ces enseignants par rapport à l'échantillon général. Pour répondre à cette question, Lucien et Sarah sont censés choisir et classer, parmi une liste de onze objectifs, ceux dont la conduite de DI permet d'atteindre, en mettant en première position l'objectif qu'ils

jugent le plus important. Rappelons d'ailleurs que nous avons choisi de limiter l'analyse aux objectifs classés dans les trois premiers rangs et aux objectifs les moins choisis (§ 4.2.2).

Afin de situer les objectifs que Lucien et Sarah jugent les plus accessibles par la conduite des DI par rapport à ceux les plus plébiscités par l'échantillon général des répondants de SPC, nous proposons de mettre en parallèle les objectifs classés dans les trois premières positions par Lucien et par Sarah, d'une part, et par les répondants de SPC, d'autre part. Nous présentons dans la Figure 34 le pourcentage d'enseignants de SPC ayant classé chaque proposition dans les trois premières positions (§ 4.2.2) et nous situons Lucien et Sarah sur cette représentation graphique en mettant une croix blanche sur les objectifs que Lucien juge les plus importants et une croix noire sur ceux que Sarah classe dans les trois premiers rangs.

Lucien place respectivement dans les trois premières positions les items suivants : *faire acquérir des connaissances, expliciter et mettre à l'épreuve les idées initiales, développer l'autonomie* (Figure 34). Il apparaît donc que, pour Lucien, les DI sont avant tout un moyen pour l'acquisition des contenus. La prise en compte des conceptions initiales dans le cadre des DI est aussi, selon lui, un objectif prioritaire lors de la conduite des DI. Ces résultats vont de pair avec ceux trouvés dans la partie précédente (§ 4.3.1) dans la mesure où ils confirment le fait que Lucien adhère aux DI en tant que démarches d'enseignement. Par comparaison à l'échantillon général, nous constatons que Lucien se distingue par son attachement à l'acquisition des connaissances qu'au développement des compétences. Alors que la majorité des répondants de SPC ne perçoit pas les DI comme une méthode d'enseignement qui privilégie l'acquisition des contenus (§ 4.2.2), Lucien met en avant cet objectif lors de la conduite des DI. En effet, pour la population des enseignants de SPC, les DI apparaissent comme un moyen pour motiver les élèves et favoriser le développement des compétences non spécifiquement disciplinaires (§ 4.2.2). Nous repérons, cependant, que pour Lucien le développement de ces compétences, en particulier le *développement de l'autonomie* arrive en troisième position après les objectifs focalisant sur l'acquisition des contenus. Par ailleurs, parmi les onze objectifs donnés, Lucien ne choisit et ne classe que huit, ce qui montre que les trois objectifs non classés sont considérés par lui comme étant non accessibles par la conduite des DI ou non importants. Ces trois objectifs sont les suivants : *favoriser un enseignement pluridisciplinaire, développer une culture scientifique et/ou technologique, faire travailler les élèves comme des chercheurs et/ou ingénieurs*. Ce résultat révèle que Lucien ne privilégie pas la compréhension de la nature de la science ou l'enseignement pluridisciplinaire lors de la conduite des DI. Ceci met en évidence des points de convergence entre Lucien et la population des répondants de SPC dans la mesure où celle-ci ne considère pas ces objectifs comme prioritaires (§ 4.2.2).

Pour Sarah, les trois principaux objectifs que la mise en place des DI permet d'atteindre sont : *mieux faire comprendre le statut des savoirs scientifiques et/ou technologiques, développer l'autonomie, favoriser l'apprentissage de méthodes scientifiques et/ou technologiques*. Les DI sont donc perçues par Sarah comme un moyen pour faire comprendre la nature de la science, ce qui la distingue de la population des répondants de SPC pour laquelle cet objectif ne semble pas primordial. En revanche, Sarah rejoint les répondants de SPC en privilégiant le développement des compétences des élèves, en particulier l'autonomie, lors de la mise en œuvre des DI. Par ailleurs, Sarah a classé les onze objectifs proposés en

mettant dans les deux derniers rangs les propositions suivantes : *faire acquérir des connaissances, favoriser un enseignement pluridisciplinaire*. Nous en inférons donc que les DI ne sont pas envisagées par Sarah comme un moyen de favoriser la mise en convergence des disciplines et l'acquisition de connaissances. Ceci traduit des rapprochements entre le point de vue de Sarah et celui de l'échantillon général.

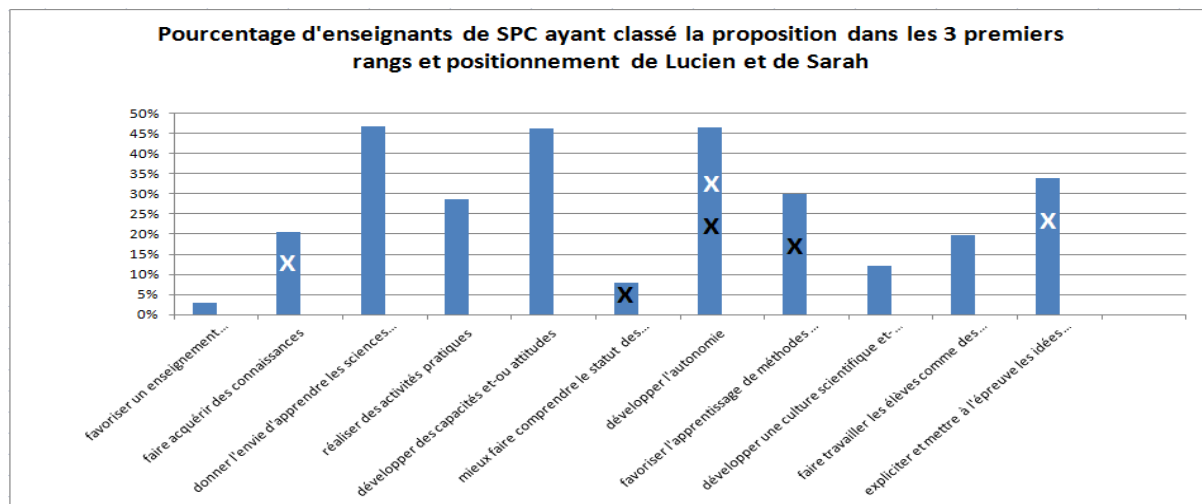


Figure 34. Pourcentage d'enseignants de SPC ayant classé la proposition dans les trois premiers rangs et positionnement de Lucien et Sarah par rapport à l'échantillon général (croix blanche : Lucien, croix noire : Sarah)

Ainsi, nous avons présenté dans cette partie les résultats d'analyse de la réponse de Lucien et celle de Sarah par rapport aux objectifs que la conduite des DI permet d'atteindre. Des points de convergence ainsi que des spécificités de ces deux enseignants au regard de la population des répondants de SPC ont été dégagés. La faible importance accordée à la mise en place de croisements disciplinaires apparaît comme un aspect consensuel des objectifs des DI entre Lucien, Sarah et l'échantillon général. Si la compréhension de la nature de la science n'est pas un objectif prioritaire des DI pour Lucien et la population des répondants de SPC, elle l'est en revanche pour Sarah. Cependant, Sarah et l'échantillon général s'accordent sur l'intérêt des DI pour le développement des compétences plus que l'acquisition des connaissances qui semble un aspect davantage privilégié par Lucien.

4.3.3. Capacités développées selon Lucien et Sarah lors de la conduite des DI

Nous présentons ici les résultats d'analyse de la réponse de Lucien et celle de Sarah à la question 2.3 se rapportant aux capacités plus particulièrement développées lors de la mise en place des DI (voir Annexe 1) et nous discutons du positionnement de ces enseignants par rapport à la population des répondants de SPC. Lucien et Sarah doivent classer quatre propositions données en mettant au premier rang la capacité considérée la plus favorisée au cours des DI.

Dans le but de positionner Lucien et Sarah vis-à-vis de l'échantillon des répondants de SPC, nous proposons de situer les capacités que Lucien et Sarah classent au premier et au dernier rang (rang 4) par rapport à celles casées, aux mêmes rangs, par l'échantillon général. Nous illustrons ceci par la Figure 35 où nous désignons par une croix blanche et noire les

capacités classées respectivement par Lucien et Sarah au rang 1 et au rang 4. Notons que dans le cas de la population des répondants de SPC, ce sont les réponses obtenues au premier et au dernier rang qui ont été étudiées (§ 4.2.3).

Ayant classé les quatre items proposés, Lucien et Sarah ont tous les deux placé, en première position, la capacité *raisonner, argumenter, pratiquer une démarche expérimentale ou technologique, démontrer*. D'ailleurs, ceci rejoint l'échantillon général comme nous pouvons le constater d'après la Figure 35. Etant donné que la démarche expérimentale est une modalité de mise en œuvre des DI, ceci peut expliquer que cet item soit classé au premier rang par Lucien et Sarah. Au deuxième rang a été classée simultanément par Lucien et Sarah la capacité *présenter la démarche suivie, les résultats obtenus et communiquer à l'aide d'un langage adapté*, ceci montre que ces enseignants accordent aussi une importance au développement des compétences liées à la communication scientifique dans le cadre des DI.

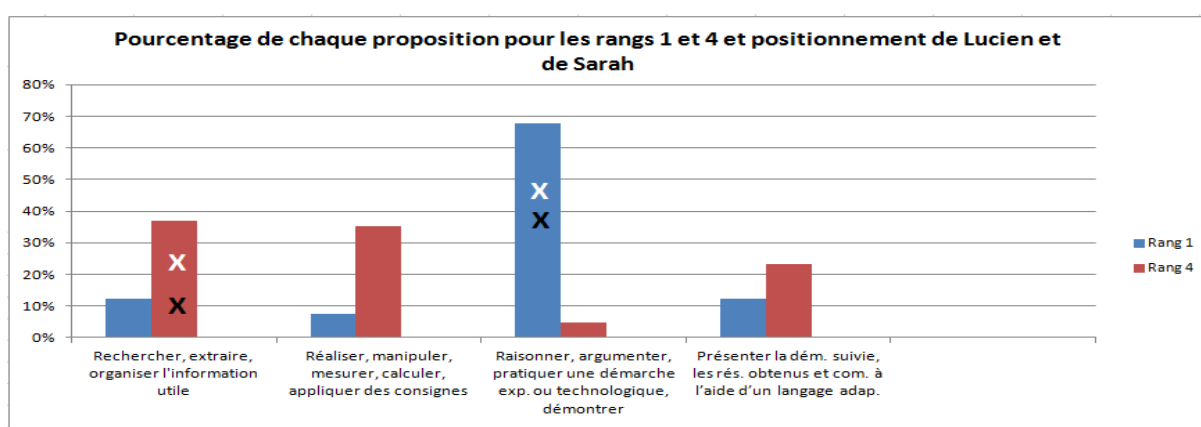


Figure 35. Pourcentage de chaque proposition ayant été classée au rang 1 et 4 et positionnement de Lucien et de Sarah par rapport à l'échantillon général (croix blanche : Lucien, croix noire : Sarah)

Il apparaît ainsi que l'opinion de Lucien, celui de Sarah et de la majorité des répondants de SPC sont totalement convergentes pour ce qui relève des capacités développées lors de la conduite des DI. En premier lieu, Lucien, Sarah et les enseignants répondants considèrent que la pratique d'une démarche expérimentale, l'argumentation et la communication scientifique sont les capacités les plus particulièrement favorisées lors de la mise en place des DI.

4.3.4. Capacités ou attitudes transversales développées selon Lucien et Sarah lors de la mise en œuvre des DI

Il s'agit dans cette partie d'analyser la réponse de Lucien et celle de Sarah à la question 2.4 concernant les capacités ou attitudes transversales développées par les élèves lors de la mise en œuvre des DI (voir Annexe 1). Nous nous attachons aussi à situer ces enseignants par rapport à l'échantillon général. Notons que ces enseignants sont censés préciser leur degré d'accord sur huit items donnés.

Des aspects consensuels des capacités ou attitudes favorisées par les DI entre Lucien, Sarah et l'échantillon général ont pu être dégagés (Figure 36). Lucien et Sarah expriment, comme la majorité des répondants de SPC, un degré d'accord sur le fait que les DI sont susceptibles de développer les capacités ou/et attitudes suivantes : *manifeste curiosité*,

créativité, motivation ; *s'intégrer et coopérer dans un projet collectif* ; *assumer des rôles, prendre des initiatives et des décisions* ; *être autonome dans son travail*. En effet, cet accent mis sur un projet collectif des élèves lors de la mise en place des DI renforce nos inférences relevées précédemment sur la façon dont Lucien définit et pense les DI (§ 4.3.1).

Par ailleurs, le positionnement de Lucien et de Sarah par rapport à la population des répondants de SPC met en évidence des points de divergence entre eux (Figure 36). Alors que Sarah et les $\frac{3}{4}$ des répondants de SPC reconnaissent le rôle des DI pour *comprendre l'importance du respect mutuel et respecter des comportements favorables à sa santé et à sa sécurité*, Lucien ne semble pas savoir se situer par rapport à ces propositions. En outre, si la capacité à *s'engager dans un projet individuel* exprime le plus de désaccord de la part des répondants de SPC, Lucien et Sarah semblent être plutôt d'accord avec cette proposition.

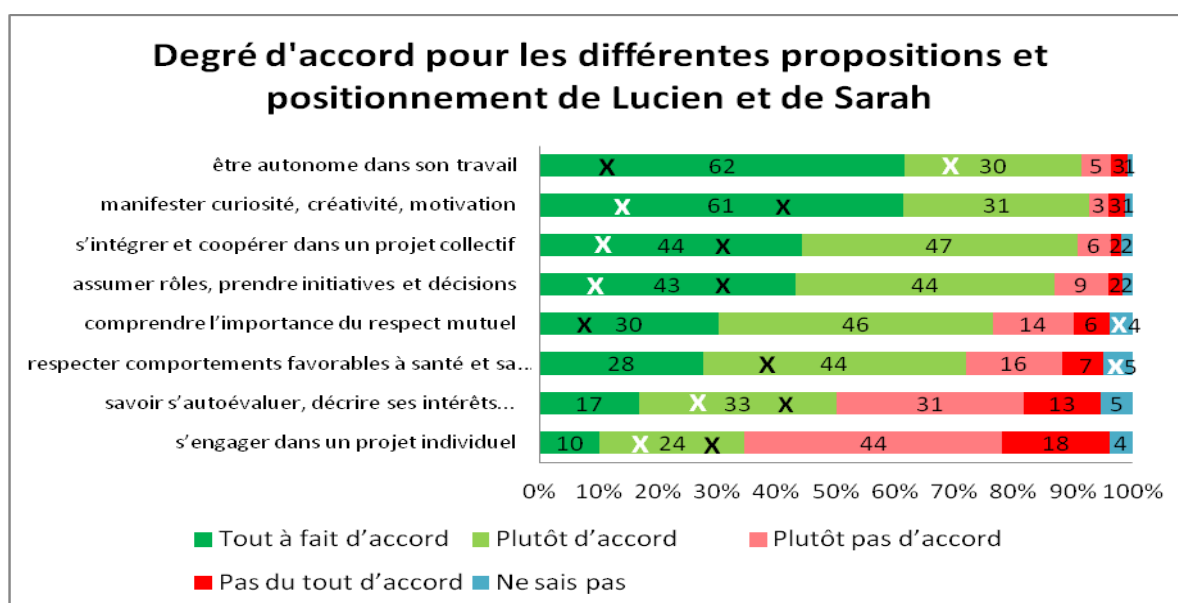


Figure 36. Degré d'accord des enseignants de SPC pour les différentes propositions et positionnement de Lucien et de Sarah par rapport à l'échantillon général (croix blanche : degré d'accord de Lucien ; croix noire : degré d'accord de Sarah)

Ainsi, Lucien et Sarah reconnaissent, comme les autres répondants de SPC, le fait que les DI permettent de motiver les élèves, de développer leur autonomie et leur initiative et de favoriser un projet collectif. Comme la moitié des répondants, ils semblent en accord sur la possibilité d'auto-évaluation des élèves lors de la conduite des DI. En revanche, ils se distinguent de l'échantillon général par la prise en compte de l'implication individuelle des élèves au cours des DI. Plus précisément encore, Lucien se démarque de l'échantillon général et de Sarah en restant réservé, sans du tout se prononcer, sur le rôle des DI pour respecter des comportements favorables à la santé et à la sécurité des élèves et pour comprendre l'importance du respect mutuel.

4.3.5. Modalités d'apprentissage développées par les DI selon Lucien et Sarah

Nous exposons ici les résultats d'analyse de la réponse de Lucien et celle de Sarah à la question 2.5 interrogeant l'enseignant sur les modalités d'apprentissage favorisées par la mise

en œuvre des DI (voir Annexe 1). Il s'agit, pour ces enseignants, d'exprimer leur degré d'accord sur sept items donnés. La confrontation de leurs choix à ceux de la population des répondants de SPC est également présentée.

Une première analyse permet de voir que Lucien et Sarah sont en accord avec toutes les modalités proposées. Une recherche de positionnement de ces enseignants par rapport à la population des enseignants de SPC (§ 4.2.5) permet de dégager une très forte convergence des points de vue dans la mesure où Lucien et Sarah expriment, comme le plus grand nombre des répondants de SPC, leur accord avec tous les items donnés (Figure 37). Il apparaît ainsi que, pour Lucien et Sarah, la conduite des DI donne aux élèves *la possibilité de se tromper*, et leur permet également de *mettre à l'épreuve leurs connaissances initiales*, de *se confronter à la complexité des savoirs* et de *confronter leurs connaissances à celles des autres élèves*. Donc, selon ces enseignants, la mise en œuvre des DI donne à l'erreur un statut positif et permet à l'élève de construire ses savoirs en exprimant ses propres idées, mais aussi en se confrontant à ses pairs, à la nature et à la complexité de ces savoirs. En outre, Lucien et Sarah sont tous les deux d'accord sur le fait que la mise en place des DI permet aux élèves de *découvrir des connaissances*, de *réinvestir des connaissances* et de *déconstruire des connaissances erronées*. Ceci peut être rapproché des hypothèses d'apprentissage qui attribuent aux élèves une part active dans la construction de leurs connaissances. Ces résultats suggèrent également que Lucien et Sarah perçoivent dans les DI la possibilité d'utiliser des connaissances dans de nouveaux contextes permettant de développer des compétences de niveau cognitif supérieur.

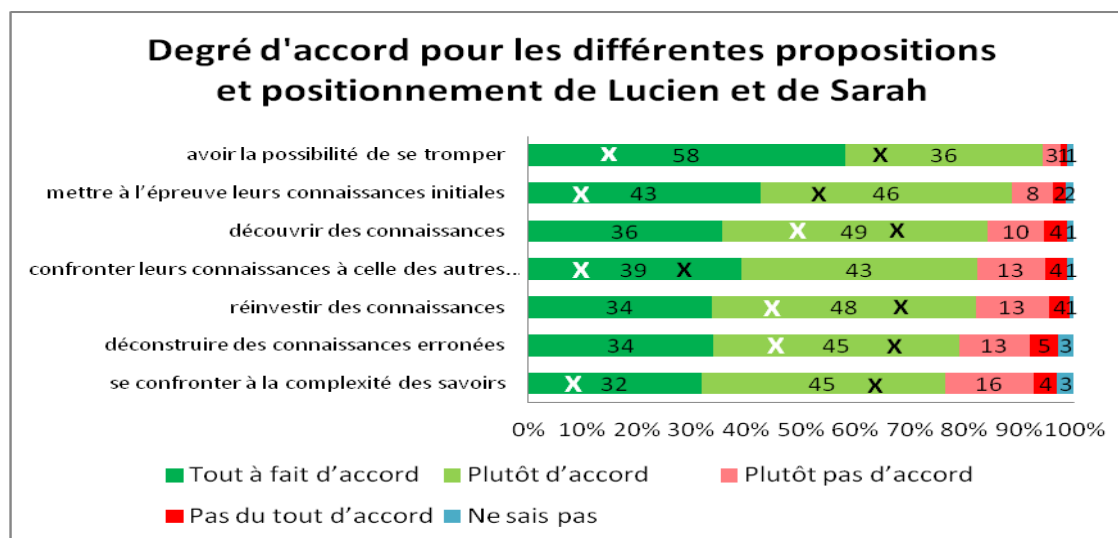


Figure 37. Degré d'accord des enseignants de SPC pour les différentes propositions et positionnement de Lucien et de Sarah par rapport à l'échantillon général (croix blanche : degré d'accord de Lucien ; croix noire : degré d'accord de Sarah)

Ainsi, nous repérons que Lucien, Sarah et la population des répondants de SPC s'accordent sur l'intérêt des DI pour permettre aux élèves de construire leurs connaissances en s'appuyant sur leurs conceptions et en croisant leurs idées avec celles des autres. De ce fait, ils adhèrent à une vision socioconstructiviste de l'apprentissage et des rapports aux savoirs. Les DI semblent donc perçues par eux principalement sous leur aspect didactique (favoriser des apprentissages). D'ailleurs, aucun écart n'a été identifié, vis-à-vis des modalités

d'apprentissage, entre le point de vue de Lucien et Sarah et celui de l'échantillon des répondants de SPC.

4.3.6. Difficultés de mise en œuvre des DI perçues par Lucien et Sarah

Nous évoquons dans cette partie les résultats d'analyse de la réponse de Lucien et celle de Sarah à la question 2.6 concernant les difficultés liées à la mise en œuvre des DI (voir Annexe 1). Nous proposons également de dégager, à travers notre analyse, le positionnement de ces enseignants par rapport à l'échantillon général. Pour répondre à cette question, Lucien et Sarah doivent donner leur degré d'accord sur onze difficultés proposées.

Le positionnement de Lucien et de Sarah par rapport à l'échantillon des répondants de SPC (§ 4.2.6) révèle aussi bien des points communs que des différences (Figure 38). Alors que Sarah retient, comme la majorité des répondants, des difficultés majeures liées au *manque de temps* et à la *gestion des élèves durant la séance*, Lucien ne semble pas éprouver des difficultés sur ces aspects. D'ailleurs, nous relevons que la seule difficulté avec laquelle Lucien était d'accord est le *faible degré d'autonomie des élèves*. Le point de vue de Lucien quant à cette difficulté rejoint, comme le montre la Figure 38, celui de l'échantillon général, mais diverge de celui de Sarah qui apparaît en désaccord avec cette difficulté. Toutes les autres difficultés proposées retiennent un désaccord de la part de Lucien. Par ailleurs, si Sarah est d'accord avec plus de la moitié des répondants sur des contraintes liées à *l'importance de son travail de préparation* et au *manque de matériel*, Lucien rejette ces contraintes. En revanche, Lucien rejoint plus de la moitié des répondants en ne considérant pas *l'articulation avec le programme* et son *manque de formation sur les DI* comme sources de difficultés à l'inverse de Sarah pour qui ces aspects posent problème.

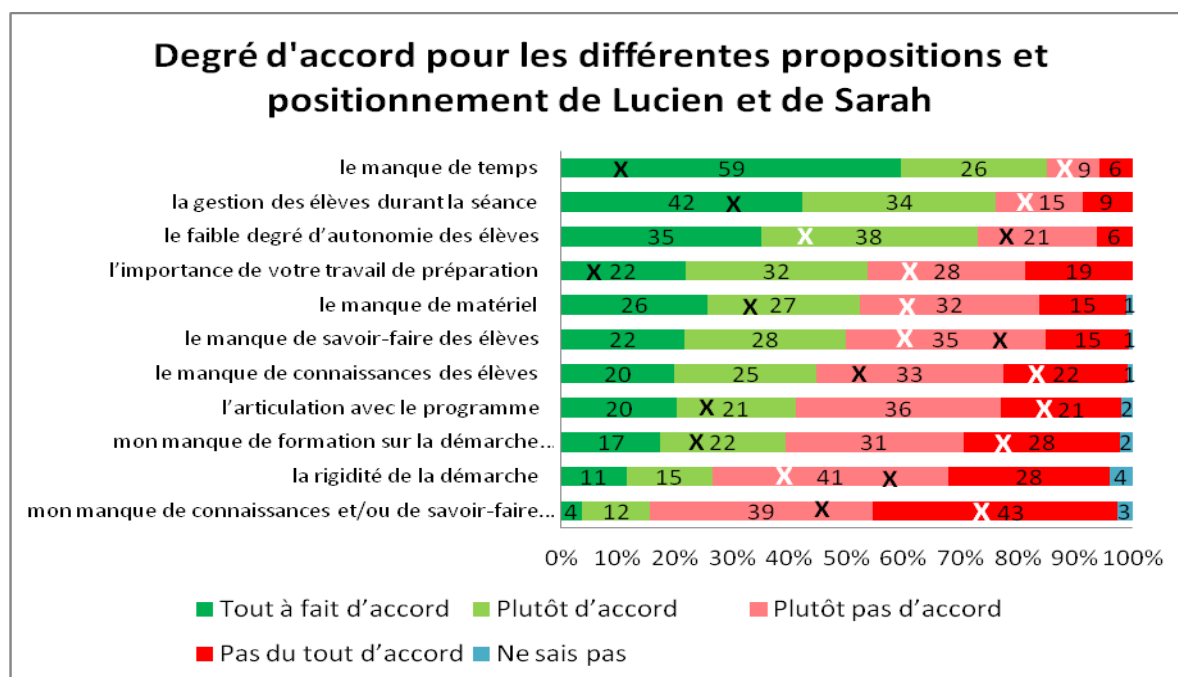


Figure 38. Degré d'accord des enseignants de SPC pour les différentes propositions et positionnement de Lucien et de Sarah par rapport à l'échantillon général (croix blanche : degré d'accord de Lucien ; croix noire : degré d'accord de Sarah)

Nous repérons, par ailleurs, une convergence des points de vue de Lucien et de Sarah avec presque la moitié des répondants dans la mesure où ils estiment que le manque de connaissances et des savoir-faire des élèves ne semblent pas poser de problème. En outre, Lucien et Sarah partagent le point de vue d'une très forte proportion des répondants en excluant, d'une part, le fait que la démarche est trop rigide et, d'autre part, des contraintes rapportées à un manque de connaissances ou de savoir-faire de l'enseignant lui-même sur les sujets abordés par les DI.

4.3.7. Mise en œuvre des DI par Lucien et par Sarah

Nous présentons ici la réponse de Lucien et celle de Sarah à la première question de la dernière partie de l'enquête « pour conclure » (voir Annexe 1). Cette question interroge ces enseignants sur leur pratique des DI.

Lucien et Sarah précisent qu'ils ont mis en œuvre des DI, en particulier en classe de seconde. De ce fait, ils rejoignent la moitié des répondants (Figure 39). La conduite des DI a été réalisée par ces deux enseignants, comme par la presque totalité des répondants, dans le cadre de *l'enseignement du programme obligatoire* des SPC (Figure 40). Toutefois, comme une faible proportion de répondants, Lucien déclare avoir aussi pratiqué des DI dans un *enseignement laissant une plus grande part de liberté quant au contenu* et dans un *enseignement pluridisciplinaire*.

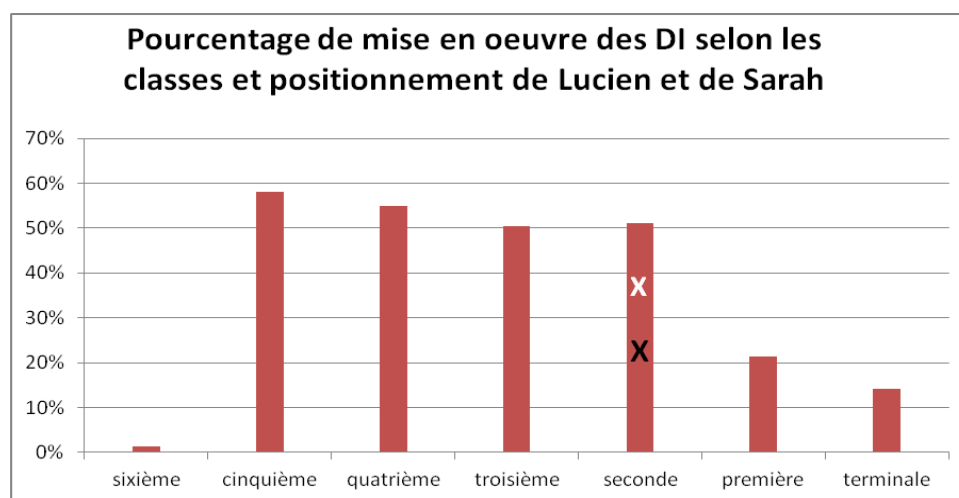


Figure 39. Pourcentage de mise en œuvre des DI par les répondants et positionnement de Lucien et de Sarah (croix blanche : Lucien ; croix noire : Sarah)

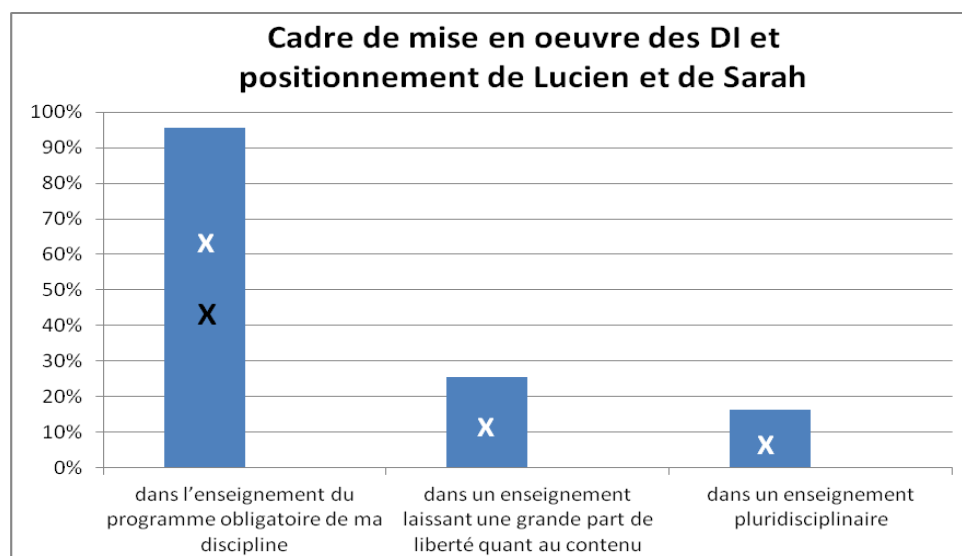


Figure 40. Cadre de mise en œuvre des DI des répondants et positionnement de Lucien et de Sarah (croix blanche : Lucien ; croix noire : Sarah)

4.3.8. Conclusion

Nous avons présenté dans cette partie les résultats d'analyse des réponses de Lucien et de Sarah à l'enquête tout en mettant en parallèle leurs points de vue avec ceux de la population des répondants de SPC. Des points de convergence ainsi que des différences ont été dégagés.

Pour Lucien et Sarah, les DI sont associées à des démarches d'enseignement fondées sur le questionnement des élèves et la résolution d'un problème. Lucien insiste davantage, dans la définition qu'il donne à l'expression « démarche d'investigation », sur le lien étroit entre les DI et le travail collectif des élèves. Sarah met l'accent, quant à elle, sur la dimension expérimentale comme un moyen pour mettre à l'épreuve des hypothèses, sa définition des DI semble de fait s'inscrire dans le modèle hypothético-déductif. La façon dont Lucien et Sarah pensent et définissent les DI a été rapprochée de deux classes identifiées à travers l'analyse textuelle des réponses de la population des enseignants de SPC. La classe 3, dont le registre lexical caractérise la démarche en tant que situation-problème, est commune à Lucien et Sarah. En revanche, des spécificités de chacun de ces enseignants ont été identifiées : la définition des DI de Lucien apparaît liée à la classe 4 (associée à un registre lexical relevant de la construction des savoirs par l'élève au cours des DI) alors que celle de Sarah semble en relation avec la classe 1 (décrivant les DI suivant différentes étapes).

L'objectif majeur à la mise en œuvre des DI est, pour Lucien, l'acquisition des connaissances, ce qui le distingue de Sarah et de la population des répondants de SPC qui mettent davantage l'accent sur le développement de compétences non spécifiquement disciplinaires. D'ailleurs, Sarah privilégie la compréhension de la nature de la science lors de la conduite des DI, son point de vue vis-à-vis de cet objectif semble diverger de celui de Lucien et de l'échantillon général. Cependant, Lucien, Sarah et les autres répondants se rejoignent sur le faible intérêt qu'ils portent quant à la mise en place d'un enseignement pluridisciplinaire au moyen des DI.

Par ailleurs, le point de vue de Lucien et de Sarah sur les capacités développées lors de la mise en œuvre des DI va de pair avec celui de la majorité des répondants de SPC. Comme les répondants de SPC, Lucien et Sarah accordent une plus grande importance aux capacités liées à la pratique de procédures expérimentales et à l'argumentation qui mobilisent l'esprit critique de l'élève. En outre, ils reconnaissent l'intérêt des DI pour engager les élèves dans un projet collectif et pour développer des compétences transversales comme la motivation, l'autonomie, la curiosité et l'initiative des élèves.

Nous avons aussi mis en évidence, à travers notre analyse, une vision de Lucien et de Sarah pour l'apprentissage de type socioconstructiviste. Ces enseignants considèrent de fait que la mise en place des DI permet aux élèves de construire des connaissances en se basant sur leurs conceptions et en se confrontant à leurs pairs. Il apparaît, en plus, que Lucien et Sarah partagent cette vision avec les autres répondants de SPC.

Lucien ne semble pas percevoir spécialement des difficultés liées à la conduite des DI, hormis pour ce qui concerne le faible degré d'autonomie des élèves, au contraire de Sarah et de la majorité des répondants qui expriment des difficultés relevant essentiellement du manque de temps et de la gestion des élèves au cours de la séance. Lucien et Sarah déclarent, par ailleurs, avoir mis en œuvre des DI en classe de seconde dans le cadre de l'enseignement obligatoire du programme de SPC, mais aussi les DI mises en œuvre par Lucien ont pris place dans un autre contexte d'enseignement.

4.4. Conclusion du chapitre

Nous avons consacré ce chapitre à la présentation de l'enquête portant sur les DI et aux analyses des réponses des enseignants de SPC ainsi que celles des enseignants Lucien et Sarah que nous suivons. Cette enquête vise à mieux définir ce que représentent les DI du point de vue de ces enseignants. Elle constitue, de ce fait, un état des lieux pour notre recherche qui nous permet de mieux comprendre certaines pratiques observées.

Les registres lexicaux identifiés par la méthode Alceste dans les réponses ouvertes décrivant l'expression « démarche d'investigation » révèlent que les DI sont associées à la construction de savoirs et sont en tension entre une méthode hypothético-déductive normée et un cheminement prenant en compte l'autonomie des élèves. Les réponses aux questions fermées montrent que la plupart des répondants adhèrent aux DI comme démarches d'enseignement.

Les répondants s'accordent sur l'intérêt des DI pour développer des compétences transversales, surtout l'autonomie, la curiosité et l'initiative des élèves. Ils expriment tout de même que les DI sont difficiles à mettre en œuvre, en particulier du point de vue de la gestion des élèves et du caractère chronophage de telles démarches. La question du temps laissé pour l'apprentissage doit donc être considérée si l'on veut développer la mise en œuvre de ces démarches dans les classes.

Les résultats d'analyse des réponses de Lucien et de Sarah à l'enquête nous ont sans doute permis de comprendre la façon dont ces enseignants définissent et disent penser les DI.

Nous avons également relevé des points de convergence et des spécificités de ces enseignants par rapport à l'échantillon général. Cette enquête constitue ainsi un outil intéressant pour notre travail qui nous permettrait de comprendre la façon dont ces enseignants mettent en place les DI dans leurs classes en lien avec la façon dont ils pensent et définissent les DI.

En effet, nous allons voir à travers les chapitres suivants relatifs à l'analyse des données concernant Lucien (chapitre 5) et Sarah (chapitre 6) que les déclarations de ces enseignants recueillies à partir de leurs réponses à l'enquête donnent une idée relativement fidèle de ce qu'ils font effectivement dans leurs classes. Nous allons voir plus particulièrement à travers la mise en pratique des DI par Lucien que celui-ci met l'accent sur la dimension collective de l'apprentissage lors de la mise en place des DI (§ 5.2.4), ce qui corrobore les résultats que nous avons tirés à partir de l'analyse de ses réponses où nous avons plus particulièrement mis en évidence une vision de Lucien pour l'apprentissage du type socioconstructiviste. En outre, nous allons voir que, lors de la mise en place des DI, Sarah privilégie l'argumentation et l'autonomie des élèves (§ 6.4.3), ce qui corrobore ses réponses lorsqu'elle considère que le développement de l'autonomie et l'argumentation sont des capacités plus particulièrement favorisées lors de la mise en œuvre des DI. Ainsi, ceci témoigne de la pertinence d'intégrer ces deux enseignants dans l'enquête pour recueillir leurs réponses dans la mesure où nous avons la possibilité de croiser leurs réponses relevant du niveau déclaratif avec ce qu'ils font effectivement en classe.

Chapitre 5. Analyse des données relatives à Lucien

Nous présentons dans ce chapitre l'analyse des données relatives à Lucien. Celui-ci professeur en chimie depuis treize ans (§ 3.3.3). Les résultats d'analyse de ses réponses à l'enquête portant sur les DI (§ 4.3) nous ont permis de comprendre la façon dont il définit et pense les DI. Il s'agit ici de dépasser ce niveau déclaratif pour analyser, entre autres, ce qu'il fait effectivement en classe lors de la mise en place des DI. Rappelons que nous avons suivi le travail documentaire et les interactions collectives de Lucien pendant deux années consécutives (§ 3.3.3).

Nous commençons par l'analyse de la documentation et du système d'interactions de Lucien au cours de la première année (§ 5.1), ensuite nous abordons celle de la deuxième année (§ 5.2). Nous nous attachons enfin à mettre en lumière les évolutions saisies d'une année à l'autre (§ 5.3).

5.1. Analyse de la documentation et du système d'interactions de Lucien, première année de suivi

Nous présentons dans cette partie l'analyse de la documentation et du système d'interactions de Lucien pendant la première année (année 2009/2010). Pour ce faire, nous exploitons les données « naturelles » de notre terrain d'étude ainsi que les différents outils méthodologiques que nous avons mis en place au cours de cette première année (§ 3.3.3). Tout au long de notre analyse, nous nous attachons, en appliquant le principe de triangulation, à croiser et à mettre en relation les diverses données recueillies.

Nous commençons d'abord par l'analyse du système de ressources de Lucien (§ 5.1.1), puis nous analysons ses systèmes d'activité (§ 5.1.2). Nous continuons par l'analyse d'une étape du cycle de vie d'un document, à savoir la conception par Lucien d'une ressource-fille basée sur les DI (§ 5.1.3). Ensuite, nous abordons l'analyse des PCK et des orientations de Lucien pour les DI (§ 5.1.4). Nous présentons enfin une conclusion de ces analyses (§ 5.1.5).

5.1.1. Analyse du système de ressources de Lucien

Pour analyser le système de ressources de Lucien, nous exploitons l'entretien général (EG) que nous avons conduit avec lui, la visite guidée de ses ressources ainsi que la

représentation schématique du système de ressources (RSSR) qu'il a réalisée au cours de cet entretien. Bien que la visite guidée et la RSSR constituent des moments de l'entretien général mené avec Lucien, nous procédons à la confrontation de ces différents moments et, de ce fait, nous croisons ce que Lucien dit, ce que dit sa représentation schématique et ce que nous donne à voir la visite guidée de ses ressources.

Dans un premier temps, nous décrivons les ressources mobilisées par Lucien pour organiser son enseignement à travers ce qu'il dit (la transcription de l'EG se trouve dans l'annexe 6) et en prenant appui sur la visite guidée de ses ressources. Nous analysons, dans un deuxième temps, la RSSR de Lucien tout en la croisant avec les données précédentes.

Ressources mobilisées par Lucien pour organiser son enseignement et visite guidée

Le travail documentaire de Lucien s'alimente d'une variété de ressources. Pour organiser son enseignement, Lucien utilise ses ressources anciennes qu'il appelle ses « archives » (EG, annexe 6, phrase 74), émanant de son enseignement au cours des années précédentes, et dans lesquelles il a rassemblé toutes les ressources-filles qu'il a construites à destination de ses élèves ainsi que des ressources qu'il a récupérées de ses collègues ou sur Internet. Ses échanges avec ses collègues constituent, comme il le mentionne, l'une de ses principales ressources et jouent sur son travail documentaire : « *mes échanges avec mes collègues voilà c'est en gros une principale ressource pour moi, on discute beaucoup entre collègues sur ce qu'on a fait, sur ce qui a marché, sur ce qui n'a pas marché, sur ce qu'il faudrait faire et ça c'est évident ça joue sur ce que j'envisage de faire comme cours* » (EG, annexe 6, phrase 14). Lucien rapporte également qu'il a recours à des « livres de réflexion pédagogique » (EG, annexe 6, phrase 6), concernant par exemple l'évaluation des élèves, l'enseignement expérimental, qui nourrissent et stimulent la façon dont il conçoit son enseignement. Le retour des élèves constitue aussi une ressource pour sa propre documentation et intervient dans l'organisation et le choix de la progression de son enseignement comme en témoignent ses propos : « *le retour qu'on a des élèves sur comment ça s'est passé, sur ce qui leur a été plus ou pas plus, sur ce qu'ils ont compris ou pas compris, bah ça joue sur ce qu'on va faire après quoi* » (EG, annexe 6, phrase 14). De plus, Lucien fait appel à des supports visuels tels que des vidéos et des DVD. Cependant, parmi ses ressources, Lucien accorde une importance particulière à ses archives et à ses échanges avec ses collègues.

Par ailleurs, la visite guidée des ressources révèle que celles-ci sont articulées entre elles : d'abord au niveau matériel (papier et numérique sont associés ; Lucien dispose sur son ordinateur d'une version électronique de ses ressources papier) ; ensuite selon le niveau scolaire et les différentes parties du programme. Lucien possède, en effet, un classeur pour chaque chapitre de physique ou de chimie dans lequel il peut ranger à la fois les TP et le cours, il ne distingue donc pas forcément les TP du cours : l'organisation de ses ressources dépend, comme il le souligne, de la façon dont il aborde l'enseignement du chapitre : « *ça dépend de comment on aborde l'enseignement, les thèmes. Ben il y a des choses qui se trouvent en TP, se retrouvent dans le cours ou un truc fini en exercices ou alors c'est une activité, voilà donc ça c'est mouvant* » (EG, annexe 6, phrase 24). Au sein d'un même répertoire relatif à une sous-partie du programme (chapitre), on trouve différents répertoires : cours, exercices, activités expérimentales. Le même découpage se trouve globalement sur son ordinateur. Lucien précise

qu'il classe ses ressources soit selon le contenu thématique, soit selon l'approche pédagogique et parfois, il emploie à la fois les deux types de découpage : « *en fonction de la façon dont je vais aborder ces parties du programme eh ben découpage par sous thèmes ou découpage par approche pédagogique me semblera plus ou moins pertinent et c'est vrai que je change d'une année, [...], c'est-à-dire que en fonction de la façon de concevoir l'approche pédagogique pour traiter telle partie du programme, il y a des conséquences sur la façon d'organiser mes ressources et comme c'est pas stable, j'en change régulièrement* » (EG, annexe 6, phrase 50).

Ainsi, nous pouvons inférer que l'organisation et la structure des ressources de Lucien apparaissent nettement liées à la structure de ses activités d'enseignement. La façon dont Lucien exploite et utilise sa ressource semble, de fait, étroitement liée à la façon d'organiser cette ressource. Cette organisation, qui apparaît d'ailleurs flexible d'une année à une autre, reflète ainsi la flexibilité et l'évolution des activités professionnelles de Lucien, et engage l'ensemble des documents impliqués.

En effet, Lucien mentionne qu'il effectue un « *recyclage* » (EG, annexe 6, phrase 76) permanent de ses ressources-filles : chaque année, il les reprend, refait des tris, les retravaille, et se retrouve alors en fin d'année avec des ressources-filles réactualisées. Le recyclage de ses ressources-filles et les adaptations qui y sont faites sont un indice d'un mouvement d'*instrumentalisation* (§ 2.2.2) qui entraîne, sans doute, une réorganisation permanente de son système de ressources. Plus précisément encore, nous supposons qu'au cours de ce processus de recyclage, les ressources-filles de Lucien deviennent des ressources-mères qui seront engagées, dans un nouveau cycle de vie, pour la production de nouvelles ressources-filles intégrées *in fine* dans son système de ressources, tout en le restructurant. Cela appuie davantage l'idée que le cycle de vie de ses documents est un processus permanent. Ceci montre également que le système documentaire de Lucien n'est pas figé, il semble évoluer en permanence dans le temps.

Ainsi, l'analyse de l'entretien général et de la visite guidée nous donnent à voir la variété de ressources auxquelles Lucien fait appel ainsi que la façon dont ces ressources sont organisées et structurées au sein de son système de ressources. Une relation étroite semble s'établir entre l'organisation et la structure des ressources de Lucien, d'une part, et la structure de ses activités d'enseignement, d'autre part. Nous constatons également que ses échanges avec ses collègues et ses ressources anciennes (archives) occupent une place primordiale dans son système de ressources. Nous relevons aussi une dynamique qui règne au sein de ce système, dynamique induite par le recyclage permanent des ressources-filles de Lucien.

Représentation schématique du système de ressources (RSSR) de Lucien

Dans cette partie, nous analysons la représentation schématique du système de ressources (RSSR) en relation avec ce que Lucien a dit au cours de l'entretien ainsi qu'avec la visite guidée des ressources que nous avons effectuée.

La structure du système de ressources dans la RSSR réalisée par Lucien (voir **Figure 41**) n'est pas tout à fait identique à la structure des ressources que nous avons repérées dans les différents supports à travers la visite guidée. On voit apparaître dans la RSSR de Lucien de nouvelles ressources qui n'ont pas été mentionnées auparavant, comme par exemple les

revues scientifiques, et le wiki. Ceci nous a amené alors à confronter cette RSSR à la réalité du « terrain » et aux ressources recueillies. Cet aller-retour entre les ressources recueillies, la RSSR, la visite des ressources et ce qui a été évoqué lors de l'entretien met en évidence la complémentarité de ces différents éléments méthodologiques que nous avons exploités pour rapprocher, autant que faire se peut, ce que dit Lucien de son système de ressources et la réalité de ce système.

En comparant ce que nous avons observé de la structure du système de ressources de Lucien et ce qu'il a réalisé dans la RSSR, nous constatons que ce qui est noté dans la représentation schématique va au-delà d'une simple énonciation de ressources pour rendre compte d'une mise en relation entre ressources, activité de Lucien et travail collectif.

Comme nous pouvons le voir sur la **Figure 41**, le centre de la RSSR de Lucien correspond à la conception de séquences d'enseignement. Cette conception représente, en effet, le cœur du travail documentaire de Lucien, ce qui explique donc sa position au centre de la RSSR : « Bon on va quand même mettre la conception de séquences au centre puisque ça reste le cœur de l'activité » (EG, annexe 6, phrase 108). Ajoutons aussi que l'importance de cette phase de conception est mise en évidence par le nombre de termes qui lui sont directement ou indirectement liés dans le schéma (voir méthodologie d'analyse des représentations schématiques, § 3.4.2). Cette conception de séquences rend compte, comme le note Lucien dans sa représentation schématique, de la planification des séquences dans le temps et de la façon dont celles-ci seront enseignées et présentées aux élèves.

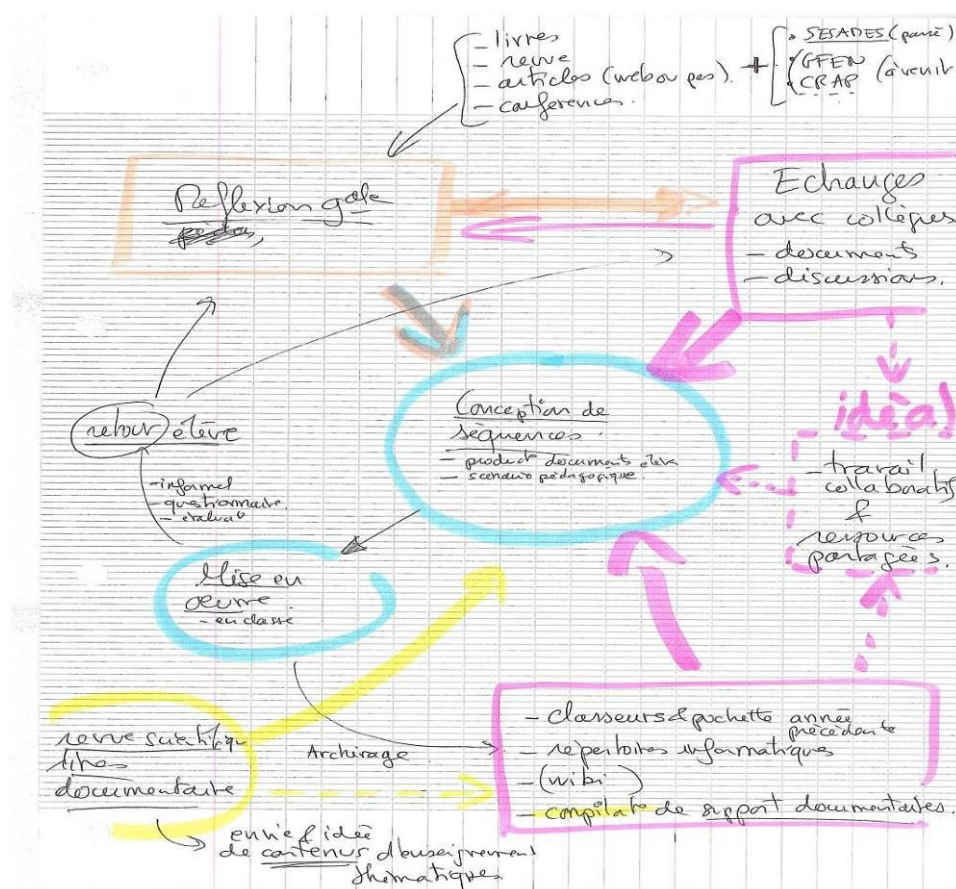


Figure 41. RSSR de Lucien, année n

Par ailleurs, quatre principaux pôles apparaissent dans cette RSSR : les échanges avec les collègues, les archives, la réflexion générale, et les revues scientifiques. En effet, nous avons fait le choix de considérer comme pôle tout ce qui alimente la conception des séquences d'enseignement de Lucien. Ainsi, selon cette perspective, la RSSR de Lucien fait apparaître quatre pôles.

On observe sur la RSSR de Lucien que le pôle de la réflexion générale apparaît comme celui des échanges avec les collègues, tous les deux occupent une place importante dans son système de ressources : de nombreuses flèches en partent et y arrivent. Une *réaction réversible* (§ 3.4.2) semble même exister entre les deux : la réflexion générale de Lucien alimente ses échanges avec ses collègues ; mais en même temps les échanges avec les collègues, outre l'apport d'autres types de ressources telles que des livres, des revues, des articles, des conférences, alimentent aussi sa réflexion générale. Celle-ci éclaire et oriente la conception de ses séquences. Ainsi, nous réalisons à travers cette réaction réversible que la réflexion générale de Lucien est largement adossée à ses échanges avec ses collègues, et plus profondément encore, à son travail collectif. Par ailleurs, une autre dimension collective intervient également et nourrit la réflexion générale de Lucien ; elle concerne les formes collectives de son travail en dehors de son établissement scolaire. En effet, ces aspects collectifs relèvent du passé et du futur : Lucien faisait partie depuis quelques années du groupe SESAMES qui a été un cadre collectif qui alimentait sa réflexion générale, et actuellement il est en train de créer avec ses collègues du lycée d'autres espaces collectifs porteurs de réflexion pédagogique inspirés du GFEN³⁷ et du CRAP³⁸, mais comme le note Lucien sur sa RSSR, ceci est un projet « à venir » et n'est pas encore développé. Plus globalement, il apparaît que les échanges de Lucien avec ses collègues constituent un élément structurant de son système de ressources. Sa RSSR corrobore ce résultat dans la mesure où ces échanges, notamment les discussions et les échanges de ressources, interviennent à plusieurs niveaux : ils alimentent sa réflexion générale, nourrissent la réflexion sur la conception de séquences d'enseignement, et dans l'idéal ils favorisent la mise en place d'un travail collaboratif et de ressources partagées qui alimenteraient, à leur tour, la conception de ses séquences : « *je vais mettre, dans l'idéal parce que ce que l'on cherche à créer, c'est effectivement un travail collaboratif et des ressources partagées* » (EG, annexe 6, phrase 108). Lucien souligne qu'il aimerait créer un espace collectif, « *d'archivage collectif* » (EG, annexe 6, phrase 104) selon ses termes, qui correspondrait à un vrai travail collaboratif.

³⁷GFEN (Groupe Français d'Education Nouvelle) : c'est un mouvement de recherche et de formation en éducation qui développe des stratégies et des pratiques de formation, et conduit des stages et des universités d'Été. Il plaide pour la notion et la pratique de « démarche d'auto-socio-construction » : enseignement constructiviste mettant l'accent sur la dimension collaborative où l'élève construit son savoir lui-même (*auto*) et par confrontation avec ses pairs (*socio*), www.gfen.asso.fr/. Nous allons voir à travers l'analyse des données relatives à la deuxième année de suivi de Lucien (§ 5.2) que la communauté du GFEN va prendre une place prépondérante dans la documentation de Lucien. Nous reviendrons sur le style de pensée de cette communauté dans la partie suivante (§ 5.2.2).

³⁸CRAP (Cercle de Recherche et d'Actions Pédagogiques) : c'est un mouvement pédagogique qui défend les valeurs de l'éducation nouvelle et milite pour une rénovation du métier d'enseignant. Il édite la revue intitulée « Cahiers pédagogiques » qui fait place aussi bien aux travaux de la recherche qu'aux pratiques de terrain, <http://www.cahiers-pedagogiques.com/>

Par ailleurs, le pôle d'archivage, un des quatre pôles qui nourrit la conception de séquences, renferme comme le note Lucien dans son schéma, ses ressources papier et numérique. On y trouve les classeurs et les pochettes des années précédentes, ses répertoires informatiques, son wiki, et une compilation de supports issus de ses ressources relatives aux revues scientifiques. Celles-ci ont un double rôle : elles stimulent, d'une part, la conception de ses séquences et lui donnent, d'autre part, l'envie et les idées de contenus d'enseignement thématique à transmettre.

Dans sa RSSR, Lucien montre non seulement les ressources susceptibles d'être des ressources-mères (§ 2.2.3) qui interviennent dans la conception de ses ressources-filles, une étape du cycle de vie d'un document (§ 2.2.4) qu'il situe au centre de la RSSR, mais aussi il illustre une autre étape du cycle, à savoir la mise en œuvre de cette ressource-fille en classe. L'on voit alors le retour élève qui en ressort et qui apparaît dans la RSSR comme une des ressources de Lucien. Ce retour élève peut être informel, ou obtenu au moyen d'évaluations ou de questionnaires que Lucien distribue régulièrement à ses élèves pour recueillir de manière exhaustive leurs ressentis. De fait, ces questionnaires constituent pour Lucien des « *outils pédagogiques* » et de vraies ressources « *à produire, à partager, à collectiviser* » (EG, annexe 6, phrase 104).

Comme le montre la RSSR, le retour des élèves est aussi l'objet d'échanges entre Lucien et ses collègues : essayer de comprendre les raisons derrière les difficultés ou les succès dans la mise en œuvre de la ressource-fille en classe se traduit par des échanges avec les autres collègues. Lucien met alors à disposition de ses collègues sa ressource-fille, et leur décrit les usages associés et ce qui s'est passé en classe : « *il y a la mise en œuvre que je fais, je mets en œuvre tout ça, en gros les difficultés ou les succès, tout ça c'est recycler ensuite la réflexion, essayer de comprendre pourquoi, ça se traduit par des échanges avec des autres collègues, je donne mes documents aux autres collègues et je leur explique ce qui était bien, ce qui n'était pas bien* » (EG, annexe 6, phrase 104). Nous pouvons donc inférer que la discussion avec ses collègues sur le travail des élèves est un aspect collectif critique du travail documentaire de Lucien. Plus précisément encore, Lucien partage et révisé avec ses collègues la ressource-fille après usage en classe et la nourrit des réactions des élèves. Ainsi, au niveau du cycle de vie d'un document, cette RSSR révèle que les échanges de Lucien avec ses collègues interviennent non seulement dans l'étape de la conception de ressource-fille, mais aussi au moment de la révision de celle-ci qui suit sa mise en œuvre en classe. Le suivi des flèches dans la RSSR montre que ce qui ressort de la mise en œuvre de la ressource-fille en classe, du retour des élèves et des échanges avec ses collègues laisse des traces qui sont archivées pour être reprises ultérieurement et qui recyclent aussi la réflexion générale de Lucien, et par conséquent ses connaissances professionnelles.

En outre, nous pouvons repérer dans cette RSSR la présence de trois boucles (voir méthodologie d'analyse des représentations schématiques, § 3.4.2) dont la conception et la mise en œuvre de séquences constituent le cœur : la première boucle « conception de séquences - mise en œuvre - retour élève - échanges avec collègues - conception de séquences » reflète trois étapes du cycle de vie d'un document. Il s'agit de la conception d'une ressource-fille où la communauté en jeu est formée des collègues de SPC du lycée de Lucien, de la mise en œuvre d'une ressource-fille où c'est la communauté de classe qui est en

jeu, de la révision de la ressource-fille à la suite du retour des élèves où la communauté des professeurs de SPC du lycée intervient à nouveau pour le partage de cette ressource-fille et de son usage. Ceci nourrit, en retour, le système de ressources de Lucien, et donc la conception de ses ressources-filles. Plus précisément encore, cette boucle met en évidence une *interférence* entre le système d'activité de Lucien au sein de la communauté de classe et son système d'activité hors classe au sein de la communauté de ses collègues de SPC du lycée. En effet, si l'on traduit cette boucle sous forme du modèle du système d'activité (§ 2.4.3), nous constatons que cette interférence est située, plus particulièrement, au niveau des ressources (§ 2.4.5) (**Figure 42**) : le système d'activité de Lucien au sein de sa communauté du lycée qui est orienté vers l'objet « concevoir une ressource-fille », une étape du cycle de vie d'un document, engendre comme *résultat* une ressource-fille. Celle-ci sera intégrée dans le système d'activité de Lucien en classe qui est dirigé vers un autre objet correspondant à une autre étape du cycle de vie d'un document : la mise en œuvre de la ressource-fille. Dans ce système d'activité, la ressource-fille qui était, à l'origine, un résultat du système d'activité de Lucien au sein de sa communauté du lycée apparaît en tant qu'*outil* intégré, avec d'autres, par Lucien en classe. Le retour élève qui ressort comme résultat du système d'activité de Lucien, au sein de sa communauté de classe, sera transformé en une autre entité, notamment en un outil mobilisé par Lucien au sein de son système d'activité impliquant la communauté de son lycée. Le résultat qui émerge de ce système d'activité peut être également transformé en une autre entité dans un système d'activité orienté vers la conception d'une autre ressource-fille. Ainsi, cette inférence, mise en évidence à travers la boucle présente dans cette RSSR, semble entraîner un effet producteur de ressources.

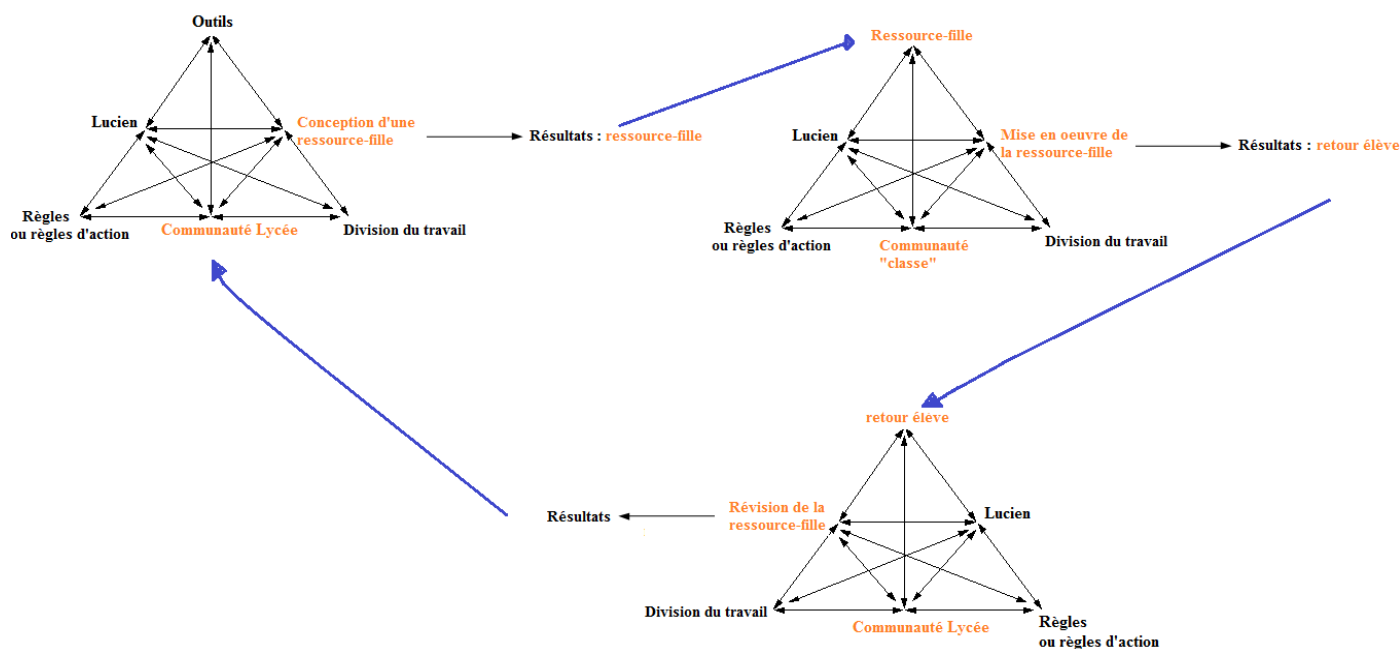


Figure 42. Interférence, au niveau des ressources, des systèmes d'activité de Lucien inférée à partir de sa RSSR

En ce qui concerne la deuxième boucle « conception de séquences - mise en œuvre - retour élève - réflexion générale - conception de séquences », elle donne à voir des éléments qui lient les ressources de Lucien à son activité, mais aussi à ses connaissances professionnelles, et ce par l'intermédiaire du retour élève. Celui-ci agit sur la réflexion

générale de Lucien, et donc sur ses connaissances professionnelles. Ainsi les deux boucles que nous avons explicitées mettent en évidence le fait que le retour élève intervient à plusieurs niveaux : d'une part, il nourrit et influe sur la réflexion générale de Lucien et, d'autre part, il constitue un élément déterminant des échanges de Lucien avec ses collègues. Un rôle est donc dédié aux élèves dans le développement du système documentaire de Lucien. Quant à la troisième boucle « conception de séquences – mise en œuvre – archivage – conception de séquences », elle est liée aux deux précédentes et sous-tend l'intégration dans le système de ressources de Lucien des éléments issus de la mise en œuvre de ressource-fille et donc du retour des élèves et des échanges avec ses collègues. Elle met donc en exergue des « inputs » dans le système de ressources de Lucien.

Par ailleurs, le croisement de la RSSR de Lucien avec ses propos lors de l'entretien général corrobore la grande importance qu'il accorde à ses échanges avec ses collègues et à ses « archives » par rapport aux autres ressources qu'il mobilise : ces deux types de ressources constituent deux pôles qui alimentent la conception de ses ressources-filles, mais aussi ce sont les deux pôles qu'il a dessinés en premier, tous les deux représentés par la même couleur rose, situés à droite de la RSSR et choisis comme étant des ressources qui favorisent la mise en place d'un travail collaboratif idéal. Ceci appuie donc davantage l'idée du poids de ces deux ressources dans la documentation de Lucien.

Ainsi, nous avons relevé dans cette RSSR différents types de ressources susceptibles d'être mobilisées par Lucien en tant que ressources-mères en vue de concevoir une ressource-fille. Cette RSSR donne également à voir des relations qui lient les ressources à l'activité, aux connaissances professionnelles et au travail collectif de Lucien. Elle montre aussi des relations fortes entre ces ressources, il ne s'agit pas de ressources disjointes, mais au contraire de ressources qui peuvent s'influencer mutuellement. Une *interrelation* dynamique entre les ressources marque donc le système de ressources de Lucien. En outre, à travers cette RSSR, nous avons pu mettre en évidence des modalités d'intervention du travail collectif dans le cycle de vie d'un document, ce qui a en retour des effets sur le système de ressources de Lucien : il apparaît, en effet, que le travail collectif intervient au niveau de la conception de ressource-fille et de la révision de celle-ci après mise en œuvre en classe. Les interactions collectives de Lucien semblent influencer clairement sur sa réflexion générale, et par conséquent sur ses connaissances professionnelles, mais plus largement encore sur sa documentation. D'après la RSSR, une interférence entre les systèmes d'activité de Lucien au sein de sa communauté du lycée et de sa communauté de classe a été également identifiée, elle se situe au niveau des ressources.

Synthèse de l'analyse du système de ressources de Lucien

L'entretien général, avec ses différents moments (la visite guidée des ressources et la RSSR), que nous avons mené avec Lucien nous donne à voir différents types de ressources dans son système de ressources : des ressources qui permettent à Lucien de préparer et de concevoir son enseignement (ce sont notamment ses archives), des ressources provenant de la mise en commun et des échanges avec ses collègues et qui orientent son travail documentaire, des ressources de réflexion pédagogique qui alimentent la conception de son enseignement,

des ressources qui stimulent sa réflexion en termes de contenus à transmettre (comme les revues scientifiques), et des ressources provenant de ses interactions avec ses élèves en classe et agissant sur l'organisation de son enseignement. Ainsi, nous pouvons parler d'un usage, par Lucien, d'un ensemble de ressources variées parmi lesquelles ses archives et ses échanges avec ses collègues (échange de ressources ou discussions) constituent tout de même la source la plus importante pour préparer son enseignement, ou en d'autres mots, le *cœur* de son système de ressources. Celui-ci apparaît fortement nourri par son travail collectif, celui-ci semble un élément déterminant qui contribue à l'organisation de ce système, mais aussi au développement de ses connaissances professionnelles.

5.1.2. Analyse des systèmes d'activité de Lucien

Dans cette partie, il s'agit d'analyser les systèmes d'activité de Lucien d'un point de vue général. Autrement dit, il est question de repérer les diverses communautés professionnelles avec lesquelles Lucien interagit dans différents contextes. Pour ce faire, nous nous basons sur l'entretien général (EG) (dont la transcription se trouve dans l'annexe 6), sur la représentation schématique du travail collectif (RSTC) qu'il a tracée au cours de cet entretien ainsi que sur notre suivi du travail collectif de Lucien au cours de cette année.

Nous abordons, dans un premier temps, l'analyse des éléments issus de l'entretien général ainsi que l'analyse de la RSTC qui nous permettent, en les croisant, d'analyser les systèmes d'activité de Lucien. Dans un second temps, nous nous centrons sur un système d'activité de Lucien, à savoir son système d'activité au sein de la communauté de ses collègues de SPC du lycée.

Systèmes d'activité de Lucien : croisement de l'analyse de l'entretien général et de la RSTC

Nous explicitons ici, à travers l'analyse de l'entretien général et de la RSTC, les systèmes d'activité de Lucien au sein de communautés professionnelles. Nous procédons d'abord à l'analyse de ces systèmes en nous basant sur ce que dit Lucien au cours de l'entretien. Nous exploitons ensuite la RSTC tout en croisant ce qui a été dit avec ce qui a été tracé dans la RSTC.

Comme nous venons de le montrer, le système de ressources de Lucien comporte un ensemble de ressources variées, mais sa composition porte aussi la marque d'échanges multiples. Le traitement des données de l'entretien général révèle que les interactions collectives de Lucien se font essentiellement avec ses collègues de l'établissement. En effet, Lucien entretient des relations de travail fortes avec la communauté formée de ses collègues de SPC de son lycée en lien avec son travail documentaire. Ceci a d'emblée été mis en exergue à travers l'analyse de la RSSR (§ 5.1.1). Nous allons aussi expliciter davantage ce résultat dans la section suivante où nous nous centrons sur le système d'activité de Lucien au sein de cette communauté.

Cependant, le travail documentaire de Lucien comporte une dimension collective qui n'est pas limitée à ses interactions avec ses collègues de la même discipline ; hors classe,

Lucien interagit également avec ses collègues de la même classe : « *il y a le travail collectif par exemple au sein des profs [professeurs] de la même classe, [...] il faudra qu'on travaille avec plusieurs collègues qui ne sont pas de la même matière. [...] il faut qu'on puisse se mettre d'accord avec les différents collègues qui interviennent auprès des élèves pour qu'on ait des outils communs, pour que les élèves s'y retrouvent, comprennent ce qu'on fait, les méthodes de travail qu'on a aux élèves* » (EG, annexe 6, phrase 140). Cette dimension du travail documentaire de Lucien met en évidence un autre type de système d'activité où la communauté en jeu est constituée de ses collègues du lycée qui n'enseignent pas les SPC et où *l'objet* (§ 2.4.3) qui oriente son activité est lié à la nécessité de collaborer avec ses collègues de la même classe afin d'être cohérent face à ses élèves et de tenir un discours commun.

Ainsi, l'analyse des données de l'entretien général nous donne à voir deux systèmes d'activité de Lucien impliquant deux communautés professionnelles : le premier système est étendu au niveau du travail collectif disciplinaire où la communauté n'est autre que ses collègues de SPC de son lycée ; cette communauté est formée de cinq professeurs de SPC (dont Lucien). Quant au deuxième système d'activité, il concerne le travail collectif pluridisciplinaire et implique les collègues du lycée qui enseignent dans la même classe que celle de Lucien. De fait, ces deux systèmes d'activité contribuent à construire l'activité professionnelle de Lucien dans sa dimension sociale au sein de son lycée.

Par ailleurs, l'analyse de la RSTC (voir **Figure 43**) corrobore les échanges de Lucien au sein de ces deux systèmes d'activité, mais elle montre aussi une troisième communauté que nous n'avons pas repérée auparavant à travers l'entretien général avec Lucien. Cette communauté est formée de collègues extérieurs au lycée avec lesquelles Lucien interagit suivant un degré qui reste tout de même plus faible et marginal dans le schéma. Au total, trois communautés font donc l'objet de la RSTC : une communauté, qu'on désigne par C1, concerne le travail collectif disciplinaire de Lucien, elle est formée de ses quatre collègues de SPC du lycée ; une autre qu'on représente par C2, est formée de ses collègues de l'établissement enseignant une autre discipline que les SPC ; et une communauté, qu'on nomme C3, est formée de collègues extérieurs à son lycée. On voit bien sur la RSTC que les deux communautés C1 et C2 occupent un espace plus grand par rapport à C3, ce qui montre que les interactions collectives de Lucien se font essentiellement avec ces deux communautés. Ce sont d'ailleurs les deux communautés qu'il a dessinées en premier et, encore plus, c'est la communauté C1 qui a été la première à être illustrée dans le schéma.

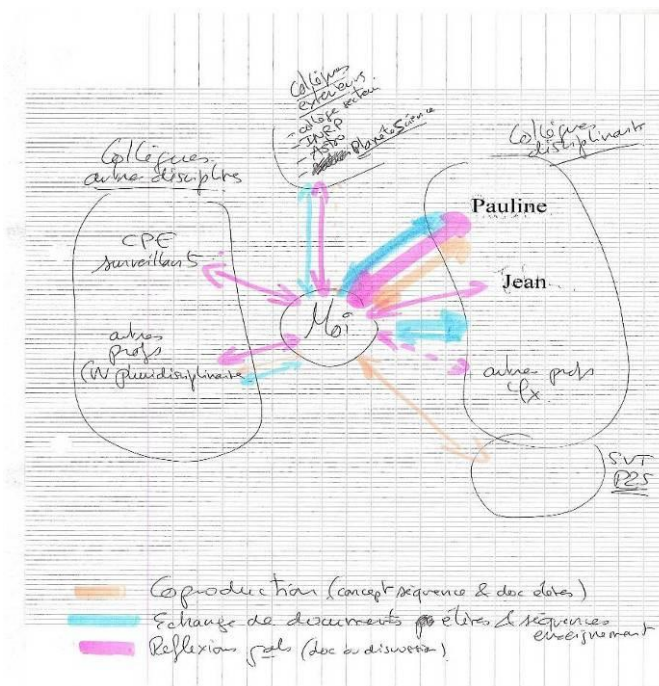


Figure 43. RSTC de Lucien, année n (les noms des enseignants désignés par Lucien sur cette RSTC ont été changés pour conserver l'anonymat)

Lucien se situe au centre de ce schéma pour décrire ses interactions et ses échanges avec ces trois communautés. Trois formes de travail collectif apparaissent dans cette représentation schématique. Ces formes renvoient aux différents *objets* (§ 2.4.3) vers lesquels est orientée l'activité de Lucien au sein de ces communautés : la *co-production* de ressources-filles illustrée par la couleur orange ; l'*échange de ressources* représenté par la couleur bleue ; et la *réflexion générale* symbolisée par la couleur rose et ayant lieu le plus souvent à travers des discussions. À chacun de ces objets est associé un système d'activité de Lucien avec des communautés différentes. De fait, les interactions collectives de Lucien apparaissent nettement dans ce schéma : nous remarquons que ces trois objets concernent les interactions de Lucien au sein de la communauté C1, mais plus particulièrement avec une collègue de C1, Pauline. La nature des flèches est intéressante à considérer puisqu'elle reflète l'ampleur du travail collectif de Lucien : en effet, des flèches de taille plus grande qui partent de « moi » et arrivent vers Pauline mettent en évidence les trois objets. Il apparaît donc que c'est avec sa collègue Pauline que Lucien interagit et échange le plus souvent ; parmi ses collègues de SPC (qui sont au nombre de quatre), nous repérons que c'est uniquement avec Pauline que Lucien co-produit de ressources-filles. Nous pouvons donc en inférer une très forte interaction entre son système documentaire et celui de sa collègue Pauline. Avec son collègue Jean, les interactions sont de l'ordre de la réflexion générale. Quant aux deux autres collègues de C1 nommés Fred et Loris, deux objets seulement apparaissent, à savoir l'échange de documents et la réflexion générale, ce qui est le cas aussi pour les collègues de C3. En ce qui concerne le travail collectif pluridisciplinaire au sein de C2, les trois objets peuvent exister mais suivant un degré inférieur, ce qui explique donc la taille plus petite des flèches. En ce qui concerne les

collègues de C2 qui n'exercent pas une mission d'enseignement, comme les CPE³⁹, les surveillants, Lucien note qu'il s'agit là d'une réflexion générale sur le lycée et les élèves. Une co-production peut aussi avoir lieu entre Lucien et ses collègues de SVT pour l'enseignement P2S⁴⁰ qui est un enseignement explicitement bi-disciplinaire.

La RSTC met en évidence la nature des interactions collectives de Lucien avec ses collègues et fait ainsi apparaître les différentes facettes de ses systèmes d'activités. Plus précisément encore, elle nous permet de voir les diverses formes de travail collectif de Lucien au sein de ces trois communautés, mais aussi avec des personnes membres de ces communautés. Ceci nous permet ainsi d'approcher plus finement l'analyse du travail collectif de Lucien et appuie davantage l'idée de l'utilité des représentations schématiques qui nous donnent à voir des données que nous n'avons pas pu obtenir directement à travers l'entretien général.

Ainsi, l'analyse de l'entretien général et de la RSTC donnent des informations sur les systèmes d'activité de Lucien au sein de différentes communautés professionnelles. Parmi ces communautés, il apparaît qu'un fort degré d'interactions existe entre Lucien et la communauté formée de ses collègues de SPC, ce qui n'est pas du tout surprenant étant donné qu'ils se trouvent sur le même lieu de travail et bénéficient donc de nombreuses occasions d'échanges. Parmi ses collègues membres de cette communauté, nous avons inféré une relation de travail profonde avec sa collègue Pauline. Cette relation est caractérisée à la fois par une co-production de ressources-filles, par une réflexion générale collective et par une mutualisation de leurs ressources. Nous avons également relevé à travers notre analyse l'intérêt de la complémentarité et du croisement de nos outils méthodologiques qui révèlent bien que le travail collectif est un facteur principal qui construit l'activité professionnelle de Lucien.

Système d'activité de Lucien au sein de la communauté des professeurs de SPC de son lycée

Nous nous centrons ici sur l'analyse du système d'activité de Lucien au sein de la communauté formée par ses collègues de SPC de son lycée. Dans un premier temps, nous dégageons les règles suivies par cette communauté qui nous permettent d'inférer des caractéristiques du style de pensée que porte cette communauté. Dans un deuxième temps, nous présentons les outils mobilisés par les enseignants de cette communauté. Enfin, nous montrons l'impact des interactions collectives de Lucien, au sein de cette communauté, sur sa propre documentation.

³⁹ Conseiller Principal d'Education : il est chargé du bon déroulement de la vie scolaire et contribue à placer les élèves dans les meilleures conditions d'apprentissage.

⁴⁰ P2S : Pratique Scientifique en Seconde : c'est une nouvelle organisation de l'enseignement des sciences expérimentales en classe de seconde qui privilégie l'interdisciplinarité, et l'expérimentation dans un enseignement conjoint Sciences Physiques et Chimiques / Sciences de la vie et de la Terre.

Règles régissant les interactions collectives au sein de cette communauté

Nous présentons dans cette partie les *règles* (§ 2.4.3) que Lucien et ses collègues de SPC de son lycée emploient pour régir leurs interactions. Ces règles ont été inférées à partir de l'analyse de l'entretien général, mais aussi à partir de notre suivi de Lucien au cours de cette année et de notre visite, à plusieurs reprises, de son lycée où nous avons croisé ses collègues soit au cours de réunions, soit au cours de discussions informelles avec Lucien. A partir de ces règles, nous dégageons ensuite des caractéristiques du *style de pensée* (§ 2.4.3) porté par cette communauté.

Les échanges de Lucien avec ses collègues de SPC apparaissent centraux. Ces échanges se font d'une manière informelle ou au cours de réunions formelles, ou à travers des échanges de mails. Parmi les enseignants de SPC de la communauté du lycée, Lucien précise qu'il collabore le plus souvent avec Pauline, ils co-élaborent des ressources-filles ensemble, mais il échange aussi avec d'autres collègues, notamment avec Jean : *« alors après c'est plus avec elle [sa collègue Pauline] donc c'est plus avec elle au quotidien et dans la durée. Avec Jean, on échange alors peut être sur d'autres aspects, c'est-à-dire que lui il s'est intéressé à des trucs de réflexions sur l'esprit critique, donc il est en contact avec des gens qui bossent là-dessus, ils font des séquences là-dessus. Donc il m'en parle et ça m'intéresse et souvent c'est vrai que je suis allé regarder ce qu'il faisait dans sa classe avec intérêt en disant que j'aimerais bien m'inspirer de ça, [...] voilà je suis allé voir concrètement ce qu'il faisait parce que je trouvais ça intéressant »* (EG, annexe 6, phrase 154). Soulignons que ceci a été précédemment mis en évidence à travers l'analyse de la RSTC où nous avons relevé un fort degré d'interactions entre Lucien et Pauline, suivi d'un degré d'interactions plus faible avec Jean.

Les interactions collectives de Lucien semblent influencer sur sa documentation comme en témoigne sa réponse : *« on discute beaucoup entre collègues sur ce qu'on a fait, sur ce qui a marché, sur ce qui n'a pas marché, sur ce qu'il faudrait faire et ça c'est évident ça joue sur ce que j'envisage de faire comme cours »* (EG, annexe 6, phrase 14). Plus précisément encore, sa réponse reflète un aspect collectif crucial de son travail documentaire qui est marqué par la discussion sur la mise en œuvre de ressources-filles, et par suite sur le retour et le travail des élèves au cours des séances. Ainsi, ceci montre que la communauté de son lycée intervient au niveau de la révision de la ressource-fille après usage, une étape du cycle de vie (§ 2.2.4), pour la nourrir des effets observés. Notons que ces inférences ont été aussi corroborées par l'analyse de la RSSR de Lucien (§ 5.1.1). Ajoutons aussi que nous pouvons en inférer une *règle* qui régit les interactions des enseignants de cette communauté et qui met l'accent sur l'échange et la discussion sur le travail des élèves après la mise en œuvre de la ressource-fille.

En outre, nous avons inféré d'autres règles qui orientent le système d'activité de Lucien, hors classe, au sein la communauté de ses collègues de SPC du lycée. Nous résumons l'ensemble de ces règles dans le **Tableau 25**. Une règle qui semble déterminante réside, en effet, dans la nécessité de mutualiser l'ensemble de leurs ressources afin que chacun puisse y avoir accès. Ce système d'activité comporte aussi une autre règle qui repose sur des observations croisées par les enseignants de cette communauté afin de suivre la mise en œuvre de ressources-filles en classe, comme le souligne Lucien : *« on a l'habitude de rentrer fréquemment dans les salles des uns et des autres et dans les salles de TP, et donc oui on voit ce que les uns et les*

autres font quoi. Donc je pense que, par exemple mes collègues ont vu mes élèves en train de travailler » (EG, annexe 6, phrase 70) ; « donc ça était des occasions de se croiser et que mes collègues aperçoivent ce qui se fait en classe, [...] du coup on en discute peut être cinq minutes comme ça ou on en rediscute après. Et puis à l'inverse, c'est-à-dire moi aussi [...], je passe voir pendant cinq minutes ce qui se passe dans sa classe [classe d'un collègue] et on en discute à ce moment là » (EG, annexe 6, phrase 72). Le suivi de la mise en œuvre de ressources-filles en classe, par observation croisée, apparaît donc comme une règle qui organise les interactions au sein de cette communauté et qui permet, entre autres, de comprendre le travail des élèves en classe. Il est intéressant, cependant, de noter que l'identification de cette règle a été également appuyée par notre observation de classe où nous avons repéré un collègue de cette communauté qui est venu suivre, pour quelque temps, ce qui se passe dans la classe de Lucien.

Règles
Discuter sur le travail des élèves après la mise en œuvre de la ressource-fille
Echanger les ressources pour que chacun puisse y avoir accès
Suivre la mise en œuvre de la ressource-fille à travers des observations croisées

Tableau 25. Les règles du système d'activité de Lucien au sein de la communauté de ses collègues de SPC du lycée

Ainsi, le repérage de ces règles nous permet d'inférer que les enseignants de cette communauté partagent leurs réflexions, leurs questions, et leurs ressources. Leurs connaissances ainsi que leurs expertises se trouvent alors partagées : plus qu'un système de ressources, ce sont des éléments de systèmes documentaires qui semblent, en effet, partagés dans cette communauté. Cette mutualisation de ressources et de pratiques porte en germe la richesse d'un réel engagement des enseignants dans les activités de leur communauté. Par conséquent, nous considérons que les règles suivies par cette communauté témoignent que celle-ci est porteuse d'un *style de pensée* étroitement attaché et ouvert au travail collectif entre les enseignants de cette communauté. Ceci est d'ailleurs patent dans ce que dit Lucien : « je pense que ça peut exister ailleurs où la conception du travail individualiste de l'enseignement elle existe, mais elle n'existe pas chez nous » (EG, annexe 6, phrase 80) ; « on essaie de faire des réunions d'équipe puis ça fait depuis tout le temps ici au lycée qu'on discute entre collègues, qu'on se montre ce qu'on faisait et qu'on échange nos documents à destination des élèves. Donc ça j'ai toujours connu ça ici » (EG, annexe 6, phrase 136).

On voit bien donc que la documentation de Lucien porte la marque d'imbrication de facteurs individuels et collectifs. Ce sont les règles de la communauté qui contribuent à fonder le style de pensée de cette communauté, mais c'est aussi le style de pensée ou, autrement dit, ce sont les métarègles (§ 2.4.3) qui déterminent, en retour, les règles spécifiques de cette communauté. Ces dernières qui consistent en une *mise en commun* de ressources, des pratiques des enseignants, et du travail des élèves apparaissent, en effet, comme un ressort essentiel du style de pensée de cette communauté qui est caractérisé par une ouverture au travail des autres et par une tendance incessante de « travailler tous ensemble ».

Outils mobilisés par cette communauté : des CD et des classeurs vers le wiki

Cette partie est consacrée à la présentation de quelques *outils* (§ 2.4.3) mobilisés par la communauté des professeurs de SPC du lycée de Lucien, notamment les outils qui assurent la mutualisation de ressources entre les membres de cette communauté. Ces outils ont été inférés à partir de l'analyse de l'entretien général mené avec Lucien.

Comme nous venons de le préciser, le style de pensée porté par la communauté des professeurs de SPC du lycée de Lucien est ouvert au travail collectif. Celui-ci apparaît une pratique naturelle dans le lycée où la conception du « *travail individualiste* » (EG, annexe 6, phrase 80) de l'enseignement ne semble pas dominante. Bien que les enseignants de cette communauté aient partagé chaque année leurs ressources sur des CD et qu'ils aient également mis les ressources-filles que chacun produit dans un classeur à disposition de tous les collègues au laboratoire, Lucien souligne une difficulté qui a freiné l'exploitation de ces ressources : la difficulté à trouver du temps pour fureter dans le CD et le répertoire de chacun et examiner ce qu'il a fait. Si ces outils de mutualisation, notamment les CD et les classeurs du laboratoire, ont permis d'enrichir le système de ressources de chacun au sein de la communauté, ils présentaient toutefois des limites d'usage induits par des contraintes de temps. Ainsi, comme le rapporte Lucien, cette espèce de dialectique entre la mise à disposition des ressources pour qu'elles soient consultables et la nécessité d'interactions entre les enseignants pour favoriser l'exploitation de ces ressources n'a pas été complètement atteinte au sein de la communauté ; les enseignants n'ont pas réussi, faute de temps, à tenir les deux à la fois. D'où la mise en place, par Lucien, depuis deux ans, d'un nouvel outil, le wiki, conçu comme un espace qui accueille le travail collectif, mais aussi le travail individuel de chacun pour le rendre immédiatement accessible à celui qui voudrait se pencher dessus. Par la construction de ce wiki, Lucien avait pour objectif de rendre le travail collectif avec ses collègues plus rentable, plus efficace et plus fructueux comme en témoigne sa réponse : « *pour moi ça fait un travail en permanence c'est-à-dire comment on fait pour arriver à mutualiser efficacement [...], comment s'y prendre pour casser ce cercle vicieux où au final parce qu'on est dans l'urgence, parce qu'on va chacun refaire notre cours dans notre coin quoi [...], on travaille tous comme ça, et en gros on arrive pas à casser à la fin cette habitude dont on est prisonnier du travail individuel. Alors moi c'est pour ça que je suis rattaché à cette histoire du wiki parce que le wiki m'a semblé un outil pertinent pour essayer bah de briser ce cercle vicieux et mettre en place des mécanismes de collaboration efficaces* » (EG, annexe 6, phrase 84).

Cependant, le wiki est essentiellement renseigné par Lucien d'une manière volontariste. Il y met les comptes-rendus des réunions de la communauté ainsi que ses propres ressources à destination de ses collègues ; il leur envoie un mail pour les informer des traces qu'il a laissées sur le wiki et il leur fait un lien vers les pages alimentées. Sa collègue Pauline a aussi joué le jeu et le wiki a été également nourri par sa contribution individuelle, d'une part, et sa contribution collective avec Lucien à travers la co-production de ressources-filles, d'autre part. Toutefois, Lucien mentionne qu'il est actuellement en attente de refaire une nouvelle version du wiki qui permettra de mutualiser beaucoup plus de ressources et qui aidera ainsi ses collègues à s'approprier davantage cet outil. C'est pour cela qu'il a arrêté de solliciter ses collègues pour alimenter le wiki et de les relancer autant là-dessus.

Par ailleurs, Lucien a une conviction très forte quant à l'utilité du wiki pour le travail collectif et il essaie ainsi de « contaminer » ses collègues par cette conviction : *« j'ai la conviction que cet outil pourrait être utile et donc moi j'ai une conviction très forte, j'essaie de la faire partager aux collègues »* (EG, annexe 6, phrase 94). Il considère également le wiki comme une ressource personnelle pour son propre travail documentaire, c'est un *complément* de ses classeurs et de ses fichiers informatiques. Notons que nous avons identifié, à travers l'analyse de la RSSR (§ 5.1.1), que le wiki est considéré comme étant une ressource pour Lucien. Cependant, pour faire de cet outil un lieu de mutualisation et de réflexion propice au développement d'un travail collectif efficace, il faut, comme le mentionne Lucien, creuser les conditions favorables qui permettent de le faire vivre : le temps, c'est le temps pour apprendre à et avoir l'habitude de l'utiliser ; une dynamique du collectif suffisante et des réunions régulières ainsi qu'une conviction de son intérêt et de son utilité pour faire des efforts et le remettre en route. Par ailleurs, Lucien pointe une condition psychologique nécessaire à la mise en place d'un travail collectif : c'est la confiance qu'on a dans ce qu'on produit, qui est, bien entendu, une condition nécessaire pour proposer des ressources et initier donc un travail collectif.

D'après tout ce qui précède, nous pouvons mettre en évidence plusieurs constats : Lucien témoigne d'une volonté réelle de développer et de renforcer le travail collectif au sein de sa communauté du lycée, ce travail qu'il considère comme essentiel pour avancer et développer sa propre documentation. L'histoire de la création et de l'usage du wiki ne peut que refléter le rôle central joué par Lucien au sein de sa communauté en ce sens qu'il participe au développement d'outils de cette communauté. Le wiki est ainsi apparu pour répondre à des besoins liés aux *genèses* d'un travail collectif ; cela traduit bien l'intérêt fort de Lucien pour l'utilisation et le développement de ressources communes. On voit d'ailleurs qu'il essaie de « contaminer » ses collègues pour qu'ils partagent eux aussi cet intérêt et qu'il vise à instaurer ainsi une dynamique du collectif, une condition du développement d'un répertoire de ressources partagées et d'un travail collectif fructueux.

Impact des interactions collectives de Lucien au sein de cette communauté sur sa documentation

En nous basant sur l'entretien général, nous analysons ici l'impact des interactions collectives de Lucien, au sein de la communauté formée de ses collègues de SPC du lycée, sur sa propre documentation. Nous mettons également cette analyse en relation avec ce que nous avons inféré à travers l'analyse de la RSSR (§ 5.1.1) où apparaît aussi l'effet des échanges de Lucien avec ses collègues membres de cette communauté.

L'analyse de l'entretien général fait apparaître un intérêt fort de Lucien pour le travail collectif. Cet intérêt l'amène toujours à aller voir ce que font ses collègues et à maintenir un contact avec eux et une envie de travailler ensemble. C'est d'ailleurs cet intérêt qui l'a conduit, comme nous venons de le voir, à mettre en place le wiki. En effet, Lucien souligne la nécessité de savoir ce que produisent ses collègues et comment ils fonctionnent afin de fortifier ses échanges avec eux et d'entretenir ainsi le travail collectif : *« il faut que je sache ce qu'ils [ses collègues] font, il faut que j'arrive à comprendre comment ils fonctionnent pour pouvoir toujours conserver la possibilité de tous travailler ensemble [...] ». Je trouve le fait de toujours garder*

un contact vivant de qui fait quoi, comment ça se passe, c'est ça qui permette de maintenir une cohésion d'équipe et une possibilité de travailler ensemble » (EG, annexe 6, phrase 154). Il ajoute que dès que ce contact se perd, la tendance de l'enseignant à travailler tout seul dans son coin revient très forte et, de ce fait, il faut toujours, selon lui, se battre contre cette tendance. Cependant, cet intérêt vis-à-vis du travail collectif s'explique par le fait que Lucien perçoit son travail collectif avec ses collègues comme indispensable voire incontournable pour avoir un enseignement de meilleure qualité, plus efficace auprès des élèves et qui arrive à mieux les faire réussir. Il affirme que *« pouvoir mutualiser donc c'est être plus efficace »* (EG, annexe 6, phrase 140). Il considère d'ailleurs que son développement professionnel est en liaison étroite avec son travail collectif : *« parce que j'ai envie de changer mes pratiques, en termes de travail, de production, etc., moi j'ai la conviction que ça passe par un travail de mutualisation, c'est-à-dire je m'en sortirais jamais si je prétends tout faire tout seul, [...] c'est hors de portée d'une personne donc il faut mutualiser et pour mutualiser bah ça veut dire qu'on est capable de mutualiser des ressources »* (EG, annexe 6, phrase 80). Il précise aussi que quand il travaille avec ses collègues, il s'aperçoit qu'ils se motivent tous pour produire ensemble des ressources-filles et ils y prennent plus goût, ce qui n'est pas toujours le cas quand ils travaillent seuls, chacun dans son coin. Outre l'efficacité dans l'enseignement, un autre aspect lié à la motivation est donc engendré, selon lui, par le travail collectif.

Lucien relève également l'importance de l'apport de son travail collectif, au sein de la communauté de ses collègues de SPC du lycée, pour le développement de sa propre documentation : son travail collectif avec ses collègues lui permet de nourrir sa réflexion pédagogique générale et de partager des expériences d'enseignement et des idées de méthodes d'animation de la classe. Ceci a d'ailleurs été mis en évidence à travers l'analyse de la RSSR (§ 5.1.1) où nous avons repéré une réaction réversible entre les échanges de Lucien avec ses collègues et sa réflexion générale. Plus précisément encore, nous avons identifié à travers la RSSR que le travail collectif de Lucien au sein de cette communauté intervient au niveau de deux étapes du cycle de vie d'un document : la conception de ressources-filles et la révision de celles-ci après usage en classe. Nous avons aussi relevé une interférence, qui s'effectue au niveau des ressources, entre le système d'activité de Lucien au sein de cette communauté et son système d'activité au sein de la communauté de classe. Ainsi, le travail collectif de Lucien semble alimenter non seulement la conception de son enseignement, mais aussi sa réflexion générale ou, en d'autres mots, ses connaissances professionnelles.

En outre, Lucien souligne qu'en échangeant, en prenant du recul, et en confrontant ses idées et ses productions avec celles de ses collègues, il a envie et ressent le besoin d'évoluer sa pratique et arrive à avoir les idées assez claires pour le faire. Les effets de son travail collectif apparaissent aussi dans ce qu'il dit : *« en mutualisant, on gagne du temps et on arriverait à atteindre les objectifs qu'on se fixerait et en se confrontant tous ensemble eh ben on est plus intelligent et donc du coup on va faire évoluer nos conceptions pédagogiques, gagner plus de richesse et de complexité »* (EG, annexe 6, phrase 156). Bien que Lucien considère que les aspects collectifs de son travail documentaire soient coûteux en temps, il précise qu'ils pourraient le faire gagner du temps dans la mesure où il pourrait réutiliser le travail d'un autre collègue et se l'approprier. Mais cela suppose tout de même qu'il a déjà réussi à s'harmoniser avec ce

collègue en question, ce qui est arrivé de temps en temps, comme il le précise, avec sa collègue Pauline avec qui il échange souvent.

Ainsi, nous pouvons repérer que le travail collectif de Lucien a un rôle majeur dans l'évolution de son système documentaire : il fait évoluer ses connaissances professionnelles, enrichit sa réflexion ainsi que la conception de ses ressources-filles. D'ailleurs, ses interactions collectives sont reconnues, par lui, comme étant indispensables à l'évolution de sa pratique. Cela s'inscrit donc dans le cadre de son développement professionnel.

Synthèse de l'analyse des systèmes d'activité de Lucien

Le traitement des données révèle que Lucien interagit avec trois communautés professionnelles, parmi lesquelles deux impliquent ses collègues de l'établissement soit suivant un travail collectif « disciplinaire », soit suivant un travail collectif « pluridisciplinaire ». Dans le premier cas, ce sont ses collègues de SPC du lycée qui sont les membres de cette communauté. Dans le deuxième, ce sont ses collègues du lycée enseignant une autre discipline dans la même classe que lui, qui sont, en l'occurrence, les membres de cette communauté.

Nous avons dégagé un fort degré d'interactions qui apparaît entre Lucien et la communauté formée de ses collègues de SPC du lycée. En nous centrant sur le système d'activité de Lucien au sein de cette communauté, nous avons repéré des règles qui régissent ce système ainsi que des modalités d'intervention du travail collectif enseignant au niveau du cycle de vie d'un document. Nous avons aussi caractérisé le style de pensée porté par cette communauté comme étant « ouvert » au travail collectif. Au sein de ce système d'activité, Lucien échange avec ses collègues, co-construit des ressources-filles avec eux, observe leurs pratiques pour développer ses réflexions. Ceci manifeste d'ailleurs une volonté permanente de Lucien de se former et de se construire et une ouverture au travail des autres. Nous avons pu identifier que le système de ressources de Lucien et ceux de ses collègues sont en interaction, une diffusion de ressources d'un système de ressources à un autre témoignant d'une profonde interpénétration de l'un dans l'autre semble porter ses fruits : c'est ce que nous désignons par une *osmose* entre le système de ressources de Lucien et ceux de ses collègues. Cette osmose se caractérise de fait par une mutualisation et une co-production de ressources-filles ; elle est tout particulièrement visible entre le système de ressources de Lucien et celui de sa collègue Pauline. Nous avons, en effet, relevé que les échanges de Lucien avec ses collègues, en particulier avec Pauline, semblent constituer un appui pour la conception et la mise en œuvre de ses ressources-filles.

5.1.3. Analyse d'une étape du cycle de vie d'un document : la conception par Lucien de ressource-fille fondée sur les DI

Il s'agit dans cette partie d'analyser une étape du cycle de vie d'un document, à savoir la conception, par Lucien, d'une ressource-fille basée sur les DI. Bien entendu, l'analyse de cette étape suppose d'examiner aussi les deux étapes précédentes de ce cycle : la recherche de ressources, la sélection et mise au travail des ressources. Pour mener cette analyse, nous exploitons l'entretien précédant l'observation de la ressource-fille en classe (EPO) (dont la

transcription se trouve dans l'annexe 7), le wiki qui a également servi comme une trace pour les échanges de Lucien avec sa collègue Pauline en vue de concevoir la ressource-fille. Nous procédons aussi à l'analyse du journal de bord de Lucien ainsi qu'à l'analyse de la RSSR et de la RSTC que Lucien a retouchées au cours de l'entretien précédant l'observation de classe. Il convient de noter que nous nous attachons à croiser, au fur et à mesure de notre analyse, les données recueillies de ces différents outils méthodologiques.

Cependant, il nous semble primordial, avant de retracer la conception par Lucien d'une ressource-fille basée sur les DI, de préciser comment Lucien définit et pense les DI. En effet, nous considérons que la manière dont Lucien envisage les DI influe sur la conception et la mise en œuvre de sa ressource-fille, c'est pourquoi nous abordons, dans un premier temps, la définition des DI donnée par Lucien et la façon dont il caractérise les aspects essentiels de ces démarches. Dans un second temps, nous décrivons les ressources-mères que Lucien a mobilisées dans le but de concevoir sa ressource-fille basée sur les DI. Nous continuons par l'analyse des interactions collectives de Lucien avec sa collègue Pauline qui ont accompagné et soutenu la conception et la mise en œuvre de cette ressource-fille. Nous explicitons ensuite comment la ressource-fille observée en classe est le résultat de l'interférence, au niveau des ressources, des systèmes d'activité de Lucien.

Que pense Lucien des DI ?

Nous présentons ici la façon dont Lucien définit et pense les DI⁴¹, et ce en exploitant l'entretien précédant l'observation de classe (EPO) que nous avons mené avec lui. Rappelons que les données issues de cet entretien correspondent au moment de la première année de suivi de Lucien.

L'analyse des données de l'entretien révèle que Lucien associe les DI à une démarche hypothético-déductive où les élèves formulent et testent leurs hypothèses au moyen d'expériences qu'ils mettent en œuvre, comme en témoigne sa réponse : *« c'est un problème qui est posé aux élèves, les élèves doivent chercher une solution à ce problème, je dirais en tâtonnant, en groupe, en confrontant leurs points de vue, en faisant une synthèse collective, en formulant des hypothèses et en testant ces hypothèses avec des expériences par exemple qu'ils auraient à concevoir. Voilà ça serait ça démarche d'investigation et que tout ça met en jeu des connaissances, 'fin permettant d'introduire des connaissances que le prof pourrait formaliser à la fin, tirant le bilan un peu de la séquence »* (EPO, annexe 7, phrase 120). Lucien met également l'accent sur la mise en activité des élèves et leur responsabilité dans la construction de leurs savoirs au cours des DI, tout en insistant beaucoup sur la dimension collective de l'apprentissage à travers la confrontation entre pairs : *« le travail des élèves doit être de leur fait c'est-à-dire qu'ils doivent être acteurs pour se poser le problème, et chercher des réponses et que ce travail là il doit se faire en confrontation entre les pairs c'est-à-dire que les élèves doivent pouvoir se discuter entre eux, voir qu'ils sont pas d'accord, voir qu'ils ont pas les mêmes réponses »* (EPO, annexe 7, phrase 126).

⁴¹ Il convient de rappeler que ce que nous avons présenté dans le chapitre 4, en particulier ce qui relève de la façon dont Lucien pense et définit les DI d'après ses réponses au questionnaire, correspond au moment de sa deuxième année de suivi (l'enquête étant lancée en 2011). D'où l'intérêt dans cette partie de voir ce que représentent les DI pour Lucien.

Ainsi, nous retenons que, pour Lucien, au cours de la mise en place des DI, les élèves exercent une responsabilité importante vis-à-vis de la construction de leurs connaissances ; cette construction qui n'est pas du tout, selon lui, à caractère individuel, mais toujours adossée à une réflexion collective entre les élèves. Soulignons que la façon dont Lucien pense les DI rejoint le point de vue institutionnel illustré dans les programmes scolaires (§ 1.2) dans la mesure où c'est le modèle hypothético-déductif qui semble constituer, pour lui, la référence première et où la dimension expérimentale, pour mettre à l'épreuve les hypothèses, apparaît centrale.

Ressources-mères mobilisées

Pour concevoir et mettre en œuvre un enseignement portant sur le thème de la quantité de matière en classe de seconde, Lucien a développé une *ressource-fille* qui consiste en un TP fondé sur des DI. Pour préparer cette ressource-fille, Lucien a eu d'emblée recours à des ressources-mères de diverses natures : ses ressources anciennes (ses archives) et des *ressources socioculturelles* qui se traduisent par des échanges et des discussions avec sa collègue du lycée, Pauline. Cela apparaît clairement dans ce qu'il dit : « *bon pour ce TP en particulier concrètement la seule ressource c'est une discussion avec Pauline qui m'a alors aidé à trouver la situation expérimentale que je voulais mettre dans ce TP. Et puis comme ressource on peut prendre tout ce que j'ai fait les années précédentes quoi, c'est-à-dire que les TP que j'ai fait les années précédentes m'ont servi de ressources. Alors un peu comme contre exemple concrètement pour ce TP là je n'ai pas repris des choses que j'avais déjà fait, c'est quelque chose de nouveau, mais 'fin je l'ai construit en tirant le bilan de ce que j'avais déjà fait, donc quelque part j'ai réutilisé mes productions des années précédentes* » (EPO, annexe 7, phrase 12). Cette démarche de conception recoupe, en effet, les inférences que nous avons précédemment relevées à travers l'analyse de l'entretien général et de la RSSR de Lucien (§ 5.1.1) dans la mesure où ses ressources anciennes découlant de son expérience professionnelle et ses échanges avec ses collègues du lycée constituent ses principales ressources. Cependant, Lucien n'a pas construit cette ressource-fille en recyclant et en adaptant d'autres ressources-mères. De fait, cette ressource-fille est tout à fait une nouvelle ressource qui vient s'intégrer dans son système de ressources.

Nous explicitons, dans ce qui suit, les interactions collectives de Lucien avec Pauline qui ont abouti à l'élaboration de cette ressource-fille basée sur les DI.

Interactions collectives de Lucien avec Pauline

Nous présentons dans cette partie les interactions collectives de Lucien au sein de son système d'activité impliquant la communauté de ses collègues de SPC du lycée, et plus particulièrement sa collègue Pauline. Nous commençons par une analyse croisée de l'entretien précédant l'observation de classe et du wiki. Nous poursuivons ensuite par une analyse du journal de bord, d'une part, et par une analyse de la RSTC retouchée, d'autre part. Notons que, tout au long de la présentation de l'analyse des données issues de ces différents outils méthodologiques, nous nous intéressons, suivant le principe de triangulation, à mettre en relation et à croiser les diverses données collectées et analysées.

Analyse croisée de l'entretien précédant l'observation de classe et du wiki

Nous nous centrons ici sur l'analyse croisée de l'entretien précédant l'observation de classe et du wiki qui reflète des traces d'interactions collectives entre Lucien et Pauline.

A partir de l'analyse de l'entretien général, de la RSSR (§ 5.1.1) et de la RSTC (§ 5.1.2), nous avons constaté que le travail documentaire de Lucien est très influencé par son travail collectif au sein de la communauté formée de ses collègues de SPC du lycée. Nous avons également inféré une *osmose* entre son système de ressources et ceux de ses collègues, en particulier celui de sa collègue Pauline avec qui il collabore souvent. Cette osmose repérée entre les systèmes de ressources de Lucien et Pauline semble, en effet, porter ses fruits à travers une co-production d'une ressource-fille s'inscrivant dans la perspective de DI et portant sur l'enseignement du thème de la quantité de matière.

Un travail collectif entre Lucien et Pauline a été mis en place et initié par une réunion au laboratoire pour décider ensemble les règles de fonctionnement (ce qu'ils vont concevoir, comment ils vont s'y prendre). Le wiki, en tant qu'outil au sein du système d'activité de Lucien impliquant sa collègue Pauline (§ 5.1.2), a servi pour garder une trace de leurs discussions et de leurs réflexions émanant de cette réunion. En effet, nous avons suivi à travers le wiki (dans la rubrique « ressources seconde », partie « bilan de matière ») les traces du travail collectif de Lucien et Pauline et les idées qu'ils ont discutées ensemble lors de leur réunion de travail (voir **Tableau 26**).

Bilan de matière <i>Lucien et Pauline mai juin 2010</i>
<u>Organisation du cours</u> - fiches résumé de cours distribuées au fur à mesure - compil activités et consignes pour travail autonome - succession TP "situations problème pour donner du sens aux notions" et formation aux techniques expérimentales utilisant la verrerie de précision. - objectifs différenciés S / base. <u>Progression générale</u> • TP comment mesurer "la même quantité" pour que tout réagisse ? (Lucien) • TP compter les atomes (Pauline) • Cours "calculs de moles" - avec l'activité schtroumpf et bouteille bleue (Lucien et Pauline) • TP concentration, dissolution et dilution (?) • Cours solution, dissolution, dilution - activités pour comprendre les concepts + calculs simples concentration massique (base) / méthodes de calculs avec moles objectif S • TP bilan de matière (introduction de la notion de stœchiométrie pour obj S ?) ???

- Cours bilan de matière (à deux niveaux - obj S et base)
- Cours volume molaire des gaz (obj S)

Résumé séances et documents à produire

TP "la même quantité pour que tout réagisse"

Le TP

- Réaction support : $\text{NaOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{NaCl}$ avec indicateur coloré
- Protocole : pastilles de soude (masse à peser) dissoutes dans 50 mL d'eau et solution de HCl à ? g/L.
- Problème : volume de HCl à utiliser pour que tout réagisse et masse de NaCl formé.

Démarche

- tentative pour déterminer THEORIQUEMENT les "quantités" à mélanger. Même volume ? Même masse ? Même nbre de molécules mais on ne sait pas calculer ?
- Déterminer EXPERIMENTALEMENT le bon mélange et les volumes de solution à mélanger. Protocole à concevoir pour avoir de bonnes mesures. Calcul de masses mélangées.
- Confrontation prévisions théorique et résultat expérimental. Exploitation des résultats : calcul nombre de molécules à partir des masses précédentes et des masses atomiques (obj S).

Cours Schtroumpfs et bouteille bleue : la mole

Reprendre notre classique TP et l'adapter pour un cours.

Travail en groupes pour arriver à faire le travail. Les deux groupes les plus rapides font le protocole. Mais /\ il faut que chacun des élèves du groupe soit capable d'expliquer les raisonnements ! => travail collaboratif.

A suivre ...

Tableau 26. Trace du travail collectif de Lucien et Pauline déposée sur le wiki, année n

Ce tableau est révélateur du travail collectif de Lucien avec Pauline quant à la conception d'une séquence d'enseignement relative au thème de la quantité de matière, il reflète une réflexion un peu globale sur la manière dont ils envisagent d'aborder ce thème. Nous remarquons que Lucien et Pauline ont travaillé ensemble pour élaborer l'organisation de leurs cours, la progression de leur enseignement de la quantité de matière, ainsi que les ressources-filles se rapportant à cette partie. Parmi ces ressources-filles, nous portons une attention spécifique au TP intitulé « la même quantité pour que tout réagisse » ou « bilan de matière » (tel qu'il est nommé dans la ressource-fille de Lucien, voir Annexe 8), étant donné que c'est le TP que nous avons observé en classe. Concernant l'organisation du cours, nous repérons que Lucien et Pauline ont conçu les ressources-filles comme s'inscrivant dans le cadre d'un

travail autonome des élèves à travers des situations-problèmes afin de donner du sens aux notions visées. Par situation-problème, Lucien entend : « *situation-problème bah ça veut dire que c'est en gros, c'est on pose un problème aux élèves, on formule, on fait en sorte qu'ils se le posent eux mêmes et que pour y répondre, ils sont obligés de mobiliser leurs conceptions, leurs connaissances, de voir éventuellement les limites qu'elles ont, de voir ce qu'ils peuvent avoir d'erronées ou d'inappropriées, et du coup de développer de nouvelles connaissances, de nouvelles conceptions, voilà, c'est ça l'idée de situation-problème. C'est une tâche à résoudre qui nécessite la mobilisation de connaissances et donc leur construction, leur utilisation* » (EPO, annexe 7, phrase 22). Ainsi, l'autonomie des élèves dans la construction de leur savoir est l'aspect qui a présidé à la construction des ressources-filles. En outre, à travers ce travail collectif, nous repérons un principe qui semble orienter la conception et la mise en œuvre des ressources-filles et qui réside dans l'adaptation des objectifs d'apprentissage en fonction du niveau des élèves. En effet, suivant ce principe, les objectifs d'enseignement, tels qu'ils apparaissent sur le wiki (voir **Tableau 26**, supra), diffèrent selon l'orientation des élèves, scientifique (noté « obj S » sur la trace du wiki) ou non scientifique (noté « base ») ; les élèves n'auront donc pas forcément à apprendre le même contenu ou à réaliser les mêmes tâches. Plus précisément encore, nous considérons que ce principe fonde le *style de pensée* (métarègles) qui est partagé par Lucien et sa collègue et qui repose sur la nécessité d'adapter la situation d'apprentissage à la spécificité des élèves, et donc à leurs capacités et à leurs niveaux.

Par ailleurs, le travail collectif entre Lucien et Pauline a conduit à l'élaboration du TP intitulé « bilan de matière » destiné à l'enseignement expérimental de la quantité de matière au moyen de DI. C'est sa collègue Pauline qui lui a donné l'idée et l'a aidé à trouver la situation expérimentale du TP, à savoir la réaction de neutralisation de l'acide chlorhydrique (HCl) par une base (l'hydroxyde de sodium NaOH), comme en témoignent, à plusieurs reprises, ses réponses : « *je cherchais cette situation expérimentale qui se prête justement à poser le problème de comment faire pour que tout réagisse et que les situations expérimentales qu'on utilisait les années précédentes elles avaient toutes des défauts : la réaction vinaigre + bicarbonate elle est lente, elle n'est jamais vraiment totale, il faut attendre du temps, le cuivre + l'hydroxyde de soude, bah c'est une stœchiométrie particulière et on arrive jamais à savoir trop qui est en excès, qui est en défaut, on a passé quelques autres en vue comme ça et on ne trouvait pas et c'est là que Pauline m'a dit bah que peut être on pourrait faire simplement l'acide + une base avec l'indicateur coloré et c'est ce que j'ai repris* » (EPO, annexe 7, phrase 84) ; « *celle-ci c'est une situation que j'ai cherchée depuis plusieurs années et que c'est grâce à Pauline que j'ai trouvé* » (EPO, annexe 7, phrase 62) ; « *en fait ce TP là dont l'idée me venait, alors c'est la première année que je le fais comme ça, l'idée m'est venue avec une discussion avec Pauline* » (EPO, annexe 7, phrase 28). Ainsi, nous pouvons inférer que le travail collectif de Lucien avec Pauline engendre un développement des connaissances professionnelles de Lucien, et plus particulièrement de ses PCK concernant les connaissances des stratégies d'enseignement et des activités spécifiques qui sont utiles et susceptibles d'être mises en place afin d'aider les élèves à comprendre le concept de la quantité de matière. Nous proposons de formuler cette PCK/stratégie de la façon suivante : « *l'enseignant sait que pour aider les élèves à comprendre la notion de quantité de matière, il est intéressant de faire une neutralisation acido-basique entre l'acide chlorhydrique et l'hydroxyde de sodium* ».

En effet, le problème chimique que Lucien et Pauline ont posé consiste, comme le montre la trace du wiki (voir **Tableau 26**, supra), à déterminer le volume de la solution d'acide à verser pour que tout réagisse. Lucien et sa collègue ont proposé deux démarches pour la résolution du problème. La première démarche correspond à une démarche théorique qui consiste à envisager trois hypothèses (H) : pour que tout réagisse, il faut le même volume de la solution de soude et d'acide (H1), ou la même masse des deux solutions (H2), ou le même nombre de molécules (H3). L'autre démarche correspond à une approche expérimentale où les élèves conçoivent un protocole pour déterminer le volume de la solution d'acide à verser. Une confrontation entre les deux approches théorique et expérimentale est aussi envisagée par Lucien et sa collègue. Nous pouvons ainsi en inférer le développement d'une PCK/stratégie de Lucien induit par son travail collectif avec Pauline. Nous formulons cette PCK/stratégie comme ceci : « l'enseignant sait que pour aborder la notion de la quantité de matière à travers une neutralisation, il est intéressant de faire travailler les élèves sur une démarche théorique et une autre expérimentale ». Poursuivant, pour cette ressource-fille, le même principe que nous venons d'avancer comme formant le style de pensée partagé par Lucien et Pauline, ces derniers ont choisi de restreindre le calcul de la quantité de matière des deux solutions acide et basique aux élèves dont le profil correspond à un niveau scientifique (les élèves qui envisagent une première scientifique). De ce fait, ils se proposent d'adapter la situation au niveau des élèves. Ceci est d'ailleurs corroboré par les déclarations de Lucien au cours de l'entretien précédant l'observation de classe : *« l'idée c'est qu'ils [les élèves] ne vont pas tous faire la même quantité de choses, que certains font tout, d'autres ne feront qu'une partie (EPO, annexe 7, phrase 147) ; « le critère c'est, en gros c'est l'orientation choisie, c'est-à-dire qu'on a déjà en classe, ça fait déjà longtemps qu'on explique que ceux qui vont aller en S et ce qui vont pas aller en S n'ont pas forcément la même chose à apprendre, et puis c'est je dirai on essaye de voir, 'fin l'idéal ce qu'on aimerait arriver à faire c'est à choisir le niveau de difficulté adapté à là où en est l'élève pour que ça soit un obstacle pour lui, mais un obstacle qu'il arrive à franchir d'une manière satisfaisante » (EPO, annexe 7, phrase 149).* Donc ceci renforce bien l'idée d'un style de pensée porté par Lucien et sa collègue et qui consiste à ajuster la situation d'apprentissage en fonction des capacités des élèves et des difficultés qu'ils rencontrent.

Ainsi, à partir d'une analyse croisée de l'entretien précédant l'observation de classe et du wiki, nous déduisons qu'à travers le travail collectif, des connaissances professionnelles de Lucien et en particulier des PCK/stratégie sont produites. Le travail collectif semble donc générer une évolution des PCK de Lucien. En outre, nous avons mis en évidence une caractéristique du style de pensée de Lucien et Pauline qui opte pour une adaptation de la situation d'apprentissage à la spécificité des élèves et à leurs capacités d'apprentissage. Nous avons également relevé que la ressource-fille développée par Lucien et Pauline s'inscrit dans la perspective d'un travail autonome des élèves, ce qui va alors dans le sens des DI.

Analyse du journal de bord

Nous présentons ici l'analyse d'une partie du journal de bord de Lucien qui met l'accent sur ses interactions collectives avec sa collègue Pauline. Cette analyse est mise en relation avec celle qui vient de la précéder dans le but de parvenir à retracer, le plus possible, les

interactions collectives de Lucien qui ont amené à la conception de la ressource-fille basée sur les DI.

Ce que nous avons inféré de la trace du wiki et de l'entretien portant sur la préparation de la ressource-fille correspond à ce que Lucien a noté dans son journal de bord. Celui-ci dévoile des interactions collectives de Lucien avec Pauline en vue de concevoir la ressource-fille (voir **Tableau 27**)

Date et lieu du recours aux ressources (doc papier, web, réunion, discussion collègue...)	Ressources utilisées	Durée de l'utilisation des ressources	Source de la ressource (répertoire personnel, web, collègues, autres)	Objectif du recours à la ressource, le cas échéant
26/04	Discussion avec Pauline	½ h		commencer à réfléchir à cette partie, définir nos objectifs généraux

La ressource donne lieu à une production. Quoi ?	Archivage (où ?)	Production individuelle/collective (avec qui ?)	Lieu de la production
notes sur une feuille volante	Pochette de travail		au lycée

Date et lieu du recours aux ressources (doc papier, web, réunion, discussion collègue...)	Ressources utilisées	Durée de l'utilisation des ressources	Source de la ressource (répertoire personnel, web, collègues, autres)	Objectif du recours à la ressource, le cas échéant
07/05	Discussion avec Pauline	1h		préciser les progressions possibles et choisir une transformation chimique intéressante

La ressource donne lieu à une production. Quoi ?	Archivage (où ?)	Production individuelle/collective (avec qui ?)	Lieu de la production
Notes sur une feuille volante : - idée de transformation chimique : acide+base avec indicateur coloré - piste pour une progression	Pochette de travail	Individuelle	lycée

Partage de la ressource (avec qui, comment, à quel moment : après l'avoir rencontrée, retravaillée ou mise en œuvre)	Retours sur la ressource échangée (comment, à quel moment : après l'envoi ou la présentation de la ressource à d'autres, sa modification par d'autres ou sa mise en œuvre par d'autres)	Effets des retours sur la ressource	Commentaires
Sur le wiki	Travail de mise en forme et enrichissement des notes	Plus complète	

Tableau 27. Extrait 1 du journal de bord de Lucien

A travers cet extrait du journal de bord, nous repérons que le travail collectif intervient d'abord au moment de la recherche de ressources, une étape du cycle de vie d'un document. En effet, Lucien note qu'il a discuté avec Pauline pour commencer à réfléchir et à définir ensemble leurs objectifs généraux par rapport à la partie portant sur l'enseignement du thème de la quantité de matière. En outre, l'analyse du journal de bord confirme que le travail collectif de Lucien avec Pauline intervient au moment d'une autre étape du cycle de vie d'un document, à savoir la conception d'une ressource-fille (le TP « bilan de matière »). Plus précisément encore, les données renseignées dans le journal de bord appuient davantage l'idée que c'est Pauline qui a aidé Lucien à choisir une transformation chimique acido-basique avec l'emploi d'un indicateur coloré et à envisager également une piste possible de la progression de son enseignement relatif à la quantité de matière. D'ailleurs, l'analyse du journal de bord montre que les interactions collectives de Lucien se font essentiellement avec Pauline : sur onze jours de travail documentaire de Lucien impliquant des interactions collectives visant la conception de la ressource-fille que nous avons observée en classe, nous repérons trois *interactions synchrones* et six *interactions asynchrones* (§ 2.4.4) avec Pauline. En outre, l'analyse du journal de bord corrobore la nature des ressources-mères mobilisées par Lucien pour la conception de la ressource-fille en question.

Ainsi, l'analyse du journal de bord, croisée avec les données précédentes issues de l'entretien et du wiki, vient appuyer nos résultats quant à l'impact du travail collectif de Lucien sur le cycle de vie d'un document, et plus globalement sur le système de ressources de Lucien. Celui-ci semble fortement nourri par le travail collectif et les interactions, tant synchrones qu'asynchrones, de Lucien.

Analyse de la RSTC retouchée

Nous présentons ici notre analyse de la RSTC que Lucien a retouchée au cours de l'entretien précédant l'observation de classe afin de décrire ses interactions collectives avec ses collègues pour la préparation du TP « bilan de matière » fondé sur les DI. Suivant le principe de triangulation de données que nous avons adopté, nous croisons cette analyse avec les données précédentes.

Les résultats de l'analyse de l'entretien avant l'observation de classe, du wiki et du journal de bord sont, en effet, corroborés par l'analyse de la RSTC retouchée (voir **Figure 44**).

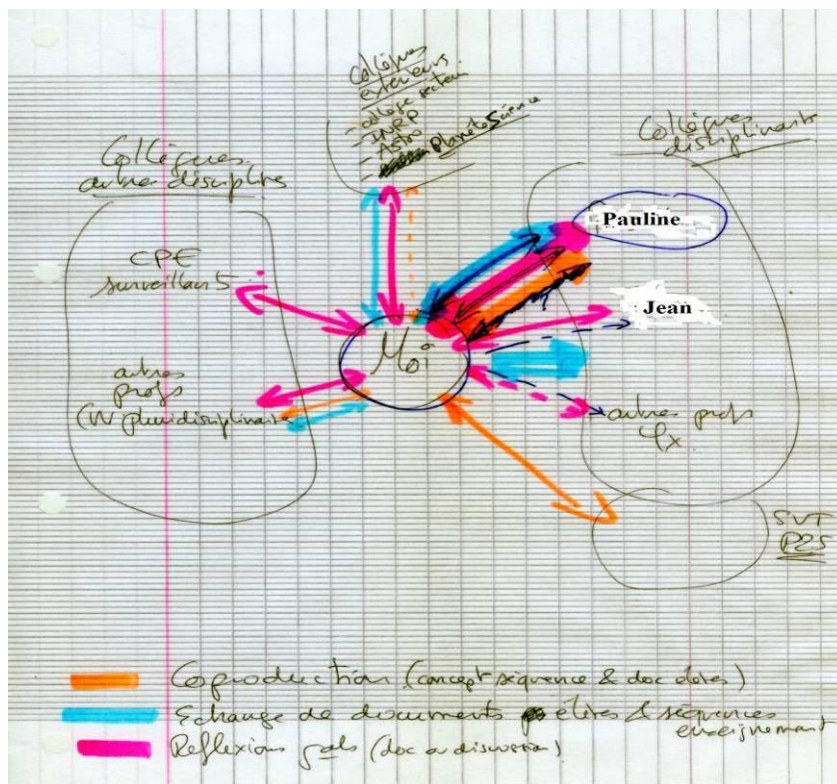


Figure 44. RSTC retouchée de Lucien, année n

On voit dans cette représentation schématique que la communauté concernée par ce travail collectif est celle formée de ses collègues de SPC du lycée, et plus particulièrement sa collègue Pauline. Nous repérons les trois formes du travail collectif entre Lucien et Pauline : la co-production, l'échange de ressources, et la réflexion générale qui relève surtout de la discussion sur le travail des élèves et de la mise en œuvre des séances de TP. Par rapport aux autres collègues du lycée, les échanges étaient plutôt de l'ordre de la réflexion générale, comme en témoignent les propos de Lucien : « Avec les autres profs [professeurs] de physique, on peut dire que je leur ai raconté ce que j'ai fait en leur disant que j'avais trouvé une situation que j'ai trouvée intéressante. Voilà, je leur ai dit j'ai trouvé un truc bien en chimie, je leur ai raconté, je leur ai dit bah il faudra qu'on garde ça pour l'année prochaine peut être, c'est tout » (EPO, annexe 7, phrase 110). Par conséquent, cette RSTC donne à voir les modalités du travail collectif de Lucien pour l'élaboration de son TP fondé sur les DI.

Ainsi, nous avons mis en évidence dans l'ensemble de cette partie, en croisant des données provenant de l'analyse de l'entretien précédant l'observation de classe, du wiki, du journal de bord et de la RSTC retouchée, les interactions collectives de Lucien avec sa collègue Pauline qui ont entraîné et favorisé la conception d'une ressource-fille fondée sur les DI. Il apparaît que le travail collectif de Lucien constitue un appui pour l'élaboration de ressource-fille dans la perspective de DI et induit aussi un développement de ses PCK.

La ressource-fille observée en classe : résultat de l'interférence des systèmes d'activité de Lucien au niveau des ressources

Nous explicitons dans cette partie, comment la ressource-fille, basée sur les DI, que nous avons observée en classe et qui a été co-produite par Lucien et Pauline, résulte de l'interférence, au niveau des ressources, des systèmes d'activité de Lucien. Pour ce faire, nous nous appuyons sur des données issues de l'entretien précédant l'observation de classe, du journal de bord et de la RSSR que Lucien a retouchée au cours de cet entretien.

Dans un premier temps, nous débutons par la présentation des résultats qui ressortent de l'analyse croisée de l'entretien avant l'observation de classe et du journal de bord. Nous continuons, dans un deuxième temps, par l'analyse de la RSSR retouchée. Nous tâchons, comme nous l'avons précisé auparavant, de présenter ces données tout en montrant leur articulation.

Analyse croisée de l'entretien précédant l'observation de classe et du journal de bord

Nous détaillons ici le processus qui a accompagné la conception de la ressource-fille fondée sur les DI. Nous exploitons et nous croisons des données provenant de l'analyse de l'entretien précédant l'observation de classe et de l'analyse du journal de bord renseigné par Lucien.

Le TP « bilan de matière » que Lucien et Pauline ont conçu a débouché sur une séquence de trois séances de TP, non prévues toutes au départ. Cela apparaît clairement dans les propos de Lucien : *« en fait ce TP là dont l'idée me venait alors, c'est la première année que je le fais comme ça, l'idée m'est venue avec une discussion avec Pauline, donc je voulais commencer mon cours là-dessus, et je me suis aperçu en le faisant à la fois toute la richesse de la situation expérimentale et que j'avais beaucoup de mal à épuiser cette richesse là sur une seule séance de TP. Donc en fait concrètement ce qui s'est passé c'est dans ce chapitre j'ai fait trois TP, 'fin non j'en ai déjà fait deux avant et je vais faire un troisième sur lequel tu vas venir et ces TP c'est les mêmes, 'fin c'est-à-dire c'est les mêmes, c'est toujours comment mesurer la même quantité pour que tout réagisse sur la même expérience, la réaction de l'acide avec une base »* (EPO, annexe 7, phrase 28). En effet, Lucien avait envisagé de faire au départ ce TP sur deux séances : la première séance consiste à poser le problème de la neutralisation de l'acide par une base et à réactiver et réinvestir les connaissances sur la transformation chimique que les élèves ont apprises en début d'année (identification des espèces chimiques présentes à l'état initial et final, équation bilan de la réaction chimique, réactifs en excès ou en défaut). Cette séance conclut sur la possibilité d'obtenir de l'eau salée, mais à condition qu'il ne reste aucun des réactifs (aucun des réactifs ne doit être en excès). La deuxième séance de TP reprend cette conclusion en posant le problème des mélanges stœchiométriques. Les deux approches théorique et expérimentale sont alors proposées aux élèves : ceux-ci déterminent par calcul le volume de la solution d'acide à verser (démarche théorique), puis ils font une expérience qui permet de mesurer le volume de la solution d'acide à verser (démarche expérimentale). Ils confrontent ensuite les résultats issus des deux démarches. Au cours de cette séance, Lucien retient la difficulté des élèves à comprendre la différence entre la démarche expérimentale et la

démarche théorique, à appréhender la précision des mesures en chimie, à faire les calculs correspondants, à savoir le sens derrière le résultat qu'ils obtenaient, à avoir donc une vision un peu globale du problème et à répondre à la question posée. De ce fait, Lucien a développé des PCK/compréhension des élèves, en particulier des PCK/difficulté que nous formulons de la façon suivante : « l'enseignant sait que les élèves ont du mal à distinguer entre la démarche expérimentale et la démarche théorique du problème de la neutralisation de l'acide chlorhydrique par la soude » ; « l'enseignant sait que le calcul de la quantité de matière est problématique pour les élèves ». Ces PCK que nous avons inférées sont, de fait, étayées par les propos de Lucien : *« je me suis aperçu qu'il y a des élèves qui avaient beaucoup de mal à comprendre c'était quoi la différence entre l'expérience, fin la démarche expérimentale et la démarche théorique, que en fait les types de calcul qu'on leur demande, faire des produits en croix avec les histoires de concentrations massiques, ils se perdent là dans, fin il y avait des calculs dont ils avaient du mal, les produits en croix avec tout ce qui leur venait sous la main comme grandeur, mais ils avaient énormément de difficultés à savoir quel sens ça avait le résultat qu'ils obtenaient, qu'est-ce qu'ils avaient calculé »* (EPO, annexe 7, phrase 54).

Par ailleurs, la mise en œuvre des deux séances de TP, le retour des élèves et leurs difficultés ont été l'objet de discussions entre Lucien et sa collègue Pauline. En effet, à la suite de ces deux séances, Lucien a échangé avec Pauline à propos des réactions et des raisonnements des élèves tant au niveau expérimental que théorique ; il lui a expliqué alors ce qui s'est passé en classe ; ils ont ainsi discuté du travail des élèves et ils ont réfléchi ensemble là-dessus. Les interactions collectives de Lucien avec Pauline l'ont ensuite amené à reprendre, dans une troisième séance, l'idée du même problème abordé, mais cette fois-ci en changeant les concentrations des réactifs. Ceci, qui a été évoqué par Lucien au cours de l'entretien précédant l'observation de classe, a été d'ailleurs confirmé à travers ce que Lucien a noté dans son journal de bord (voir **Tableau 28**). L'analyse du journal de bord appuie davantage le résultat quant à l'intervention du travail collectif de Lucien au niveau d'une étape du cycle de vie d'un document, à savoir la révision de la ressource-fille après usage en classe pour la nourrir des effets observés. En outre, le croisement de l'analyse du journal de bord et de celle de l'entretien avant l'observation de classe vient renforcer nos inférences (§ 5.1.2) quant à une règle qui régit les interactions de Lucien au sein de la communauté de ses collègues de SPC du lycée : il s'agit de la discussion sur le travail des élèves après la mise en œuvre de la ressource-fille.

Date et lieu du recours aux ressources (doc papier, web, réunion, discussion collègue...)	Ressources utilisées	Durée de l'utilisation des ressources	Source de la ressource (répertoire personnel, web, collègues, autres)	Objectif du recours à la ressource, le cas échéant
17/05	notes sur le déroulement du TP	10'	sur feuille volante	Noter les informations importantes pour reprendre ensuite ce TP.

Date et lieu du recours aux ressources (doc papier, web, réunion, discussion collègue...)	Ressources utilisées	Durée de l'utilisation des ressources	Source de la ressource (répertoire personnel, web, collègues, autres)	Objectif du recours à la ressource, le cas échéant
18/05	Discussion avec Pauline	1/2h		Échanger sur activités en classe et bilan de mon TP

Date et lieu du recours aux ressources (doc papier, web, réunion, discussion collègue...)	Ressources utilisées	Durée de l'utilisation des ressources	Source de la ressource (répertoire personnel, web, collègues, autres)	Objectif du recours à la ressource, le cas échéant
23/05	réflexion sur la suite	1/2h		comment reprendre TP « bilan de matière » notes sur feuille volante – notes prises en TP

Tableau 28. *Extrait 2 du journal de bord de Lucien*

D'après tout ce qui précède, nous inférons que le TP « bilan de matière » (troisième séance) que nous avons observé en classe n'est autre que le résultat de l'interférence, au niveau des ressources, entre le système d'activité de Lucien avec Pauline et son système d'activité au sein de la communauté de classe (voir **Figure 45**) : comme nous l'avons déjà montré, Lucien a co-produit avec Pauline une ressource-fille, le TP « bilan de matière » (prévu initialement sur deux séances). Cette ressource-fille, résultat du système d'activité de Lucien avec Pauline, s'est intégrée en tant qu'outil mobilisé avec d'autres, dans le système d'activité de Lucien impliquant la communauté de classe et dont l'objet est orienté vers la mise en œuvre de cette ressource-fille. Ce qui ressort comme résultat de ce système d'activité est le retour élève que Lucien a discuté, comme nous venons de le rapporter, avec sa collègue Pauline au sein d'un autre système d'activité dirigé vers la révision de la ressource-fille après sa mise en œuvre en classe ; ce retour élève apparaît ainsi sous forme d'une autre entité dans ce système, notamment sous forme d'un outil. Nous avons également mis en évidence que les interactions collectives de Lucien au sein de ce système ont abouti à une troisième séance du TP « bilan de matière ». Celle-ci émerge donc comme un résultat de ce système d'activité ; ce résultat sera intégré comme un outil dans le système d'activité de Lucien au sein de la communauté de classe. Il apparaît de fait que cette interférence repérée entre le système d'activité de Lucien avec Pauline et son système d'activité en classe entraîne un effet producteur de ressources, mais aussi de connaissances professionnelles de Lucien, notamment de ses PCK.

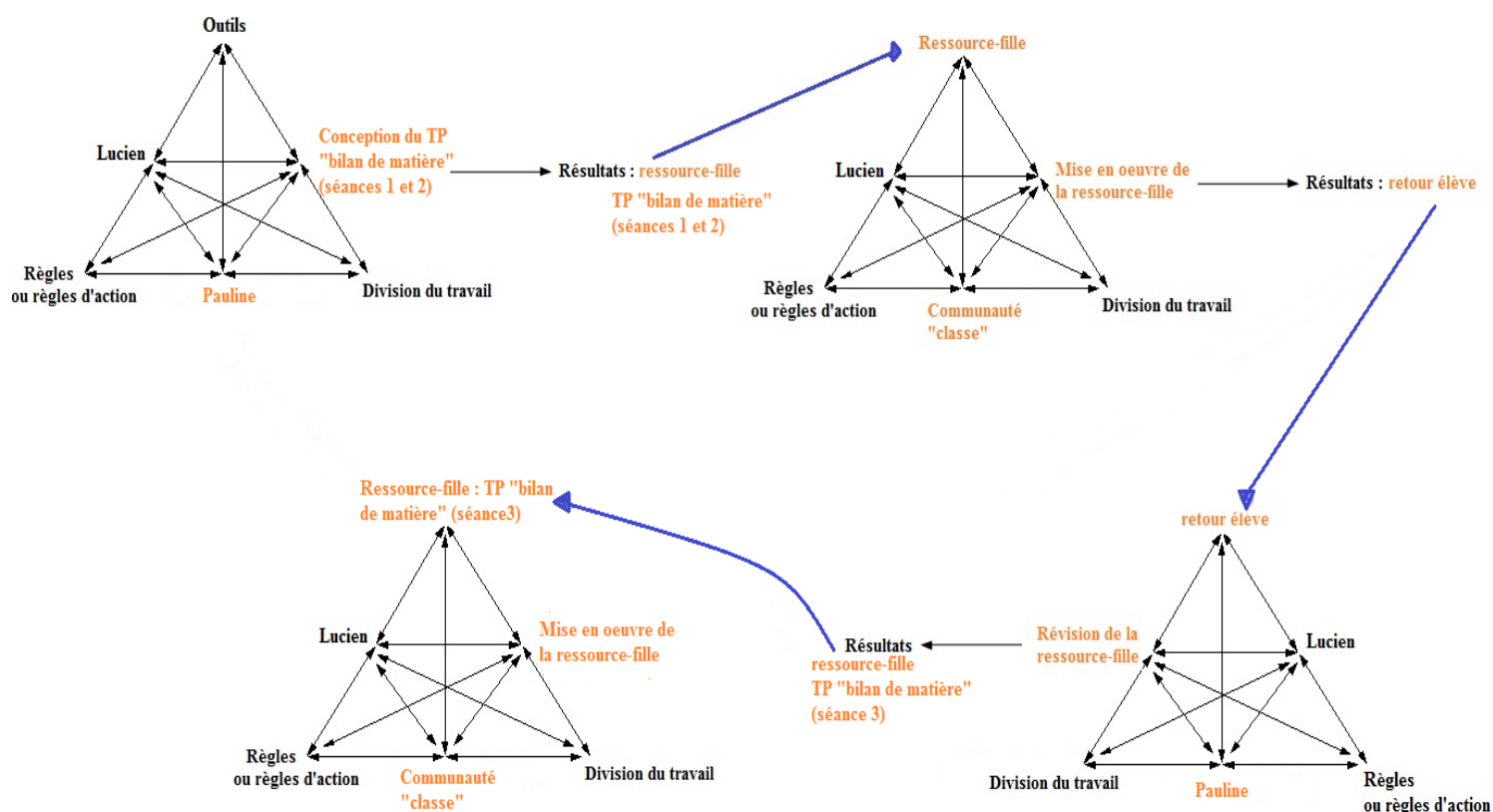


Figure 45. TP « bilan de matière » (troisième séance) : résultat de l'interférence des systèmes d'activité de Lucien au niveau de ressources

Analyse de la RSSR retouchée

Nous présentons ici, dans la continuité de l'analyse croisée de l'entretien précédant l'observation de classe et du journal de bord que nous venons de développer, l'analyse de la RSSR retouchée par Lucien au cours de cet entretien afin de mettre en évidence les ressources qu'il a mobilisées en vue de préparer la ressource-fille que nous avons observée en classe.

L'interférence, au niveau des ressources, que nous venons de mettre en exergue entre le système d'activité de Lucien avec Pauline et son système d'activité impliquant la communauté de classe est tout à fait corroborée par la RSSR que Lucien a retouchée au cours de l'entretien précédant l'observation de classe (voir **Figure 46**). Nous allons expliciter cette inférence en nous appuyant sur ce que Lucien a tracé dans sa RSSR retouchée.

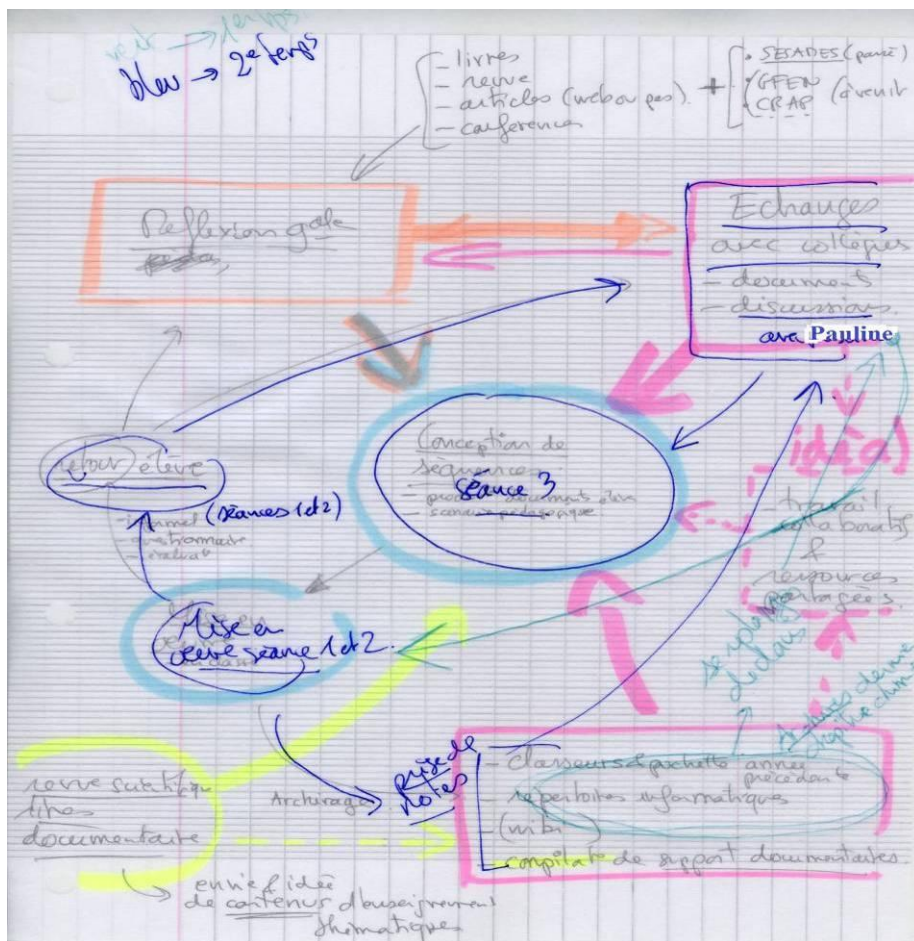


Figure 46. RSSR retouchée de Lucien, année n

Comme nous l'avons déjà détaillé, la particularité de la troisième séance du TP renvoie au fait qu'elle est une séance qui s'étale dans le temps ; en d'autres mots, elle constitue la suite de la première et de la deuxième séance. D'ailleurs, ceci apparaît clairement sur la RSSR retouchée. En effet, deux temps marquent cette RSSR : un premier temps, représenté par la couleur verte, renvoie au travail documentaire de Lucien visant la conception de la première et de la deuxième séance de TP. Au cours de ce travail, Lucien a repris ses ressources anciennes ou, autrement dit, ses archives des années précédentes, notamment ses classeurs, ses pochettes et ses répertoires informatiques, afin de se replonger dans la partie se rapportant au thème de la quantité de matière. D'après le suivi des flèches de couleur verte, nous constatons que, quand il a fait ce travail là, il est allé discuter avec sa collègue Pauline et c'est ce travail collectif qui a ensuite abouti à l'élaboration de ces deux séances (séances 1 et 2 du TP) comme il le déclare aussi en dessinant : « en gros c'est les archives des années précédentes : tout ce qui est classeurs, pochettes et répertoires informatiques. Donc ça je l'ai pris alors là j'ai fait un travail un peu un travail préparatoire, où j'ai commencé à voir un peu et en gros ça, je ne sais pas comment on pourrait dire, se replonger dans quoi, se replonger dedans. Et du coup après une fois que j'avais fait ce travail là je suis allé en discuter avec Pauline et cette discussion avec Pauline c'est elle qui a débouché sur la séance 1 et 2 » (EPO, annexe 7, phrase 104). Ainsi, parmi les quatre pôles de la RSSR que nous avons identifiés (§ 5.1.1), seuls deux pôles font l'objet de cette RSSR retouchée : les archives de Lucien (ses ressources anciennes) et les échanges avec ses collègues, en particulier avec Pauline. Ceci renforce davantage nos inférences quant à

l'importance de ces deux ressources dans le système de ressources de Lucien. En outre, dans cette RSSR, les interactions collectives avec Pauline apparaissent d'une importance capitale. Ceci est, en effet, mis en évidence à travers le nombre de termes qui lui sont directement liés (voir méthodologie d'analyse des représentations schématiques, § 3.4.2), de nombreux flèches en partent et y arrivent aussi.

Par ailleurs, nous observons sur la RSSR retouchée que le retour élève, émergeant à la suite de la mise en œuvre de la première et de la deuxième séance du TP, marque le deuxième temps illustré par la couleur bleue. On voit bien que Lucien a discuté du retour élève avec sa collègue Pauline. Plus précisément encore, le suivi des flèches de couleur bleue révèle que la mise en œuvre de la première et de la deuxième séance et l'archivage, par Lucien, sous forme de prise de notes de ces séances ont fait l'objet d'échanges entre lui et sa collègue. Il lui a explicité ce qui s'est passé en classe ainsi que les réactions des élèves et ils ont donc réfléchi ensemble là-dessus. Ces échanges l'ont ensuite amené à concevoir la troisième séance du TP comme en témoignent ses déclarations accompagnant son dessin : *« Alors pour faire le 3 [troisième séance du TP], donc ça c'était la séance 3, alors y a eu un retour élève de la séance 1 et 2 que j'ai discutés avec Pauline donc discussion avec Pauline, et ces discussions m'ont amené à rédiger la séance 3. Pour cette séance 3, alors il y a eu on va dire qu'il y a eu, là je vais prendre mise en œuvre des séances 1 et 2, j'ai vu ce que les élèves ont fait, j'ai fait un archivage sous forme de prises de notes, c'est ces papiers là que j'ai discutés avec Pauline, voilà quand je les fais j'en ai parlé avec Pauline, expliqué ce qui c'était passé, on a réfléchi là-dessus voilà. On peut dire donc ça c'est pour la séance 3 proprement dite »* (EPO, annexe 7, phrase 98). Nous remarquons d'ailleurs la présence d'une boucle (voir méthodologie d'analyse des représentations schématiques, § 3.4.2) « échanges avec Pauline – mise en œuvre des séances 1 et 2 – retour élève – échanges avec Pauline » qui illustre la démarche de conception qui a accompagné et abouti à l'élaboration de la troisième séance. Cette boucle montre bien, qu'au niveau des étapes du cycle de vie d'un document, le travail collectif de Lucien semble intervenir lors de la conception de la première et de la deuxième séance du TP, mais aussi au niveau de la révision de ces séances après leur mise en œuvre en classe à travers la discussion sur le retour des élèves et, encore plus, au niveau de la conception de la troisième séance du TP. Ainsi, si l'on traduit cette boucle sous forme des modèles de système d'activité (§ 2.4.3), nous confirmons l'interférence qui s'effectue au niveau des ressources entre le système d'activité de Lucien avec sa collègue Pauline et son système d'activité au sein de la communauté de classe (voir **Figure 45**, supra).

Ainsi, en croisant cette RSSR avec les données que nous venons de présenter et d'analyser et qui sont issues du journal de bord et de l'entretien précédant l'observation de classe, nous inférons que ce qui a été dit lors de l'entretien et ce qui a été noté dans le journal de bord correspond tout à fait à ce qui a été dessiné dans la RSSR retouchée. Celle-ci reflète bien l'interférence au niveau des ressources, illustrée dans la **Figure 45**, entre les systèmes d'activité de Lucien en classe et avec sa collègue Pauline. Par conséquent, nous repérons que les interactions collectives de Lucien avec Pauline apparaissent centrales : Lucien a échangé avec Pauline à maintes reprises : d'abord pour l'élaboration des deux séances du TP qui découlent alors de leur travail collectif, ensuite pour revoir et réfléchir ensemble sur la mise en œuvre de ces séances et sur les réactions des élèves, ce qui a ainsi débouché sur la production du TP fondé sur les DI (troisième séance). Le travail collectif de Lucien semble

constituer donc un appui pour la conception et la mise en œuvre de son TP dans la perspective de DI.

Synthèse de l'analyse de la conception par Lucien d'une ressource-fille basée sur les DI

Le croisement de l'analyse de l'entretien précédant l'observation de classe, des traces du wiki, du journal de bord, de la RSSR et de la RSTC retouchées montre que le travail collectif de Lucien intervient au niveau de plusieurs étapes du cycle de vie d'un document : aux moments de la recherche de ressources pour un objectif d'enseignement relatif à la quantité de matière, de la conception de la ressource-fille et de la révision de celle-ci après usage en classe. Ce travail collectif semble donc agir comme un *moteur* du cycle de vie d'un document. Nous avons, par ailleurs, mis en évidence que Lucien et Pauline ont co-produit un TP basé sur les DI. Comme nous l'avons repéré, c'est Pauline qui lui a donné l'idée et l'a aidé dans le choix d'une transformation chimique acido-basique pour construire la situation expérimentale de la ressource-fille fondée sur les DI. Nous avons également constaté que le système d'activité de Lucien hors classe, au sein de la communauté de son lycée, en particulier avec sa collègue Pauline, et son système d'activité impliquant la communauté de classe sont fortement liés et connectés entre eux. Nous avons, en plus, montré que cette articulation entre ces deux systèmes d'activité se fait au niveau des ressources. Ce qui se passe dans la communauté de classe est, en effet, discuté hors classe avec les collègues, ce qui appuie ainsi notre inférence quant à une règle qui oriente les interactions de Lucien au sein de la communauté de ses collègues de SPC du lycée, et qui réside dans la discussion sur le travail des élèves après la mise en œuvre de la ressource-fille.

L'impact du travail collectif de Lucien avec Pauline semble ainsi manifeste et constitue vraiment un appui pour la conception d'un TP basé sur les DI. De multiples échanges avec Pauline ont rendu possible le *premier* développement d'un TP fondé sur les DI pour l'enseignement du thème de la quantité de matière. En effet, ce TP est tout à fait une nouvelle ressource-fille qui a été développée, avec l'aide de sa collègue, et mise en place pour la *première* fois, dans le but d'enseigner la quantité de matière. Il vient donc s'ajouter à son système de ressources et peut être considéré comme un indice d'une *réorganisation locale* de ce système. Notre hypothèse est que cette réorganisation va en entraîner d'autres, plus profondes ou plus générales et constitue, de ce fait, un *germe* de l'évolution du système documentaire de Lucien émanant de son travail collectif. D'ailleurs, Lucien relève au cours de l'entretien l'importance de l'apport de son travail collectif avec Pauline pour sa propre documentation, il considère que ce travail fait avancer sa réflexion personnelle : « *ça permet de tester un petit peu ce qu'on avait en tête quoi, c'est-à-dire qu'en disant à l'autre, en voyant comment il réagit, est-ce qu'on est à côté de la plaque ou pas donc par exemple pour moi ça m'a permis d'avoir un peu confiance, [...], donc ça met en confiance, du coup étant plus en confiance bah on se lance plus facilement dans ce qu'on veut faire. Bah ça donne des idées, l'idée de la situation, Pauline est plus en chimie que moi, moi je suis plutôt physicien de formation donc j'étais content qu'elle m'aide à réfléchir à quel type de réaction utiliser* » (EPO, annexe 7, phrase 88). Ainsi, le travail collectif de Lucien lui confère une confiance en lui-même, ce qui a un impact positif sur son travail documentaire. Plus précisément encore, nous avons montré que ce travail collectif a permis à

Lucien de développer des PCK. Il apparaît donc très enrichissant pour le développement de sa propre documentation.

5.1.4. Analyse des PCK et des orientations de Lucien pour les DI

Cette partie porte sur l'analyse des PCK et des orientations de Lucien pour les DI. Nous inférons ces connaissances professionnelles non seulement à travers l'observation de classe ou, en d'autres mots, la mise en œuvre de ressource-fille en classe, mais aussi à travers l'analyse de ressource-fille. Nous renforçons également nos inférences en nous appuyant sur les entretiens que nous avons menés avec Lucien, en particulier l'entretien précédant l'observation de classe (EPO), l'entretien à chaud qui suit l'observation de classe (EC) et l'entretien d'auto-confrontation (EAC). Nous croisons ainsi les données issues de ces différents outils méthodologiques afin d'inférer les PCK et les orientations de Lucien mobilisées par la mise en place des DI.

Nous commençons d'abord par l'analyse de la ressource-fille dont nous avons observée la mise en œuvre en classe. Nous poursuivons notre analyse en nous focalisant sur le système d'activité de Lucien en classe orienté vers l'objet « mise en œuvre de la ressource-fille basée sur les DI » où nous nous attachons à identifier les PCK et les orientations de Lucien pour les DI en nous appuyant sur des extraits de la séance de classe observée.

Analyse de la ressource-fille basée sur les DI

Nous présentons ici notre analyse de la ressource-fille, basée sur les DI, que nous avons observée en classe (voir Annexe 8). Soulignons que cette analyse prend appui sur la méthodologie d'analyse de la ressource-fille que nous avons développée (§ 3.4.5).

Comme nous l'avons déjà précisé, Lucien a choisi d'aborder la notion de quantité de matière à travers un TP fondé sur des DI et portant sur la neutralisation d'une base par un acide. Nous avons mis en évidence que ce choix est révélateur de connaissances professionnelles de Lucien, notamment d'une PCK/stratégie que nous avons proposée de formuler de la façon suivante : « l'enseignant sait que pour aider les élèves à comprendre la notion de quantité de matière, il est intéressant de faire une neutralisation acido-basique entre l'acide chlorhydrique et l'hydroxyde de sodium ». Plus précisément encore, nous avons relevé que cette PCK/stratégie a été développée par les interactions collectives de Lucien avec sa collègue Pauline (§ 5.1.3).

Nous repérons que du point de vue de l'*origine du questionnement* (voir méthodologie d'analyse des ressources-filles, § 3.4.5), le problème dans ce TP est apporté par l'enseignant. Les élèves doivent déterminer, suivant deux approches théorique et expérimentale, le volume de la solution d'acide chlorhydrique (HCl) à verser pour neutraliser 50 ml d'une solution de soude (NaOH) et pour qu'il ne reste donc que de l'eau salée dans le mélange. Nous avons montré que le choix de ces deux approches reflète une PCK/stratégie de Lucien qui a été générée par son travail collectif avec Pauline ; nous avons formulé cette PCK comme ceci : « l'enseignant sait que pour aborder la notion de la quantité de matière à travers une

neutralisation, il est intéressant de faire travailler les élèves sur une démarche théorique et une autre expérimentale » (§ 5.1.3).

Pour mener une réflexion théorique, les élèves doivent raisonner en effectuant des calculs à partir des indications données par rapport aux deux solutions à mélanger (masse et volume de NaOH, concentration massique de HCl). Notons aussi que des informations relatives aux formules chimiques de l'acide chlorhydrique et de la soude ainsi qu'à la réaction de neutralisation figurent dans l'énoncé du TP. Lucien propose aux élèves d'envisager trois hypothèses différentes sur le sens à donner à l'expression « verser juste assez d'acide ». Deux hypothèses sont formulées et données par l'enseignant alors que la troisième est à la charge de l'élève qui doit donc la préciser et l'élaborer. Pour chaque hypothèse, l'élève doit déterminer le volume de la solution d'acide à verser ainsi que le raisonnement qui lui a permis d'obtenir ce résultat. La phase de réflexion théorique inclut donc une formulation d'une hypothèse d'une part, et un calcul du volume de HCl pour chaque hypothèse d'autre part.

La première hypothèse (H1) avance que pour neutraliser la solution de soude par la solution d'acide, il faut le même volume des deux solutions. Pour déterminer le volume de la solution d'acide suivant cette hypothèse, les élèves sont ainsi amenés à le considérer comme étant égal à celui de la solution de soude, et donc à 50 ml. Cette hypothèse n'est pas censée poser problème pour les élèves puisqu'elle n'implique pas réellement une mobilisation de leurs connaissances, le volume de la solution basique étant précisé dans l'énoncé du TP.

Quant à la deuxième hypothèse (H2), elle propose que pour verser juste assez d'acide, il faut mélanger la même masse de soude NaOH et d'acide HCl. Or la masse de NaOH est indiquée sur la fiole jaugée contenant la solution de soude, donc il faut que les élèves notent la valeur et la considèrent comme étant égale à la masse de la solution d'acide. Suivant H2, les élèves doivent, après avoir déterminé la masse de la solution d'acide, calculer le volume d'acide correspondant. Pour ce faire, ils doivent mettre en jeu des connaissances relatives à la concentration massique (C_m) d'une solution (la concentration massique de HCl étant donnée). Etant donné qu'elle fait intervenir des grandeurs, notamment la concentration massique, le volume et la masse, H2 relève du niveau des théories et des modèles (voir méthodologie d'analyse des ressources-filles, § 3.4.5).

Seule la troisième hypothèse (H3) est à formuler par les élèves, elle implique un raisonnement en termes de quantité de matière des deux solutions d'acide et de base ; les élèves doivent être amenés à dire que : « pour verser juste assez d'acide, il faut mélanger la même quantité de matière de soude NaOH et d'acide HCl ». Donc, dans un premier temps, les élèves doivent formuler cette hypothèse. Dans un deuxième temps, ils sont amenés à calculer la valeur du volume de la solution d'acide à verser en considérant que la quantité de matière de la solution d'acide est égale à celle de la solution de soude. Connaissant la masse de la solution de NaOH (m_{NaOH}) et en déterminant la masse molaire de cette solution (M_{NaOH}), les élèves doivent d'abord calculer la quantité de matière de NaOH (n_{NaOH}) suivant la relation entre cette grandeur, la masse et la masse molaire de NaOH ($n_{\text{NaOH}} = m_{\text{NaOH}} / M_{\text{NaOH}}$). Suivant H3, la valeur de la quantité de matière de NaOH trouvée est celle qui correspond aussi à la quantité de matière de la solution d'acide ($n_{\text{NaOH}} = n_{\text{HCl}}$). Ensuite, les élèves doivent déterminer le volume de HCl à verser suivant la relation qui lie la quantité de matière (n_{HCl}) à la concentration molaire (C) et au volume (V_{HCl}) de la solution d'acide ($n = C \cdot V$ donc

$V=n/C$). Or les élèves ne connaissent pas la concentration molaire de HCl mais la concentration massique (C_m). C'est ainsi qu'ils doivent être amenés à mobiliser des connaissances relatives à la concentration molaire et à la concentration massique d'une solution ainsi qu'à la relation qui les unit ($C= C_m/M$). De cette façon, les élèves doivent parvenir à calculer le volume de la solution d'acide à verser (comme $V= n/C$ et $C= C_m/M$ donc $V_{HCl} = n_{HCl} * M_{HCl}/C_m (HCl)$). Ainsi, H3 met en jeu et exploite les connaissances des élèves vis-à-vis de plusieurs notions chimiques, à savoir la quantité de matière, la masse, la masse molaire, le volume, la concentration massique et la concentration molaire d'une solution sans oublier les relations qui unissent ces grandeurs. A travers cette hypothèse, les élèves doivent être donc amenés à prendre en compte le niveau des théories et des modèles. H3 apparaît, sans doute, beaucoup plus délicate que les autres hypothèses vu qu'elle fait intervenir des calculs de quantité de matière susceptibles d'être difficiles pour les élèves ; il s'agit pour ces derniers de mobiliser plusieurs concepts et de comprendre le sens de leur calcul. Soulignons également que Lucien ne leur donne pas des éléments qui viennent spontanément sous leurs yeux pour le calcul de la quantité de matière. Mais pour tout calcul qu'ils vont effectuer, ils doivent chercher eux-mêmes les éléments pour le faire, notamment la masse molaire qui se trouve dans la classification périodique, la masse de la solution de soude, la concentration massique de la solution d'acide. Ils sont censés ainsi travailler de façon autonome pour construire eux-mêmes leurs savoirs.

Ainsi, Lucien a procédé dans la conception de sa ressource-fille suivant un ordre croissant de complexité des hypothèses. Il convient de noter que, dans la démarche théorique, Lucien ne demande pas aux élèves de choisir la bonne hypothèse (celle qui est vraie), mais de calculer pour chacune le volume de la solution d'acide à verser. Signalons tout de même que H3, qui fait intervenir et mobilise le concept de la quantité de matière, est l'hypothèse pertinente alors que les deux autres H1 et H2 sont des hypothèses fausses.

Par ailleurs, dès lors que les élèves ont déterminé, suivant une approche théorique, le volume de HCl correspondant à chacune des trois hypothèses, ils doivent passer à la phase expérimentale du TP. Cette phase est à la charge des élèves qui doivent concevoir et réaliser un protocole expérimental permettant de donner une valeur du volume de HCl tout en indiquant les incertitudes sur celui-ci (précision, source d'erreurs, fiabilité de l'expérience). Il n'est pas demandé aux élèves de rédiger dans la foulée un compte-rendu de l'expérience, mais de prendre des notes de manière à pouvoir le rédiger plus tard. Des informations concernant le BBT (le bleu de bromothymol, un indicateur coloré permettant de savoir si une solution est acide, basique ou neutre) et les couleurs que donne cet indicateur avec une solution acide, basique ou neutre, sont fournies aux élèves dans l'énoncé du TP. Ajoutons aussi que la liste des matériels est annoncée. Notons que les élèves pourraient éprouver certaines difficultés dans la phase expérimentale, par exemple des difficultés au niveau des savoir-faire vis-à-vis de la manipulation et de l'utilisation de la burette (comprendre le principe de mesure des volumes au moyen de la burette). Ils pourraient également réaliser leurs expériences en utilisant un matériel qui n'est pas le matériel adéquat en chimie pour neutraliser une base par un acide, par exemple ils pourraient employer le verre à pied au lieu de l'erlenmeyer pour y verser la solution de soude parce que c'est le matériel qui se trouve au-dessous de la burette ; ils pourraient également mettre la solution d'acide dans l'éprouvette graduée à la place de la

burette et déterminer ensuite le volume d'acide versé. A cet égard, les interventions de Lucien pourraient déboucher dans deux directions : soit il laisse les élèves manipuler et mettre en œuvre leur protocole expérimental avec le matériel qu'ils ont choisi même s'il ne s'agit pas d'un matériel approprié, soit il leur impose le bon matériel utilisé en chimie pour faire le dosage d'une base par un acide.

Au cours de la démarche expérimentale, comme les élèves sont invités à employer un indicateur coloré (le BBT), ils doivent donc mobiliser des connaissances concernant le rôle et le principe de fonctionnement de cet indicateur. Ils doivent verser la solution d'acide (placée dans la burette) sur la solution basique (mise dans l'erlenmeyer avec quelques gouttes du BBT) pour observer progressivement le changement de couleur. Ils doivent être amenés à associer la couleur obtenue à la nature de la solution pour déterminer le moment où il faut arrêter le dosage : l'apparition d'une couleur verte indique que la solution est neutre, alors que la couleur jaune marque l'acidité de la solution (dans ce cas les élèves auraient versé plus d'acide). Soulignons qu'il est prévu que les élèves travaillent en autonomie sur la recherche et la mise en œuvre d'un protocole expérimental. L'enseignant devient alors un guide tout au long de la démarche. A l'issue de la phase expérimentale, les élèves doivent déterminer le volume de la solution d'acide à verser pour neutraliser la solution de soude. L'approche expérimentale met donc en jeu le niveau de modélisation relevant du monde perceptible (voir méthodologie d'analyse des ressources-filles, § 3.4.5).

Il est ensuite demandé aux élèves de confronter leurs réponses issues des deux approches théorique et expérimentale. Les élèves sont amenés, en l'occurrence, à faire une analyse critique de leurs manipulations et de leurs résultats. A travers cette confrontation, Lucien attend que les élèves mènent dans la phase expérimentale une expérience indépendante de tout résultat théorique pour comparer ensuite les résultats obtenus dans chaque approche et arriver ainsi à la validation d'une adéquation théorie-expérience. Toutefois, cette démarche de confrontation pourrait dévier de celle attendue par Lucien, ce qui ouvre la porte à plusieurs démarches possibles vis-à-vis de cette question. Par exemple, les élèves pourraient considérer que la troisième hypothèse de l'approche théorique est la bonne hypothèse ; de ce fait, ils pourraient utiliser la valeur du volume d'acide déterminée par calcul suivant cette hypothèse pour l'appliquer à l'expérience. Une autre démarche de confrontation possible pourrait consister à vérifier expérimentalement le volume de la solution d'acide calculée dans l'approche théorique dans le cas de chaque hypothèse afin de préciser ainsi laquelle de ces trois hypothèses est la bonne. Les démarches que nous venons de décrire sont des démarches de confrontation tout à fait plausibles et où les élèves, contrairement à ce que Lucien attend, conçoivent la phase expérimentale comme dépendante de l'approche théorique et des calculs obtenus. Si les élèves se lancent dans une démarche de confrontation qui n'est pas celle que Lucien a prévue, celui-ci pourrait soit laisser ses élèves aller jusqu'au bout de leur réflexion et de leur démarche, soit les amener à réaliser l'expérience telle qu'il attend alors que celle-ci n'a pas été proposée par les élèves, ce faisant il impose sa propre démarche.

Par conséquent, nous déduisons que du point de vue de la *nature du problème* (voir méthodologie d'analyse des ressources-filles, § 3.4.5), Lucien propose dans cette ressource-fille une consigne ouverte ; le matériel est d'ailleurs limité puisqu'il est donné dans l'énoncé aux élèves. Ceux-ci sont amenés à réfléchir et à répondre aux deux approches théorique et

expérimentale. Ils semblent avoir une responsabilité importante par rapport au savoir en jeu, ils sont censés travailler en autonomie et construire eux-mêmes la méthode appropriée pour résoudre le problème posé. Ceci met donc en évidence la possibilité pour Lucien, à travers la démarche qu'il propose dans cette ressource-fille, de mettre en place des DI. Pour aller au-delà du simple domaine de la perception des phénomènes (monde perceptible, § 3.4.5), les élèves doivent nécessairement recourir à une approche théorique. Pour interpréter ce monde perceptible (événement correspondant à un changement de couleur de l'indicateur coloré), ils doivent mettre en œuvre des connaissances relevant d'une réflexion théorique et permettant de donner un sens chimique aux objets et aux événements du monde perceptible. Ces connaissances appartiennent au monde des théories et des modèles (§ 3.4.5). Les rapports entre ces deux mondes (monde perceptible et monde des théories et des modèles) permettent d'interpréter le monde perceptible à partir des constructions théoriques, mais aussi de donner du sens aux formalismes théoriques à travers leur signification du point de vue des objets et des événements. A la fin de ce TP, les élèves doivent être amenés à inférer que pour neutraliser la solution de soude par l'acide, il faut mettre la même quantité de matière des deux solutions, ce qui fait que la troisième hypothèse est donc la bonne hypothèse. Les élèves sont également censés effectuer des calculs de quantité de matière pour déterminer le volume de la solution d'acide à verser. A travers la démarche de confrontation entre l'aspect théorique et l'aspect expérimental, les élèves doivent être amenés à établir des relations entre les niveaux des théories et des modèles (dans l'approche théorique) et du monde perceptible (dans l'approche expérimentale). La valeur du volume de la solution d'acide à verser pourra être finalement obtenue à travers cette mise en relation entre les deux niveaux. Ce TP a donc été élaboré par Lucien de façon à faire travailler les élèves sur les concepts de base de la quantité de matière, tout en les guidant à raisonner logiquement avec leurs connaissances chimiques antérieures afin d'en construire des nouvelles. De ce fait, la situation proposée dans la ressource-fille semble pertinente vis-à-vis de ces concepts, en particulier au regard du concept de la quantité de matière. Nous considérons que la construction du sens de ces concepts se fait en partie à travers les mises en relation que l'élève construit entre les niveaux de modélisation, mais nous postulons tout de même que la principale difficulté des élèves réside dans ces mises en relation entre mondes.

Analyse du système d'activité de Lucien en classe orienté vers la mise en œuvre de la ressource-fille

Nous présentons, dans cette partie, l'analyse du système d'activité de Lucien en classe orienté vers l'objet « mise en œuvre de la ressource-fille fondée sur les DI ». En effet, deux étapes du cycle de vie d'un document, à savoir la mise en œuvre de la ressource-fille et l'adaptation *in situ* de cette ressource-fille sont en jeu ici. A travers cette analyse, nous nous attachons à identifier les connaissances professionnelles de Lucien, en particulier ses PCK/compréhension des élèves et ses PCK/stratégie, mais aussi ses règles d'action et ses orientations pour les DI. Pour ce faire, nous nous basons sur la méthodologie d'analyse des séances vidéo que nous avons construite (§ 3.4.6). Par ailleurs, comprendre ce que doit faire le professeur pendant la séance relève d'une analyse *a priori* de la situation (Mercier & Salin, 1988), c'est ainsi que nous articulons l'analyse de la ressource-fille que nous venons de

développer avec l'analyse de cette séance. En outre, afin de trianguler les résultats des inférences des PCK et des règles d'action, nous exploitons l'entretien à chaud (EC) effectué juste après l'observation de classe ainsi que l'entretien d'auto-confrontation (EAC) que nous avons mené avec Lucien. Nous présentons alors des extraits des propos de Lucien (en italique) qui appuient nos inférences. Ainsi, les résultats présentés dans cette partie ne se limitent pas à l'analyse de l'observation de classe, mais aussi ils prennent appui sur l'analyse de ressource-fille, des entretiens, bref sur le croisement des différents outils méthodologiques développés pour l'étude de la documentation et du système d'interactions de Lucien au cours cette première année de suivi.

Nous présentons, dans un premier temps, quelques exemples d'extraits de la séance de classe (dont la transcription se trouve dans l'annexe 9) à partir desquels nous relevons des PCK et des règles d'action de Lucien, et nous synthétisons sous forme d'un tableau l'ensemble des PCK/compréhension des élèves et des PCK/stratégie déduites à partir de notre analyse. Dans un second temps, nous nous appuyons sur quelques extraits de la séance de classe pour montrer que les PCK et les règles d'action s'y rapportant prennent leur source dans le style de pensée partagé par Lucien et Pauline. Nous dégageons ensuite les orientations de Lucien pour les DI à partir du regroupement de l'ensemble des règles d'action inférées à travers notre analyse.

Des PCK et des règles d'action de Lucien mobilisées par la mise en œuvre de DI

Nous présentons ici des exemples d'extraits de la séance de TP, fondée sur les DI, que nous avons observée en classe. A partir de l'analyse de ces extraits, nous montrons comment nous avons inféré des PCK et des règles d'action de Lucien. Tout au long de l'analyse, nous renforçons nos inférences en nous appuyant sur des extraits des entretiens. Nous synthétisons enfin sous forme d'un tableau l'ensemble des PCK déduites à partir de notre analyse, et plus particulièrement à partir du croisement des données issues de l'analyse de l'observation de classe, de ressource-fille, et des entretiens.

L'observation de classe, enregistrée en vidéo, s'est déroulée dans une classe de seconde de Lucien en juin (année scolaire 2009/2010, première année de suivi de Lucien). C'était la période où Lucien enseignait la partie du programme relative au thème de la quantité de matière. Rappelons que l'objet de Lucien au sein de son système d'activité en classe est d'enseigner la quantité de matière à travers la mise en place de la ressource-fille basée sur les DI et que la communauté qui est en jeu est la communauté de classe.

Nous avons identifié, à maintes reprises, dans la séance observée que Lucien laisse le temps aux élèves pour échanger et confronter leurs points de vue sans intervenir pour valider leurs propositions surtout lorsqu'il repère un décalage entre eux ou une divergence de leurs points de vue. Nous détaillons ceci à partir de deux extraits de la séance de classe (voir **Tableau 29** et **Tableau 30**).

E2: monsieur, une mole de NaOH, c'est quoi?

E1: c'est marqué dans

E2: non
P: pourquoi tu me demandes ça?
E2: avec le même nombre de moles dans le truc
P: et alors
E2: alors après ça va se dissoudre, non?
P: se neutraliser?
E2: oui
E1: la soude, elle est où?
P: attends, j'essaie de répondre à la question. La soude c'est NaOH on a dit (le prof montre la fiole jaugée qui contient la solution de soude). Nadim, j'ai pas compris exactement ce que tu voulais me demander
E2: si le même nombre de moles là ici (il montre la solution de soude) et l'autre truc là, après quand on va les verser dans, ils vont se
P: est-ce que t'as posé la question à Lorenzo?
E2: mais lui il comprend pas
P: pourquoi il comprend rien Lorenzo
E1: n'importe quoi
P: alors Lorenzo, Nadim a eu une idée, il faudra savoir si elle est bonne
E1: c'est quoi ton idée (E1 demande à E2). (Le prof les laisse discuter ensemble et va mais E2 lui pose une question)
E2: monsieur, vous avez pas répondu
P: oui mais je vais pas te répondre
E1: c'est noté
P: non, c'est pas que c'est un problème de noté, ce que j'aimerais c'est que.
E1: moi je vais commencer à faire l'expérience (il parle à E2)
E2: vas-y ,vas-y
E1: c'est le truc que je sais faire (il parle à E2)
E2: tu n'as même pas commencé à faire les calculs (il parle à E1)
E1: je les ferai après
P: Lorenzo, je pense que tu pourras aider Nadim à voir si ce qu'il a en tête c'est une bonne idée ou une mauvaise idée, simplement prenez le temps de vous expliquer les choses et d'en discuter ensemble

Tableau 29. Extrait de la transcription de la séance de DI de Lucien avec le binôme 3 (P= professeur, E = élève) (temps dans la séance 0 : 19 :34 – 0 : 20 :20)

Dans cet extrait (voir **Tableau 29**), nous remarquons que l'élève E2 pose une question à Lucien qui relève du monde des théories et des modèles « *monsieur, une mole de NaOH c'est quoi ?* ». Lucien choisit de ne pas répondre à l'élève mais de lui poser en retour une question

« *pourquoi tu me demandes ça* ». Or dans la démarche théorique du problème, pour formuler la troisième hypothèse, les élèves doivent raisonner en termes de quantité de matière et de son unité la mole ; Lucien remarque que ce raisonnement était en germe chez E2, mais il demande tout de même à l'élève de préciser et d'explicitier davantage son idée sans pour autant intervenir pour donner une information ou orienter l'élève vers la réponse. Il veut s'assurer que l'élève met du sens derrière les mots qu'il dit et comprend ce qu'il va faire. Toutefois, quand Lucien identifie que le raisonnement de E2 est correct comme en témoignent les propos de cet élève « *si le même nombre de moles là ici (il montre la solution de soude) et l'autre truc là, après quand on va les verser dans, ils vont se* », il ne valide pas la réponse de E2. Son intervention est critique dans le sens où il ne dit pas à l'élève si sa réponse est vraie ou fausse, mais il lui demande de discuter avec son camarade et de réfléchir tous les deux à la proposition évoquée. Lucien repère, en effet, que le raisonnement en termes de nombre de moles n'est pas acquis par les deux élèves du binôme, mais uniquement par l'élève E2. Il remarque que les deux élèves ne sont pas sur la même « longueur d'onde » du raisonnement, et que E1 est relativement à la marge par rapport à la réflexion théorique. Ainsi ayant identifié où en sont les deux élèves par rapport au savoir en jeu, Lucien se met en retrait et choisit de leur laisser le temps pour mener ensemble une réflexion collective et gérer la situation didactique en interagissant l'un avec l'autre. Il fait ainsi preuve de *réticence didactique* (Sensevy, 2007) : l'enseignant est amené à « tenir par-devers lui certaines des choses qu'il veut enseigner, et à engager les élèves dans des rapports au milieu qui leur permettront de passer outre ce silence » (Sensevy 2007, p. 50). Donc c'est ce que le professeur va effectivement « dire » pour ne pas « dire » afin que la tâche garde son enjeu cognitif (ce que les élèves doivent construire eux mêmes du point de vue du savoir en jeu). L'objectif de Lucien ici est alors d'amener les deux élèves à s'investir et à s'engager collectivement dans la réflexion théorique et la résolution du problème de sorte que l'élève se confronte non seulement à l'enseignant mais aussi à son camarade. Une PCK/compréhension des élèves, en particulier une PCK/position des élèves par rapport au savoir (§ 2.3.4) est mise en jeu dans cet exemple. Nous la formulons de la façon suivante : « l'enseignant sait que la mise en œuvre par un élève de la notion de même nombre de moles des deux solutions acide et basique, dans le cadre de la neutralisation, signifie que l'élève est très proche de la construction du savoir en jeu ». Ainsi, Lucien a reconnu où en est l'élève dans la construction du savoir, il met alors en jeu une PCK/stratégie que nous formulons comme ceci : « l'enseignant sait qu'il est intéressant de faire interagir l'élève, qui arrive à dire qu'il faut le même nombre de moles pour la neutralisation acido-basique, avec d'autres élèves qui n'ont pas compris ». Cette connaissance que nous avons inférée traduit bien une règle d'action de Lucien liée à la dimension de l'argumentation scientifique du modèle ESFI (§ 2.1.2) : « faciliter la communication entre les élèves dans les petits groupes ». Nos inférences sont d'ailleurs appuyées par les propos de Lucien quand il commente cet extrait lors de l'entretien d'auto-confrontation : « *voilà là mon rôle c'est de les forcer à se confronter l'un à l'autre et pas simplement à chercher à se confronter, que chacun se confronte dans son coin à moi quoi [...] eh bah c'est un truc à la base parce que si je viens et je dis c'est juste ou c'est pas juste donc c'est moi qui valide ou qui valide pas, et l'élève il reste dans un truc qui est très fort c'est de dire c'est le prof [professeur] qui est capable de dire si c'est vrai ou pas. Et mon rôle c'est de lui sortir des trucs et si j'ai la chance, j'ai la bonne réponse et si j'ai pas de chance, j'ai pas la bonne réponse et tant qu'ils ne sont pas capables de mobiliser des éléments pour voir ce*

qu'ils ont dit est pertinent ou pas eh bah ils ne font pas, ils n'auront pas des apprentissages conséquents [...] Et puis là ensuite bon Nadim, il a une idée sur les moles. Moi je peux lui dire, si avec Nadim je pourrais lui dire bon éventuellement je lui dirais qu'est-ce que t'en penses, tu penses que c'est plutôt une bonne réponse ou pas, et puis au final je lui dirai qu'est-ce que j'en pense. Mais là ce que je veux c'est qu'il dit à Lorenzo ce qu'il en pense pour forcer Lorenzo à se positionner là-dessus, c'est aussi le rôle de la socioconstruction entre eux, c'est que si je veux que Lorenzo il apprenne, il fallait qu'il se confronte à Nadim, donc Nadim il se confronte à lui. Si moi je viens et je dis à Nadim que c'est bien, bah Lorenzo il va rester sur la touche sur cet aspect là » (EAC). Ainsi, Lucien reconnaît que l'élève E2 est proche de la solution, il a alors choisi d'amener E1 à réfléchir sur l'idée proposée par E2. En effet, nous avons déjà inféré que Lucien met l'accent sur la dimension collective de l'apprentissage des élèves au cours de la mise en place des DI ; il considère que les DI favorisent une réflexion autonome des élèves qui, selon lui, doivent chercher une solution au problème posé en confrontant leurs points de vue et en discutant entre eux (§ 5.1.3). Cette dimension collective de l'apprentissage, sur laquelle Lucien insiste lors de la mise en œuvre des DI, apparaît clairement dans ses interactions avec ce groupe d'élèves où son objectif principal est d'instaurer au sein de la classe un climat de réflexion collective et de confrontation de points de vue entre les élèves pour favoriser la communication entre eux et leur permettre de construire, ensemble, leurs savoirs. Ainsi, ceci confirme notre hypothèse que la façon dont Lucien définit et pense les DI influe sur la façon dont il met en œuvre la ressource-fille et gère ses interactions avec les élèves en classe.

Dans un autre exemple d'extrait avec un autre groupe d'élèves (voir **Tableau 30**), nous repérons que Lucien choisit, comme dans l'extrait précédent, de ne pas valider la réponse de l'élève E1 (le protocole expérimental proposé), mais de lui demander de discuter et d'échanger avec son camarade pour décider ensemble la mise au point du protocole expérimental. En effet, Lucien a identifié à partir des propos de E1, mettant en jeu un élément de savoir relevant du niveau des événements du monde perceptible (changement de couleur), que celui-ci est presque sur la bonne route par rapport à la démarche expérimentale du problème et que E2 est, par contre, en retrait et n'est pas engagé dans la réflexion. Lucien tente alors, à travers son intervention critique, de relancer E2 et de l'impliquer dans la démarche en le forçant à échanger avec E1.

E1: On a la solution d'acide, on a la solution de soude, on a combien par rapport à (silence de l'élève)
P: bon, ok
E1: après on va faire un protocole
P: et là au niveau du protocole vous avez une petite idée de comment vous allez procéder
E1: bah on dit à l'oral et après on va écrire
P: ok
E1: à partir de 50 ml d'acide dans une éprouvette graduée, on va verser cette solution (il montre la solution de soude) dans un erlenmeyer, après on va faire comme avant, on va verser avec la burette graduée de l'acide et bah quand la solution sera neutre, on saura combien on a versé

P: et comment tu sauras qu'elle sera neutre?
E1: avec la couleur puisqu'on a du papier pH
P: bon, Killy c'est bon tout ça ou (le prof demande à une autre élève du binôme si elle a compris)
E2: non
P: non, mais vous avez discuté ensemble le protocole ou vous avez juste commencé
E2: non pas encore
P: alors mettez-vous au clair tous les deux. Dany, ce que t'as en tête essaye de l'expliquer à Killy,
E1: est-ce que c'est bon?
P: c'est Killy qui te dira si ça lui semble satisfaisant ou pas

Tableau 30. Extrait de la transcription de la séance de DI de Lucien avec le binôme 5 (temps dans la séance 0 : 22 :08 – 0 : 23 :38)

Ainsi, Lucien fait œuvre, comme dans l'extrait précédent, de réticence didactique ; il engage les élèves dans une démarche collective d'apprentissage pour les faire avancer dans leur réflexion par confrontation de leurs points de vue. Nous inférons ainsi, à partir de cet exemple, une PCK/compréhension des élèves, et plus particulièrement une PCK/position des élèves par rapport au savoir en jeu. Nous proposons de formuler cette PCK de la façon suivante : « l'enseignant sait que si l'élève évoque le changement de couleur comme un indice pour détecter la neutralisation de la base par l'acide, alors il maîtrise à peu près la démarche expérimentale de la neutralisation ». En outre, nous constatons que Lucien met en jeu une PCK/stratégie qui est : « l'enseignant sait qu'il faut laisser l'élève, qui arrive à dire que le changement de couleur indique la neutralisation acido-basique, se confronter à son camarade qui est loin de la construction de ce savoir ». La règle d'action de l'enseignant mise en œuvre à travers cette PCK est la même que nous avons inférée dans l'extrait précédent : « faciliter la communication entre les élèves dans les petits groupes ». Cette règle d'action et la PCK que nous avons inférées sont vérifiées dans l'entretien d'auto-confrontation comme en témoigne la réponse de Lucien : « bah là Dany, il a bien compris un peu ce qu'il faut faire au niveau expérimental, il maîtrise un petit peu la situation, donc il me raconte très bien, il est efficace pour expliciter les choses [...] Killy, sa voisine, bah elle reste complètement à côté, sur la touche quoi. Et donc ce que je vais essayer de faire après c'est de forcer Killy à se positionner là-dessus » (EAC). Par conséquent, pour Lucien, lors de la mise en place des DI, il faut que la construction du savoir soit le fruit d'une discussion et d'une réflexion collective. Autrement dit, pour lui, les interactions entre pairs en situation de résolution de problème, au cours de DI, jouent un rôle constructeur dans l'acquisition des connaissances. C'est ainsi qu'il fait en sorte d'organiser une dynamique d'échanges entre les élèves leur permettant de construire leurs propres savoirs.

Ainsi, les deux extraits que nous venons de présenter révèlent que Lucien organise des moments où la responsabilité des élèves est importante vis-à-vis du savoir. Ce sont les élèves qui proposent des hypothèses et le protocole expérimental, mais Lucien tente jusque là de ne pas valider leurs propositions, mais de leur dévoluer cette tâche en les incitant à échanger et à confronter leurs points de vue. De ce fait, ces deux extraits renforcent nos inférences quant à

le lien étroit qui se noue entre la façon dont Lucien pense les DI et la façon dont il met en place les DI en classe. D'ailleurs, au début de l'entretien d'auto-confrontation, en évoquant son rôle au cours de cette séance DI, Lucien mentionne : « *un de mes rôles très important était de forcer les élèves à travailler ensemble, à se confronter mutuellement. Je passe énormément de temps à dire aux élèves telle question tu l'as posé au voisin, un truc comme ça. Et ça c'est assez général, c'est-à-dire que dans une situation même plus complexe, bah on n'est pas forcément là pour répondre aux questions, mais pour les forcer à chercher ensemble quoi* » (EAC). Cela appuie donc davantage nos inférences à propos de la règle d'action et des PCK identifiées.

Par ailleurs, nous avons identifié dans cette séance de classe une situation particulière (voir **Tableau 31**) : il s'agit d'un élève (E1) en décalage par rapport à son camarade E2. Alors que ce dernier raisonne sur l'approche théorique et explique à l'enseignant qu'il a calculé le nombre de moles dans 0,25 g de solution de soude, et qu'il continue en considérant « *la même quantité de moles* » pour l'acide (ce qui correspond à la troisième hypothèse), on voit E1 passer tout de suite à la manipulation avant même de discuter ou de proposer un protocole possible à l'enseignant.

P: juste attendez, vous là je veux juste avant que vous continuez là sur votre lancée, c'est bien, dites-moi un peu où vous en êtes et ce que vous comptez faire
E2: là on a regardé avec combien de moles dans 0,25g; on a trouvé 0,00625. Après on a fait la même quantité de moles pour l'acide
E1 verse en ce moment la solution de soude dans le verre à pied
P: Lorenzo, quand je te demande d'attendre 30 secondes avant de te lancer, ok, bon
E1: mais ça sert à quoi d'attendre, je sais pas, tu arrives pas à faire un truc, tu fais des choses d'autres et après tu reviens dessus
P: (le P lit ce que l'élève E2 a écrit) ok, alors excuse-moi, juste un problème c'est que là dans (dans le verre à pied), y avait quoi avant? (P parle à E1)
E1: y avait juste de l'eau mais j'ai tout enlevé, j'ai essuyé
P: bon, pourquoi t'as choisi ce récipient ?
E1: bah pourquoi pas, je crois que c'est un récipient comme un autre, non?
P: ok (P prend l'énoncé du TP) donc là burette, comment s'appelle ça (P indique la burette)
E1: burette graduée
P: voilà, c'est où là dans, une burette graduée de 25 ml, sa potence et son verre à pied (P lit l'énoncé et indique le verre à pied)
E1: non ce n'est pas 25 ml, parce que 25 ml c'est jusque là, là j'ai 30 hein, j'avais déjà mis 100ml (dans l'éprouvette), là dans j'ai 30, je suis à 70
P: ok, alors pourquoi on dit qu'elle fait 25 ml ?
E1: puisqu'elle est graduée jusqu'à
P: parce qu'elle permet de mesurer des volumes jusqu'à 25, peut être tu as mis 30 dedans sauf que tu ne pourras pas mesurer au delà de 25
E1: alors je fais comment pour mettre que 25 ml là dans, c'est bizarre que ça commence là le

zéro (E1 veut indiquer le haut de la burette)
P: ah oui donc toi en fait tu mesures le volume avec ça (éprouvette), tu mets là dans juste pour verser
E1: bah non
P: Alors Lorenzo c'est pour ça que je te dis avant de te précipiter dans les manipulations, prend le temps d'en discuter avec Nadim, les questions que tu te poses là, est-ce que tu lui a posé, est-ce que vous avez réfléchi
E1: bah oui je les ai dit
P: mais tu me dis, regarde là, y a 25 ml pourquoi, moi je préfère me fier avec ça (éprouvette) et je verse là dans
E1: c'est bon y a 30 ml là (éprouvette)
P: et pourquoi t'as pas versé directement alors (avec l'éprouvette)
E1: là ce sera plus précis, si par exemple la valeur ce sera 27 virgule quelque chose ce sera plus précis avec ça
P: Nadim? (P demande à E2)
E2: je suis d'accord
P: t'es d'accord. Bon bah vas-y vas-y fais fais (P laisse l'élève faire l'expérience comme il veut en utilisant le verre à pied)
E1 ajoute le BBT pour la solution de base qu'il a mise dans le verre à pied

Tableau 31. Extrait de la transcription de la séance de DI de Lucien avec le binôme 3 (temps dans la séance 0 : 42 :10 – 0 : 45 :14)

En effet, E1 trouve des difficultés à faire des calculs et à trouver le volume de la solution d'acide en envisageant les trois hypothèses proposées dans l'approche théorique du TP, ce qui l'a donc conduit volontairement à sauter cette approche et à passer à l'étape suivante, à savoir la partie expérimentale. Dans cette dernière, l'élève semble avoir également des difficultés : il ne comprend pas le principe de mesure des volumes au moyen de la burette graduée. En outre, nous repérons que cet élève ne sait pas choisir le matériel propice à la manipulation (il a choisi de mettre la solution de soude dans le verre à pied au lieu de l'ermeneyer). Soulignons que dans l'analyse de la ressource-fille, nous avons signalé que les élèves peuvent réaliser leurs expériences en utilisant un matériel qui n'est pas le matériel adéquat en chimie, notamment le verre à pied étant donné qu'il se trouve au-dessous de la burette. Il est intéressant, cependant, de noter que dans un extrait précédent relatif à ce binôme d'élèves (voir **Tableau 29**), nous avons repéré que l'élève E2 raisonnait sur l'approche théorique du TP et les calculs en évoquant le nombre de moles de l'acide et de la soude alors que E1 était en retrait, ce qui a conduit Lucien à inciter les élèves à échanger entre eux pour positionner E1 là-dessus. Dans cet extrait, Lucien se trouve devant l'élève E1 qui a encore du mal à se positionner par rapport au problème. Que fait-il ? On remarque d'abord que l'enseignant renvoie l'élève à l'énoncé du TP où il est marqué : « *une burette graduée de 25 mL, sa potence et un verre à pied (poubelle à liquides)* ». Ainsi Lucien vise à attirer l'attention de l'élève sur le fait que le verre à pied est une poubelle à liquides et qu'on s'en sert pour les

liquides destinés à être jetés et non pas pour mettre des solutions. Il convient de rapporter que presque la majorité des élèves ont pensé à utiliser le verre à pied pour mettre la solution de soude et qu'au cours du déroulement de la séance on voit Lucien leur indiquer qu'il faut utiliser l'ermeneyer. Là, ce sont les connaissances chimiques de Lucien qui sont en jeu : bien que le dosage puisse se faire en utilisant un verre à pied (bien entendu c'est moins précis et moins pratique), Lucien sait, qu'en chimie, pour faire un dosage, il faut utiliser un erlenmeyer et non pas un verre à pied. Alors que pour l'élève E1, c'est équivalent de faire un dosage dans le verre à pied car il considère que c'est un récipient comme un autre (et encore plus parce que le verre à pied était en dessous de la burette), les connaissances de Lucien de ce que c'est la chimie mettent en évidence l'importance d'acquérir les savoir-faire en chimie et d'apprendre ainsi à utiliser le bon matériel. De ce fait, l'enseignant vise à montrer aux élèves que le choix d'un récipient en chimie n'est pas anodin : *« bon alors là il paraît tous les groupes j'ai un petit moment de discussion là-dessus [...] Alors premièrement, il y a un premier enjeu c'est que effectivement il faut que les élèves prennent conscience que le choix du récipient n'est pas anodin, je pense que c'est ça qui est important [...] Donc là j'attire l'attention simplement des élèves que là il y a un choix à faire, et puis après je leur donne la réponse »* (EAC). Par ailleurs, nous avons remarqué dans cet extrait que E1 ne comprend pas comment il va manipuler avec la burette, il a versé 30 ml de solution d'acide dans la burette alors que celle-ci est graduée jusqu'à 25 ml. En outre, il ne comprend pas comment il faut faire pour verser juste 25 ml, la seule chose qu'il connaît c'est qu'il utilise la burette graduée car elle est plus précise que l'éprouvette. Ainsi, l'enseignant a développé une PCK/difficulté vis-à-vis de ce problème : *« l'enseignant sait que les élèves éprouvent des difficultés à comprendre le principe de mesure et l'utilisation de la burette »,* comme en témoigne sa réponse : *« là en gros ça on le voit et on le revoit à plein d'autres moments aussi avec d'autres groupes. Cette séance ça m'a permis d'identifier un problème sur l'utilisation de la burette que j'avais pas du tout anticipé, sur la précision, sur le volume de la burette, le fait qu'il y a pas graduation en bas, ça veut dire que pour les élèves le pourquoi d'une burette c'est pas évident et ça montre qu'ils l'ont pas compris [...] là je m'aperçois qu'il y a un problème, ce qui est bien c'est que Lorenzo, sa spontanéité il le fait sortir, je m'aperçois qu'il y a un enjeu cognitif autour de la burette »* (EAC). Nous remarquons aussi que Lucien laisse l'élève mener sa propre démarche, il fait ainsi preuve de réticence didactique. Une PCK/stratégie est alors mise en jeu : *« l'enseignant sait que pour faire comprendre à un élève en décalage le protocole expérimental de la neutralisation de la soude par l'acide, il faut le laisser mettre en œuvre l'expérience telle qu'il la conçoit ».* Ainsi, Lucien se met en retrait afin que l'élève touche du doigt les problèmes qu'il rencontre et afin qu'il réfléchisse à comment s'y prendre en vue de consolider son apprentissage. La règle d'action que nous inférons et qui est mise en œuvre à travers cette PCK relève de la dimension du modèle ESFI relative à la responsabilisation des élèves dans la conduite de l'investigation (§ 2.1.2), elle correspond à : *« rendre les élèves responsables du processus d'investigation ».* Les propos de Lucien lors de l'entretien d'auto-confrontation semblent corroborer nos inférences : *« là je veux dire je ne peux que laisser Lorenzo faire ses trucs, je pourrai lui dire c'est pas ça qu'il faut faire, il faut faire autrement mais c'est pas ça l'objectif [...] bah c'est que il s'est pas posé le problème jusqu'au bout, et que ça sert à rien à ce stade de lui apporter une réponse qui viendra à une question qui ne s'est pas posée »* (EAC). A la question quelle relation entre ce que tu as fait et les DI, Lucien répond : *« eh bah c'est ça DI, c'est à dire il faut laisser la possibilité à l'élève de construire lui même ses connaissances et donc construire ses*

connaissances ça veut dire quoi, ça veut dire se poser les problèmes qui vont nécessiter justement une construction de connaissances pour répondre à ce problème là, et si on lui laisse pas faire ce travail là, on ne lui permettra pas de construire la intuition » (EAC). Ajoutons aussi qu'au cours de l'entretien à chaud qui a suivi immédiatement l'observation de classe, Lucien souligne la nécessité de donner davantage d'autonomie et de responsabilité aux élèves dans leur processus d'investigation et de les laisser aller jusqu'au bout de leurs raisonnements et de leurs réflexions : « il faut que les élèves aillent jusqu'au bout sans que je les arrête, mais ça demande du temps pour tout explorer, il faut leur laisser suivre le chemin qu'ils choisissent, un questionnement à eux, il faut qu'ils parcourent l'ensemble de questions à se poser ou de sous-problèmes à résoudre pour effectuer la tâche complexe » (EC). Ainsi, la triangulation des données issues des entretiens et de l'observation de classe appuie davantage nos inférences, en particulier à l'égard des PCK et de la règle d'action.

Par ailleurs, le croisement de l'analyse de la ressource-fille, des entretiens et de l'observation de classe nous a permis de constater, d'une part, que les PCK sont des connaissances qui dépendent du contexte de la situation et du savoir en jeu. D'autre part, nous avons inféré que l'enseignant agit différemment face à une difficulté de l'élève et réorganise la division du travail suivant son interprétation de cette difficulté, ou en d'autres mots suivant les PCK/difficulté qu'il mobilise ou développe. De ce fait, nous considérons que si l'enseignant agit différemment vis-à-vis des difficultés des élèves, c'est qu'il met en jeu une PCK différente qui prend en compte le contexte et l'élément spécifique du savoir enseigné. Nous interprétons donc cette différence dans les actions de l'enseignant sous l'angle de connaissances professionnelles (PCK).

Ainsi, nous avons présenté dans cette partie quelques exemples d'extraits de la séance de classe à partir desquels nous avons explicité comment nous avons inféré des PCK/compréhension des élèves, des PCK/stratégie et des règles d'action de Lucien. Cependant, nous avons également mis en évidence que nos inférences par rapport aux PCK et aux règles d'action de cet enseignant ne se limitent pas seulement à l'analyse de l'observation de la séance de classe basée sur les DI, mais aussi elles prennent appui sur l'analyse de ressource-fille et des entretiens (entretien précédant l'observation de classe, entretien à chaud qui suit l'observation de classe et entretien d'auto-confrontation), et par conséquent sur la triangulation des données issues de ces différents outils méthodologiques.

Nous proposons de synthétiser les PCK que nous avons déduites à partir de cette triangulation dans le tableau ci-dessous (voir **Tableau 32**).

PCK/compréhension des élèves
1. L'enseignant sait que certains élèves éprouvent des difficultés par rapport à l'approche théorique et aux calculs du bilan de matière et ont du mal à être autonomes et à s'impliquer tout seul dans la situation proposée
2. L'enseignant sait que la mise en œuvre par un élève de la notion de même nombre de moles des deux solutions acide et basique, dans le cadre de la neutralisation, signifie que l'élève est très proche de la construction du savoir en jeu

3. L'enseignant sait que si l'élève évoque le changement de couleur comme un indice pour détecter la neutralisation de la base par l'acide, alors il maîtrise à peu près la démarche expérimentale de la neutralisation
4. L'enseignant sait que si l'élève évoque l'idée de la même quantité de matière d'acide et de soude pour faire la neutralisation, donc il est très proche de la construction du savoir en jeu
5. L'enseignant sait que le calcul de la quantité de matière est problématique pour les élèves
6. L'enseignant sait que, dans le cadre de la neutralisation, si les élèves évoquent l'application à l'expérience du résultat théorique du volume de la solution d'acide à verser, et la vérification de la pertinence de ce volume par le changement de couleur du BBT, alors ils conçoivent la démarche expérimentale comme dépendante de la réflexion théorique
7. L'enseignant sait que les élèves ont du mal à distinguer entre la démarche expérimentale et la démarche théorique du problème de la neutralisation de l'acide chlorhydrique par la soude
8. l'enseignant sait que les élèves éprouvent des difficultés à comprendre le principe de mesure et l'utilisation de la burette
9. L'enseignant sait que la notion d'indicateur coloré dans le cadre de la neutralisation acido-basique induit une confusion pour les élèves qui éprouvent des difficultés à comprendre le rôle du BBT par rapport à la phénolphthaléine
10. L'enseignant sait que les élèves confondent la masse avec la masse molaire
11. L'enseignant sait que les élèves confondent le volume avec la masse volumique
PCK/stratégie
1. L'enseignant sait que pour aider les élèves à comprendre la notion de quantité de matière, il est intéressant de faire une neutralisation acido-basique entre l'acide chlorhydrique et l'hydroxyde de sodium
2. L'enseignant sait que pour aborder la notion de la quantité de matière à travers une neutralisation, il est intéressant de faire travailler les élèves sur une démarche théorique et une autre expérimentale
3. L'enseignant sait que pour faire comprendre la notion de quantité de matière à des élèves en difficulté, il est intéressant de leur faire travailler sur une approche expérimentale plutôt que sur une approche théorique et des calculs
4. L'enseignant sait qu'il est intéressant de faire interagir l'élève, qui arrive à dire qu'il faut le même nombre de moles pour la neutralisation acido-basique, avec d'autres élèves qui n'ont pas compris
5. L'enseignant sait qu'il faut laisser l'élève, qui arrive à dire que le changement de couleur indique la neutralisation acido-basique, se confronter à son camarade qui est loin de la construction de ce savoir
6. L'enseignant sait que pour pouvoir identifier les difficultés des élèves par rapport au bilan de matière, il faut amener ceux-ci à préciser et à expliciter ce qu'ils n'arrivent pas à comprendre ou trouvent difficile

7. L'enseignant sait qu'il faut amener les élèves, qui arrivent à considérer la même quantité de matière d'acide et de soude pour la neutralisation, à lier leurs propos aux hypothèses théoriques du problème
8. L'enseignant sait qu'il est intéressant d'amener les élèves à aller chercher des informations et à remobiliser tous seuls les concepts relatifs au calcul de quantité de matière en s'appuyant sur leur cours
9. L'enseignant sait que la démarche expérimentale est un moyen pour mieux appréhender la notion de quantité de matière si les élèves ont du mal à effectuer des calculs théoriques
10. L'enseignant sait que pour déterminer expérimentalement le volume de la solution d'acide à verser pour neutraliser la solution basique, il faut amener les élèves à faire une expérience indépendante de tout calcul théorique, puis à confronter la valeur obtenue expérimentalement avec celle obtenue par calcul théorique
11. L'enseignant sait que pour faire comprendre à un élève en décalage le protocole expérimental de la neutralisation de la soude par l'acide, il faut le laisser mettre en œuvre l'expérience telle qu'il la conçoit
12. L'enseignant sait que, dans le cadre de la neutralisation, pour faire comprendre le principe d'utilisation du BBT par rapport à la phénolphthaléine, il faut amener les élèves à comparer le fonctionnement et le rôle de ces deux indicateurs colorés
13. L'enseignant sait que pour expliciter le concept de la masse et le distinguer d'autres concepts comme la masse molaire, il est intéressant d'évoquer son unité
14. L'enseignant sait que pour expliciter le concept du volume et le distinguer d'autres concepts, il est intéressant d'évoquer son unité

Tableau 32. Liste des PCK inférées à partir de la triangulation des données issues de l'analyse de l'observation de classe, de la ressource-fille et des entretiens

Dans ce qui suit, nous nous centrons sur deux extraits de la séance de classe que nous avons observée et nous montrons que les règles d'action qui y correspondent et qui sont mises en œuvre à travers les PCK inférées prennent leur source dans le style de pensée qui est partagé par Lucien et sa collègue Pauline et que nous avons précédemment identifié (§ 5.1.3).

Des PCK et des règles d'action : conséquence de l'interférence des systèmes d'activité de Lucien au niveau du style de pensée

Nous présentons ici deux extraits de la séance de classe à partir desquels nous inférons des PCK et des règles d'action et nous montrons que ces dernières tirent leur origine du style de pensée que nous avons mis en évidence à travers le travail collectif de Lucien avec Pauline et qui réside dans l'adaptation de la situation d'apprentissage en fonction du niveau des élèves (§ 5.1.3).

Au cours de la mise en œuvre de la ressource-fille en classe, nous avons remarqué que Lucien fixe des objectifs adaptés au niveau de l'élève, il assigne donc des tâches différentes et aménage la consigne du TP selon la difficulté ressentie par l'élève ou ses connaissances des capacités de l'élève. Nous illustrons ceci progressivement à partir des deux extraits (voir

Tableau 33 et Tableau 34) en cernant à chaque fois la façon dont Lucien ajuste la situation d'apprentissage en fonction des difficultés et des niveaux des élèves.

Dans le premier extrait (voir Tableau 33), nous repérons que Lucien précise à l'élève Sarah le travail qu'elle doit faire en lui proposant de se pencher uniquement sur la partie expérimentale du problème posé. Nous observons, à travers cette intervention critique, que Lucien réduit la tâche que l'élève est censé faire et cela au tout début de la séance et avant l'identification de toute difficulté (après huit minutes du début de la séance et lors du premier passage vers cette élève). En effet, Lucien n'a pas demandé à l'élève de s'engager dans la démarche théorique du problème ; il reconnaît que cette approche et les calculs qui y sont correspondants sont susceptibles d'être difficiles pour cette élève et que l'approche expérimentale est plus à sa portée. Donc il ne lui dévolue qu'une partie du problème et adapte, de ce fait, la tâche en fonction du niveau et des capacités de l'élève, et par conséquent selon la spécificité de l'élève. Une PCK/compréhension des élèves, et plus particulièrement une PCK/difficulté des élèves face à l'apprentissage du contenu chimique en jeu est mobilisée ici. Nous la formulons comme ceci : « l'enseignant sait que certains élèves éprouvent des difficultés par rapport à l'approche théorique et aux calculs du bilan de matière et ont du mal à être autonomes et à s'impliquer seuls dans la situation proposée ». En outre, une PCK/stratégie est mise en jeu par Lucien dans cet exemple : « l'enseignant sait que pour faire comprendre la notion de quantité de matière à des élèves en difficulté, il est intéressant de leur faire travailler sur une approche expérimentale plutôt que sur une approche théorique et des calculs ». Par ailleurs, nous inférons une règle d'action mise en œuvre à travers cette PCK et liée à la dimension du modèle ESFI qui relève de la prise en compte de la diversité des élèves (§ 2.1.2) : « adapter la situation à la spécificité de certains élèves ». Ces connaissances et la règle d'action que nous avons inférées sont corroborées par ce que dit Lucien suite au visionnage de cet extrait : « *bah elle [l'élève Sarah] tout de suite je vais la voir pour l'aider à s'approprier ce que je veux faire, et peut être personnaliser un petit peu les consignes que je lui donne quoi pour qu'elles soient plus adaptées à son profil particulier [...]* En gros, c'est l'idée que quand il y a un apprentissage conséquent chez un élève, il faut qu'il travaille sur un problème, qu'il cherche par lui-même un petit peu les éléments de la réponse à ce problème là, mais il faut que la difficulté du problème soit adaptée au pas qu'on veut lui faire franchir [...] Donc il faut arriver à cibler la bonne marche, il y a un terme c'est la zone proximale de développement. Donc là c'est un peu ça, il y a une tâche moyenne et elle n'est pas forcément adaptée à tous les élèves d'emblée » (EAC). Donc Lucien reconnaît bien la difficulté du problème posé par rapport à cette élève, ce qui l'a ainsi amené à réduire la tâche pour qu'elle soit, comme il le mentionne, la plus proche possible de la « zone proximale de développement » de l'élève.

P: Bon Sarah, en fait ce qu'on va faire c'est que tu vas essayer de trouver ça et on va voir là dans quels sont les objectifs que tu te fixes, non pas tout faire, tout faire correctement, mais il y a d'autres trucs à mon avis qui sont tout à fait à ta portée et que je veux t'arriver à faire correctement

E Sarah: déjà faire l'expérience

P: par exemple. D'accord Donc tu essaies de te mettre d'abord sur la partie effectivement la

partie expérimentale et des matériels et puis après en fonction de ça, on verra. Je pense que ça t'es au moins capable de le faire et puis on verra si t'es capable, si t'as envie de faire ça. D'accord. Allez je compte sur toi

Tableau 33. Extrait de la transcription de la séance de DI de Lucien avec E Sarah (temps dans la séance 0 : 08 :28 – 0 : 09 :07)

Dans le deuxième extrait ci-dessous (voir **Tableau 34**), nous observons que Lucien ajuste la situation d'apprentissage en fonction des difficultés rencontrées par les élèves. Cet extrait révèle, en effet, des difficultés des élèves par rapport à la partie théorique du problème, et en particulier au niveau du calcul correspondant à la résolution des hypothèses : d'une part, les élèves n'arrivent pas à distinguer entre la première et la deuxième hypothèse et les considèrent, de fait, comme étant identiques (pour eux mettre le même volume de la solution de soude et d'acide revient à mettre la même masse des deux solutions). D'autre part, bien qu'ils arrivent à formuler la troisième hypothèse en considérant qu'il faut mettre la même quantité de matière pour la neutralisation (ce que Lucien lit dans leurs notes), ils éprouvent des difficultés dans le calcul correspondant : ils multiplient le nombre de moles de NaOH qu'ils ont calculé par la masse molaire de HCl, puis ils procèdent par un produit en croix pour déterminer le volume d'acide à verser. Ceci renforce le développement de la PCK/difficulté de Lucien concernant la difficulté des élèves à effectuer des calculs de la quantité de matière et à donner du sens aux concepts qu'ils mobilisent. C'est d'ailleurs une PCK que nous avons inférée à travers l'analyse de l'observation de classe, mais aussi de l'entretien précédant l'observation de classe (§ 5.1.3) et qui a été, en plus, confirmée par les déclarations de Lucien au cours de l'entretien à chaud : « les élèves ont du mal à faire le calcul du nombre de moles, c'est clairement difficile pour eux » (EC). Signalons que dans l'analyse de la ressource-fille, nous avons souligné l'idée que le calcul de la quantité de matière peut être une source de difficultés pour les élèves puisqu'il met en jeu plusieurs concepts que les élèves doivent mobiliser.

E1: on a fait le 1 (l'hypothèse 1), on a fait le 2 (l'hypothèse 2) mais on a trop
P: bon, ok. Donc solution de soude 0,25g + 50 ml (P lit les notes des élèves). Donc pour vous l'hypothèse 2 et l'hypothèse 1
E1: ça revient au même
P: ça revient au même
E1: oui, c'est un peu bizarre d'ailleurs
P: c'est bizarre. En gros mettre le même volume ça revient à mettre les mêmes masses. Bon, et donc là on prend le même nombre de moles (P lit les notes des élèves). Alors 0,00625 moles ça vient d'où ça?
E1: le calcul au tout début
P: d'accord, 0,25g divisé par 40g/mol ça fait 0,00625 moles et après vous faites fois 16g/mol. C'est quoi le 16,5g/mol, c'est quoi, ça sort d'où ça
E1: c'est, on a fait tous les calculs au début
P: vous avez trouvé où ça 15,5 HCl
E1: ça c'est H, or ça c'est, dans la classification

E2: H c'est 1
P: H c'est 1
E1: H donc c'est 1 et Cl c'est 15,5
P: non c'est pas 15,5; c'est 35,5
E1: ah
P: bon, admettons
E1: il faut que je change le calcul
P: et donc vous faites ça fois ça, des moles fois des g/mol, ça va vous donner
E1: le nombre de grammes
P et après
E1: et donc là ensuite on met le nombre de grammes qu'on a trouvé, enfin produit en croix et on trouve le même
P: bon, ok je vous dis pas tout est parfait mais en tout cas vous avez déjà quand même posé pas mal de choses. On reprendra ça après. Est-ce que au niveau de votre expérience, est-ce que vous voyez ce que vous allez faire maintenant, puis est-ce que vous voyez le lien entre l'expérience et votre réflexion théorique? Réfléchissez à la partie expérimentale, je reviens pour que vous m'expliquez comment vous voulez faire, d'accord et comment expliquez le lien entre l'aspect expérimental et l'aspect théorique

Tableau 34. Extrait de la transcription de la séance de DI de Lucien avec le binôme 2 (temps dans la séance 0 : 37 : 31 – 0 : 40 : 54)

Cependant, devant ces difficultés que Lucien a identifiées dans le raisonnement des élèves, il a choisi de faire passer les élèves tout de suite à la partie expérimentale du TP. Ainsi, il adapte sa ressource-fille dans l'usage en fonction des difficultés d'apprentissage des élèves qu'il repère et il réorganise, de ce fait, la division du travail et la distribution des tâches. Il apparaît cependant qu'il ne traite pas ces difficultés relevant de l'approche théorique, mais il fait travailler les élèves sur l'approche expérimentale qui semble plus à leur portée. D'ailleurs, nous avons inféré ceci non seulement avec ce binôme d'élèves, mais également avec tous les autres groupes pendant ce TP. Une PCK/stratégie est donc mise en jeu ici : « l'enseignant sait que la démarche expérimentale est un moyen pour mieux appréhender la notion de quantité de matière si les élèves ont du mal à effectuer des calculs théoriques ». C'est ainsi que Lucien choisit d'aborder la quantité de matière selon l'approche expérimentale et fait passer les élèves à l'expérimentation quand ceux-ci butent sur des difficultés relevant de l'approche théorique. Ceci correspond ainsi à l'adaptation *in situ* de la ressource-fille afin de faire avancer le temps didactique. Par conséquent, la règle d'action que nous pouvons déduire à travers les connaissances inférées relève de la dimension du modèle ESFI liée à la prise en compte de la diversité des élèves, vis-à-vis de la tâche demandée, suivant les difficultés rencontrées par ceux-ci : « modifier la tâche pour maintenir l'engagement de certains élèves ».

Ainsi, les deux exemples d'extraits que nous venons de présenter montrent que Lucien aménage *in situ* sa ressource-fille en fonction des difficultés et des niveaux des élèves, soit en

adaptant la situation à la spécificité des élèves, soit en modifiant la tâche pour maintenir leur engagement. Or à travers l'analyse des interactions collectives de Lucien avec Pauline, qui ont abouti à la conception de la ressource-fille observée en classe, nous avons relevé un style de pensée porté par ces enseignants et qui consiste à prendre en compte la diversité des élèves et à ajuster la situation d'apprentissage suivant les capacités des élèves et les difficultés que ceux-ci rencontrent (§ 5.1.3). Nous pouvons donc inférer que les règles d'action de Lucien, qui sont liées, comme nous l'avons montré dans ces deux extraits, à la dimension de la considération de la diversité des élèves du modèle ESFI et qui sont mises en œuvre au sein de son système d'activité en classe, émanent de ce style de pensée partagé au sein de son système d'activité impliquant sa collègue Pauline. Plus précisément, nous considérons qu'il s'agit ici d'une interférence entre ces deux systèmes d'activité au niveau du style de pensée (§ 2.4.5). Suivant cette interférence (voir **Figure 47**), nous inférons que ce style de pensée est intégré au niveau des règles d'action de Lucien en classe. En outre, comme les règles d'action sont mises en œuvre à travers les PCK, nous pouvons relever que les PCK que nous avons identifiées dans ces deux extraits sont, certes, imprégnées de ce style de pensée, elles sont donc une conséquence de l'interférence des systèmes d'activité de Lucien que nous avons mise en exergue. Plus profondément encore, cette interférence n'entraîne pas seulement un effet producteur de PCK, mais aussi des orientations de Lucien pour les DI étant donné que ces orientations pilotent les règles d'action de Lucien. De ce fait, nous déduisons que Lucien développe des PCK et des orientations pour les DI induites par l'interférence, au niveau du style de pensée, entre ses systèmes d'activité.

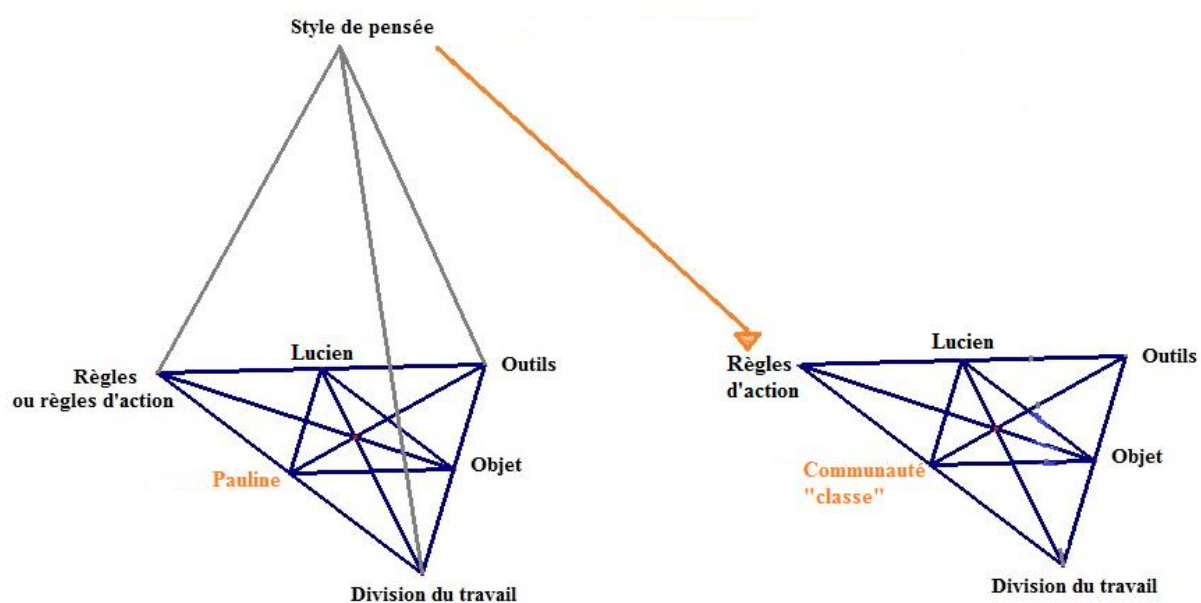


Figure 47. Interférence, au niveau du style de pensée, entre le système d'activité de Lucien impliquant sa collègue Pauline et son système d'activité au sein de la communauté de classe

Quelles orientations pour les DI?

Nous présentons ici les orientations de Lucien pour les DI que nous avons inférées à partir de l'analyse de ressource-fille, d'une part, et de la mise en œuvre de ressource-fille, d'autre part. Rappelons que, suivant notre méthodologie d'analyse (§ 3.4.6), nous avons envisagé ces orientations comme des connaissances qui pilotent les règles d'action de

l'enseignant. Plus précisément, nous les avons considérées comme un ensemble des règles d'action de l'enseignant repérées dans sa pratique et à travers ses ressources-filles.

Comme nous venons de le montrer, l'analyse croisée de l'observation de classe, de la ressource-fille et des entretiens nous a permis d'inférer des PCK/compréhension des élèves et des PCK/stratégie que Lucien mobilise pour conduire une séance de DI. Plus largement encore, nous avons relevé des règles d'action mises en œuvre à travers ces PCK et déterminées en référence au modèle ESFI à six dimensions (§ 3.4.6).

Suivant notre méthodologie d'analyse (§ 3.4.6), nous proposons, à partir du regroupement de l'ensemble des règles d'action identifiées, de dégager des orientations de Lucien pour les DI par rapport aux six dimensions du modèle ESFI (voir **Tableau 35**).

Dimension du modèle ESFI	Niveau	Règles d'action
Questionnement	1	Proposer le problème
Problème	3	proposer une consigne ouverte et un matériel limité
Responsabilité	2	amener les élèves à concevoir plusieurs procédures
	3	rendre les élèves responsables du processus d'investigation
Diversité	2	modifier la tâche pour maintenir l'engagement de certains élèves
	3	Vérifier la compréhension dans chaque groupe
	4	Adapter la situation à la spécificité de certains élèves
Argumentation	1	Faciliter la communication des élèves dans les petits groupes
Explicitation	1	Enoncer les attentes pour la séance en cours

Tableau 35. L'ensemble des règles d'action de Lucien

Par conséquent, nous situons les orientations de Lucien dans un espace à six dimensions. Comme le montre le **Tableau 35**, les règles d'action mobilisées par rapport à la dimension relative à la prise en compte de la diversité des élèves sont celles qui atteignent chez Lucien le plus haut niveau de réalisation (niveau 4), suivies respectivement des dimensions « responsabilité » et « problème ». En fait, pour prendre en compte la diversité des élèves, Lucien va jusqu'à adapter la situation à la spécificité de certains élèves. Ceci a d'ailleurs été mis en évidence dans la partie précédente et a été interprété comme une conséquence de l'interférence, au niveau du style de pensée, entre le système d'activité de Lucien impliquant sa collègue Pauline et son système d'activité au sein de la communauté de classe. Ainsi, Lucien développe des connaissances professionnelles, et plus particulièrement des

orientations pour les DI, générées par cette interférence qui s'effectue au niveau du style de pensée.

Par ailleurs, nous constatons que les dimensions « questionnement », « argumentation », et « explicitation » correspondent aux règles d'action centrées majoritairement sur l'enseignant dans la mise en œuvre de DI (car correspondant au niveau ou palier 1, voir le modèle ESFI, § 2.1.2). En revanche, les autres dimensions relatives à la responsabilité confiée aux élèves, la nature du problème, et la prise en compte de la diversité des élèves correspondent aux règles d'action davantage centrées sur l'élève. Nous illustrons par une représentation graphique les niveaux de règles d'action de Lucien inférées à partir de notre analyse (voir **Figure 48**).

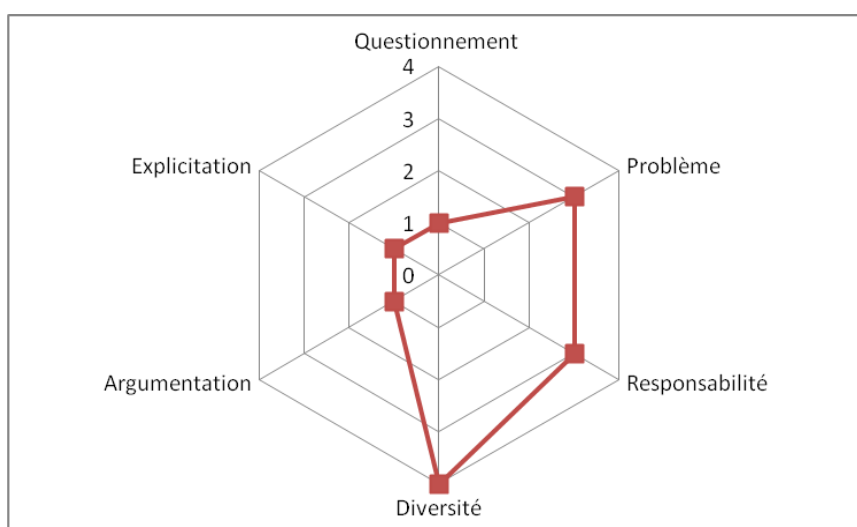


Figure 48. Représentation graphique des niveaux de règles d'action qui guident l'activité de Lucien lors de la mise en place des DI

Ainsi au cours de la mise en place de DI, Lucien, guidé par ses orientations, privilégie la prise en compte de la diversité des élèves, favorise la communication et la confrontation des points de vue entre les petits groupes, et tâche de rendre les élèves responsables du processus d'investigation.

Synthèse de l'analyse des PCK et des orientations de Lucien pour les DI

Nous avons explicité dans cette partie notre analyse des PCK, des règles d'action, et des orientations de Lucien pour les DI. Nous avons montré que nos inférences de ces connaissances professionnelles s'adossent à la triangulation et au croisement de l'analyse émanant des différents outils méthodologiques, notamment de l'analyse de l'observation de classe, de ressource-fille, et des entretiens.

Nous avons identifié à travers notre analyse que Lucien laisse ses élèves travailler en autonomie. Ces derniers ont une responsabilité importante vis-à-vis du savoir en jeu et leurs productions constituent le point de départ de Lucien pour faire avancer le savoir en classe. Nous avons également constaté que la façon dont Lucien définit et pense les DI influe sur la façon dont il met en place la ressource-fille en classe et gère ses échanges avec ses élèves.

Nous avons aussi relevé que les PCK sont des connaissances professionnelles dépendant du contexte de la situation et de la nature du savoir en jeu. En outre, nous avons identifié, au sein du système d'activité de Lucien en classe, des règles d'action qui tirent leur origine du style de pensée qui s'implante au sein du système d'activité de Lucien impliquant sa collègue Pauline. Nous avons interprété ceci comme une interférence, au niveau du style de pensée, entre ces deux systèmes d'activité. Nous avons, en plus, mis en évidence que cette interférence induit un développement des connaissances professionnelles de Lucien, en particulier de ses PCK et de ses orientations pour les DI. Ces connaissances professionnelles s'avèrent à la fois un moyen d'action, mais aussi le résultat de l'action ; elles sont simultanément mobilisées et produites au fil du travail documentaire de Lucien, elles sont donc des *connaissances ouvragées* (§ 2.3.1).

5.1.5. Conclusion de l'analyse de la documentation et du système d'interactions de Lucien, première année de suivi

Nous avons présenté dans l'ensemble de cette partie l'analyse du système de ressources de Lucien, de ses systèmes d'activité, d'une étape du cycle de vie d'un document correspondant à la conception d'une ressource-fille basée sur les DI ainsi que l'analyse des PCK et des orientations de Lucien pour les DI qui pilotent la conception et l'usage de cette ressource-fille. Des données « naturelles » du terrain expérimental et des outils méthodologiques « artificiels » ont été exploités au cours de cette analyse qui concerne la première année de suivi de Lucien. Nous avons appliqué, tout au long du traitement des données, le principe de triangulation afin d'approcher, autant que faire se peut, la documentation et le système d'interactions de Lucien identifiés au cours de cette année de suivi.

L'analyse de nos données met en évidence deux systèmes d'activité de Lucien impliquant deux communautés professionnelles au sein de son lycée : la première rassemble les professeurs de SPC de son lycée et la deuxième concerne son travail collectif pluridisciplinaire et implique ses collègues du lycée enseignant une autre discipline que les SPC dans la même classe que la sienne. Plus précisément, nos analyses montrent que les interactions collectives de Lucien se font essentiellement avec la première communauté, des échanges avec des collègues extérieurs à son lycée sont néanmoins minimes et marginaux. Nous avons également pu mettre en exergue des règles et des caractéristiques du style de pensée porté par la communauté de ses collègues de SPC du lycée, qui reflètent bien une ouverture au travail collectif et à la mise en commun de ressources, de pratiques enseignantes et du travail des élèves.

Nous avons aussi relevé, à travers nos analyses, que le système de ressources de Lucien est fortement alimenté par son travail collectif, en particulier au sein de la communauté formée de ses collègues de SPC du lycée. En effet, les échanges de Lucien avec ses collègues semblent constituer avec ses archives le *cœur* de son système de ressources. Nous avons qualifié d'*osmose* le rapport entre le système de ressources de Lucien et ceux de ses collègues, en particulier celui de sa collègue Pauline. Le traitement des données révèle que c'est avec Pauline que Lucien co-produit souvent de ressources-filles, mène une réflexion générale

collective sur son enseignement et échange de ressources. D'ailleurs, c'est le travail collectif de Lucien avec Pauline qui a favorisé et appuyé la conception et la mise en œuvre, pour la *première* fois, d'une ressource-fille fondée sur les DI et portant sur l'enseignement de la quantité de matière.

Nous avons également pu identifier des modalités d'intervention du travail collectif de Lucien avec Pauline au niveau des étapes du cycle de vie d'un document : il apparaît, en effet, que le travail collectif intervient au niveau de la recherche de ressources pour un objectif d'enseignement, de la conception de ressource-fille et de la révision de celle-ci après sa mise en œuvre en classe. Ainsi, ce travail collectif semble un élément déterminant qui contribue à la réorganisation et à la restructuration, que nous qualifions de *locales*, du système de ressources de Lucien ; il constitue un appui pour l'élaboration et la mise en œuvre de ressource-fille dans la perspective de DI. Plus encore, nos données montrent que ce travail collectif a un double apport *productif/constructif* (Rabardel, 2005) pour la propre documentation de Lucien en ce sens qu'il touche tant la production de ressource-fille que le développement des connaissances professionnelles de Lucien, en particulier ses PCK et ses orientations pour les DI. Il semble donc jouer un rôle prééminent dans l'évolution du système documentaire de Lucien. Nous considérons ainsi qu'il s'agit d'un *germe* du développement professionnel de Lucien dans la perspective de DI, induit par son travail collectif.

Nous avons, en outre, constaté que le système d'activité de Lucien impliquant sa collègue Pauline et son système d'activité au sein de la communauté de classe sont liés entre eux. Nous avons, en plus, montré que cette articulation entre ces deux systèmes d'activité se fait au niveau des ressources, mais aussi au niveau du style de pensée partagé par ces deux enseignants. Nos analyses révèlent que cette interférence au niveau des ressources et du style de pensée génère un effet producteur de ressources et de connaissances professionnelles, notamment des PCK et des orientations pour les DI.

Ainsi, si l'on part de la définition que nous avons attribuée au système d'interactions de l'enseignant (§ 2.4.4), nous pouvons inférer, à travers nos données, que le système d'interactions de Lucien est principalement constitué de trois systèmes d'activité au sein du lycée, le premier impliquant la communauté de ses collègues de SPC, le deuxième la communauté des professeurs d'autres disciplines enseignant dans la même classe que celle de Lucien, et le troisième la communauté de classe. Cependant, nos données n'ont pu mettre en évidence que des liens entre le premier et le troisième système d'activité.

5.2. Analyse de la documentation et du système d'interactions de Lucien, deuxième année de suivi

Nous présentons dans cette partie l'analyse de la documentation et du système d'interactions de Lucien pendant la deuxième année de suivi (année 2010/2011). Pour ce faire, nous exploitons les différents outils méthodologiques que nous avons mis en place au cours de cette année (§ 3.3.3).

Nous avons mis en évidence pendant la première année de suivi de Lucien une réorganisation locale de son système de ressources et un germe de son développement professionnel engendré par son travail collectif. Au cours de cette deuxième année de suivi, nous cherchons à examiner si ce germe est encore plus développé pour engager une évolution plus profonde de l'activité de Lucien, de ses ressources-filles et de ses connaissances professionnelles dans la perspective de DI.

Nous commençons d'abord par l'analyse du système de ressources de Lucien (§ 5.2.1), puis nous analysons ses systèmes d'activité (§ 5.2.2). Nous continuons par l'analyse d'une étape du cycle de vie d'un document, à savoir la conception par Lucien de ressources-filles basées sur les DI (§ 5.2.3). Ensuite, nous abordons l'analyse des PCK et des orientations de Lucien pour les DI (§ 5.2.4). Nous présentons enfin une conclusion de l'analyse de la documentation et du système d'interactions de Lucien au cours de cette deuxième année de suivi (§ 5.2.5).

5.2.1. Analyse du système de ressources de Lucien

Nous analysons ici le système de ressources de Lucien en exploitant l'entretien général (dont la transcription se trouve dans l'annexe 10) ainsi que la représentation schématique de son système de ressources (RSSR) qu'il a tracée au cours de cet entretien. Bien entendu, nous croisons ce qui a été dit lors de l'entretien avec ce qui a été dessiné. Notons que dans la partie suivante (§ 5.3.1), nous nous attachons à mettre en évidence l'évolution du système de ressources de Lucien au cours de la première et de la deuxième année de son suivi et nous comparons, entre autres, les deux RSSR réalisées au cours de ces deux années consécutives.

Le travail documentaire de Lucien se nourrit d'une diversité de ressources. Cette année (correspondant à la deuxième année de son suivi) les ressources que Lucien mobilise sont essentiellement ses archives personnelles, papier et informatique, ainsi que les ressources de ses collègues et les discussions avec eux. Il utilise également des ressources en ligne (des animations, des TP sélectionnés sur des sites, etc.). En outre, une autre catégorie de ressources occupe cette année, comme il le mentionne, une place importante dans son travail : il s'agit selon ses termes de la « *littérature pédagogique* » (EG, annexe 10, phrase 25) reposant sur des ressources issues principalement du groupe GFEN (Groupe Français d'Education Nouvelle), un mouvement de recherche et de formation en éducation. Signalons que nous détaillons dans la partie suivante (§ 5.2.2) la communauté du GFEN en explicitant ses caractéristiques (style de pensée, règles) et le système d'activité de Lucien au sein de cette communauté. Cette catégorie de ressources, que Lucien qualifie de littérature pédagogique, constitue une nouvelle ressource qui a été intégrée cette année dans son système de ressources et qui est due à ses échanges avec le GFEN. De ce fait, cette intégration de nouvelles ressources constitue un moyen utile pour développer de nouveaux documents, mais peut aussi contribuer au développement des connaissances professionnelles de Lucien susceptibles d'intervenir dans les documents impliqués dans son enseignement.

Parmi la variété des ressources que nous venons d'évoquer, Lucien accorde une grande importance à ses archives, aux ressources de ses collègues et à ses échanges avec eux ainsi qu'à la lecture pédagogique induite par ses interactions collectives avec le GFEN. D'ailleurs,

il considère cette dernière catégorie de ressources comme étant très enrichissante et très stimulante pour son propre travail.

La représentation schématique du système de ressources (RSSR) de Lucien corrobore, en effet, ses déclarations dans la mesure où ses archives personnelles (ce qu'il note comme « *archives perso* » dans sa RSSR), ses collègues et la littérature pédagogique (qu'il appelle la « *théorisation des pratiques* » dans sa RSSR) constituent les trois principales ressources qui nourrissent son travail documentaire (Figure 49). On repère que ce qui reste le cœur du travail documentaire de Lucien est la conception de nouvelles séquences d'enseignement qui seront effectivement mises en œuvre en classe. Cette phase de conception occupe le centre de la RSSR ; son importance dans le travail documentaire de Lucien est d'ailleurs mise en exergue par le nombre de termes qui lui sont directement ou indirectement liés (voir méthodologie d'analyse des représentations schématiques, § 3.4.2).

Comme l'illustre Lucien par des flèches de couleur bleue, la conception de ses séquences d'enseignement est irriguée par ses « *archives perso* » et ses « *collègues* ». En effet, ces deux pôles, qui alimentent la conception de son enseignement, semblent occuper une place considérable dans son système de ressources : on voit que de nombreuses flèches en partent et y arrivent. Plus précisément, ses archives consistent en des exemples d'activités (que faire faire aux élèves) et des fichiers donnés aux élèves. Dans ces archives résident également une structuration sous-jacente du savoir (une formulation du cours, un découpage du cours et des exercices qui y correspondent, bref qu'est-ce qu'on va arriver à faire comprendre aux élèves) ainsi que des ressources comme des textes, des images, des revues scientifiques. Pour concevoir de nouvelles séquences d'enseignement en s'appuyant sur ses archives, Lucien note qu'il effectue un travail de sélection et de reformulation ; ses archives constituent, de fait, une source d'inspiration au cours de sa démarche de conception.

Une autre principale source d'inspiration pour la conception de ses nouvelles séquences provient de ses « *collègues* » de SPC du lycée : les échanges avec ses collègues, leurs archives, leur vécu et leur bilan personnel alimentent très fortement la conception comme le note Lucien sur sa RSSR. Par une flèche noire en pointillé qui part de ses « *archives* » et arrive aux « *archives* » de ses « *collègues* », Lucien met en évidence une relation forte entre ses propres archives et celles de ses collègues : « *alors les collègues dans cette histoire ça ressemble, c'est-à-dire qu'ils ont leurs archives qui sont comparables aux miennes bien sûr ou la même chose, le même type de choses* » (EG, annexe 10, phrase 69). Ceci témoigne donc de la présence d'un *répertoire partagé* intégrant de ressources communes à Lucien et ses collègues. De ce fait, une très forte interaction entre son système de ressources et ceux de ses collègues semble exister. Ceci renforce d'ailleurs le résultat que nous avons mis en évidence au cours de la première année de suivi de Lucien par rapport à l'*osmose* qui règne entre le système de ressources de Lucien et ceux de ses collègues (§ 5.1.2). Cependant, Lucien précise que ses échanges avec ses collègues demandent de temps, le temps pour discuter, mais aussi pour aller voir en classe ce que font les autres collègues : « *on s'efforce autant que possible de s'inspirer de ce que font les autres pour arriver à homogénéiser un peu mieux, on essaye souvent quand on a le temps d'aller voir en classe ce que fait l'autre, et d'aller voir aussi en direct les élèves* » (EG, annexe 10, phrase 69). Donc ceci nous permet de confirmer la validité des deux règles que nous avons déjà inférées au cours de la première année de suivi de Lucien (§ 5.1.2) et qui

régissent ses interactions au sein de la communauté de ses collègues de SPC du lycée : la première consiste à échanger voire à mutualiser des ressources et la deuxième concerne le suivi de la mise en œuvre de la ressource-fille à travers des observations croisées en classe. Ainsi, ce n'est tout simplement pas une mutualisation de ressources qui semble régner dans cette communauté, mais c'est plutôt une mutualisation de pratiques qui est vraiment en jeu. Plus qu'un système de ressources communes, ce sont bel et bien des éléments de systèmes documentaires qui sont partagés dans cette communauté. Par ailleurs, Lucien et ses collègues ont également des productions communes de ressources qui concernent essentiellement l'évaluation des élèves, ils ont co-produit une grille d'items à évaluer ; il s'agit de fait d'un vrai travail commun qui constitue un cadre contraignant qui s'impose à chacun d'eux.

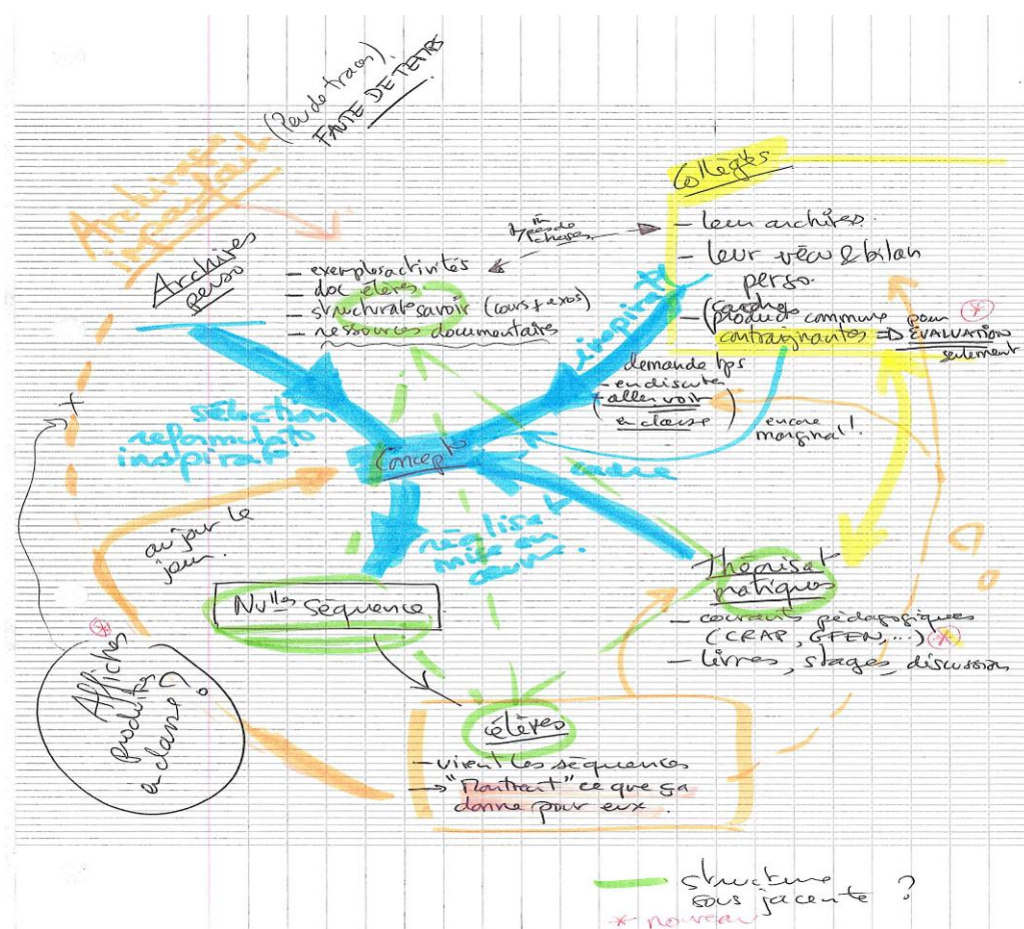


Figure 49. RSSR de Lucien, année n+1

D'après tout ce qui précède, nous pouvons repérer que les collègues de Lucien participent au développement de sa propre documentation, son travail collectif semble intervenir au niveau de la conception de ses ressources-filles, une étape du cycle de vie d'un document.

Par ailleurs, la « *théorisation des pratiques* » constitue, comme le montre la RSSR, la troisième source qui intervient dans le travail documentaire de Lucien. Elle est due à ses interactions avec différents courants pédagogiques, en particulier le GFEN, à travers des ouvrages, des stages et des discussions. Elle induit, comme le rapporte Lucien, des conséquences sur la façon de concevoir ses ressources-filles. Lucien affirme d'ailleurs qu'au

sein de la communauté de ses collègues de SPC du lycée existe une théorisation de la pratique commune qu'il illustre par une flèche jaune à double sens entre « collègues » et « théorisation des pratiques » : « avec les collègues, on a une théorisation de la pratique commune et cette théorisation a quand même pas mal de conséquences sur la façon de concevoir les séquences d'enseignement » (EG, annexe 10, phrase 69). Nous considérons que cette théorisation commune de leurs pratiques d'enseignement ne peut que traduire des caractéristiques du style de pensée de cette communauté.

Après l'étape de la conception, arrive une autre étape du cycle de vie d'un document que Lucien représente dans sa RSSR : il s'agit de la mise en œuvre de ressource-fille en classe où les nouvelles séquences sont testées avec des « élèves ». Ceux-ci « vivent les séquences » et y réagissent. Toutefois, le problème pour Lucien est « l'archivage imparfait », faute de temps, du retour des élèves ; il précise qu'il possède peu de traces dans ses archives de ce qui se passe avec les élèves, il n'a de fait qu'un souvenir global de leurs réactions. Lucien souligne alors l'importance de garder dans ses archives une trace du retour et des productions d'élèves dès lors que la ressource-fille a été mise en œuvre.

Ce qui constitue vraiment une nouveauté dans le travail de Lucien avec ses élèves cette année c'est la production en classe, par les élèves, des *affiches* (voir un exemple d'une affiche d'un groupe d'élèves, Figure 50).

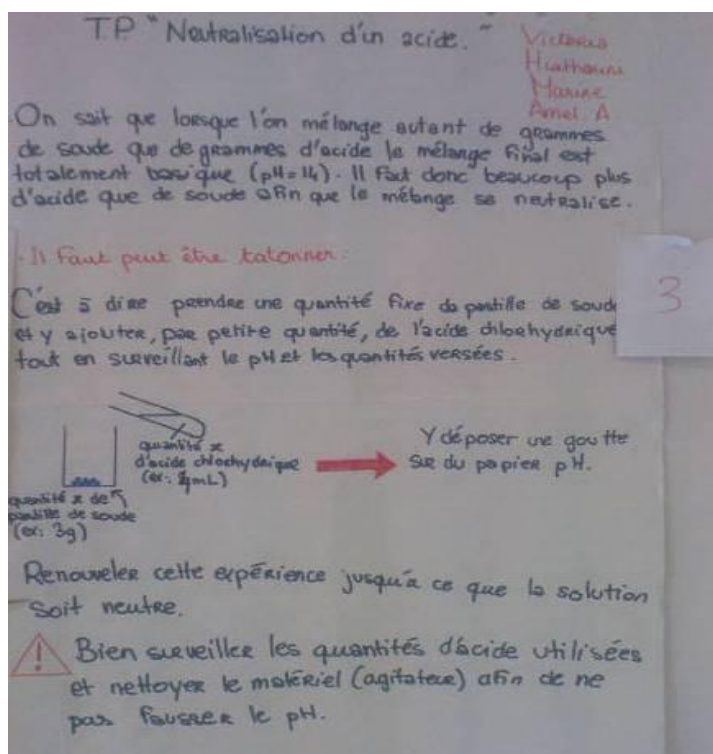


Figure 50. Exemple d'une affiche produite par un groupe d'élèves lors d'une séance de TP de Lucien

En effet, Lucien et ses collègues de SPC de son lycée ont découvert lors d'un stage organisé par le GFEN une méthode pour organiser le travail collectif des élèves en classe qui consiste à faire travailler ceux-ci avec des affiches. Ayant trouvé cette méthode intéressante du fait que ces affiches dynamisent les interactions et la confrontation des différents points de vue des élèves, Lucien et ses collègues ont fait le choix de transposer cette méthode dans leurs

classes et d'amener donc leurs élèves à produire des affiches. Celles-ci reflètent le raisonnement et l'état de réflexion des élèves en réponse à un problème posé même si leur raisonnement n'est pas correct ; elles synthétisent donc leurs démarches, leurs résultats et éventuellement leurs difficultés. Elles servent comme ressources pour le travail de Lucien en classe avec ses élèves, mais aussi Lucien et ses collègues ont exploitées les affiches dans le cadre de leur travail collectif : ils se font montrer les affiches produites par leurs élèves, ils discutent alors des productions des élèves en réponse à une consigne donnée voire de la pertinence des consignes qu'ils donnent aux élèves et de leur choix de progression : *« là cette année on fait faire des affiches aux élèves, ils ont du travail à faire, ils doivent produire des documents comme ça qu'on affiche avec lequel on travaille en classe mais que du coup nous on peut garder. Ces affiches là sont très importantes pour nous pour montrer, voir avec cette consigne ce que les élèves ont produit et pour discuter entre nous de la pertinence des consignes qu'on donne et de ce qu'on veut faire »* (EG, annexe 10, phrase 69). Les affiches semblent donc constituer un outil très important pour le travail collectif des enseignants. En effet, c'est un nouvel outil dont l'exploitation est due aux interactions de Lucien et de ses collègues avec le GFEN, il a été introduit cette année comme un moyen d'archivage du retour des élèves et, encore plus, comme un moyen de mutualisation des pratiques des enseignants. A travers cette nouvelle ressource qu'est l'affiche, Lucien et ses collègues ont effectué un retour fort vers les élèves, en particulier vers ce qui se passe effectivement en classe. Il s'agit donc d'une mise en commun du travail, des productions et du raisonnement des élèves, ce qui aurait des effets sur le développement des PCK/ compréhension des élèves de Lucien dans la mesure où cette mise en commun lui permettrait d'identifier des réactions et des difficultés d'apprentissage d'autres élèves. En outre, cette exploitation des affiches intervient plus particulièrement au niveau de la révision de la ressource-fille après usage, une étape du cycle de vie d'un document ; autrement dit, pour revoir ce qui s'est passé en classe et nourrir la ressource-fille des effets observés, Lucien et ses collègues mobilisent les affiches produites par les élèves. Ceci atteste aussi de la présence d'une règle que nous avons précédemment identifiée au sein de cette communauté (§ 5.1.2) et qui réside dans la discussion sur le travail des élèves après la mise en œuvre de la ressource-fille en classe. Ainsi, les affiches semblent constituer un outil à travers lequel les interactions collectives de Lucien avec ses collègues, autour du travail des élèves, ont été développées et ceci tire évidemment parti des interactions collectives au sein du GFEN parce que c'est dans ce groupe que ces enseignants ont découvert la technique de travail avec les affiches. Ceci montre donc l'impact du GFEN sur le développement d'outils de la communauté des collègues de SPC du lycée de Lucien.

Dans sa RSSR, Lucien illustre par un triangle de couleur verte en pointillé trois pôles : l'élève, le savoir et la pratique d'enseignement et d'apprentissage. Il note que ces trois éléments sont liés entre eux et forment la structure sous-jacente de la pratique enseignante : il précise qu'avec la conception théorique de l'enseignement et de l'apprentissage, le savoir et les élèves, les séquences d'enseignement sont construites, elles en sont donc le résultat.

Pour mettre en évidence, sur la RSSR, les nouvelles ressources qui ont été intégrées cette année dans son système de ressources, Lucien met un astérisque auquel il fait correspondre une note en bas de page : il apparaît donc que les affiches produites en classe par les élèves, la littérature pédagogique et les productions communes avec ses collègues portant plus

particulièrement sur l'évaluation sont tout à fait de nouvelles ressources qui viennent s'ajouter à son système de ressources.

Par ailleurs, nous relevons dans cette RSSR la présence de trois boucles (voir méthodologie d'analyse des représentations schématiques, § 3.4.2) dont les deux étapes du cycle de vie, à savoir la conception et la mise en œuvre de ressource-fille, constituent le centre. La première boucle « collègues – conception – nouvelles séquences – élèves – collègues » montre que le travail collectif de Lucien avec ses collègues intervient au niveau de la conception de nouvelles séquences d'enseignement qui seront mises en œuvre en classe, et que le retour des élèves est aussi l'objet d'échanges entre Lucien et ses collègues. Ceci étaye davantage nos inférences quant à l'importance accordée à la discussion sur le travail des élèves au sein de la communauté de ses collègues de SPC du lycée et, encore plus, ceci met en évidence que le travail collectif de Lucien intervient au niveau de la révision de la ressource-fille, après usage en classe, en prenant appui sur le retour des élèves. Ainsi, cette boucle sous-tend trois étapes du cycle de vie d'un document. Il s'agit de la conception d'une ressource-fille où la communauté en jeu est formée des collègues de Lucien ; de la mise en œuvre de la ressource-fille en classe où la communauté qui intervient est la communauté de classe ; et de la révision de la ressource-fille après sa mise en œuvre en classe, en fonction du retour des élèves, et où la communauté des collègues de Lucien intervient à nouveau.

Plus précisément encore, cette boucle reflète une interférence entre le système d'activité de Lucien au sein de la communauté de ses collègues de SPC du lycée et son système d'activité impliquant la communauté de classe. Si l'on interprète cette boucle sous l'angle du modèle du système d'activité (§ 2.4.3), nous inférons que cette inférence a lieu, tout particulièrement, au niveau des ressources (§ 2.4.5) (Figure 51) : le système d'activité de Lucien impliquant sa communauté du lycée et dirigé vers l'objet « conception d'une ressource-fille », une étape du cycle de vie d'un document, aboutit à un résultat qui consiste en l'atteinte de l'objet de départ : une ressource-fille est donc produite. Celle-ci est ensuite mise en œuvre par Lucien en classe où elle est intégrée dans son système d'activité impliquant la communauté de classe et orienté vers un autre objet correspondant à une autre étape du cycle de vie d'un document, à savoir la mise en œuvre de ressource-fille. De ce fait, cette ressource-fille, qui consistait initialement en un résultat du système d'activité de Lucien au sein de sa communauté du lycée, est transformée en une autre entité et intégrée comme un outil mobilisé par Lucien au sein de la communauté de classe. Le retour élève qui émerge comme résultat du système d'activité de Lucien en classe est à son tour transformé et intégré sous une autre entité, notamment en tant qu'outil, dans un autre système d'activité de Lucien impliquant sa communauté du lycée et orienté vers la révision de la ressource-fille, une étape du cycle de vie d'un document. Le résultat qui se dégage de ce système d'activité peut être également transformé en une autre entité dans un autre système d'activité orienté vers la conception d'une nouvelle ressource-fille.

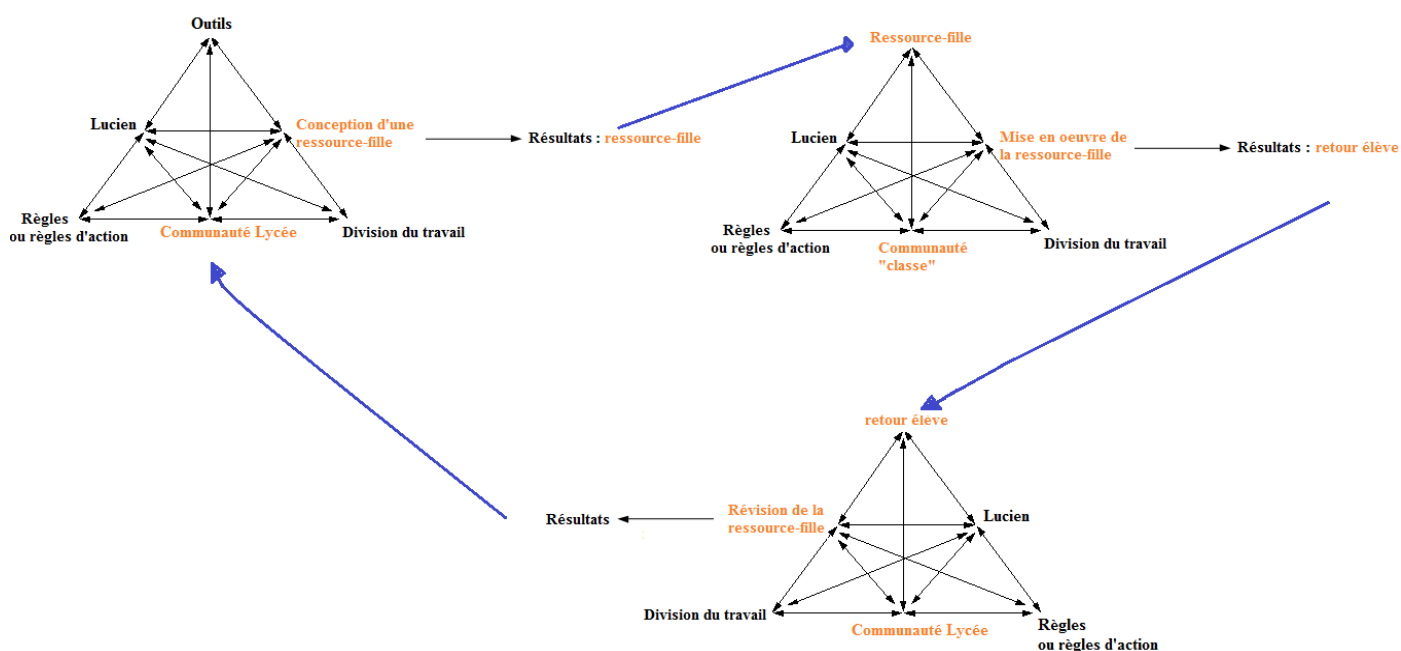


Figure 51. Interférence, au niveau des ressources, des systèmes d'activité de Lucien inférée à partir de sa RSSR

En ce qui concerne la deuxième boucle « conception – nouvelles séquences – élèves – affiches – conception », elle met en évidence le fait que le retour des élèves influe sur la conception de ressource-fille. Ce retour qui se manifeste en particulier à travers les affiches produites par les élèves appuie davantage l'idée de l'importance de ces affiches pour le travail documentaire de Lucien. Celles-ci, qui sont de nouvelles ressources exploitées cette année par Lucien et ses collègues et qui sont dues à leurs interactions avec le GFEN, semblent ainsi nourrir le système de ressources de Lucien ; un rôle est donc dédié à ces affiches dans le développement de son système documentaire.

Quant à la troisième boucle « théorisation des pratiques – conception – nouvelles séquences – élèves – théorisation des pratiques », elle rend compte de deux aspects. Le premier a trait à l'influence de la théorisation de la pratique enseignante, induite par des ressources que Lucien qualifie de « littérature pédagogique » (livres, stages, discussions avec des groupes, en particulier le GFEN), sur la conception de ses séquences d'enseignement. Par rapport au deuxième aspect, il reflète le rôle du retour des élèves sur la théorisation de cette pratique. Ainsi, nous constatons que le retour des élèves intervient à plusieurs niveaux : d'un côté, il influe sur la conception de ressource-fille (ce que nous avons mis en évidence à travers la deuxième boucle) et, de l'autre côté, il nourrit la théorisation de la pratique de Lucien (ce qui apparaît à travers la troisième boucle).

Par ailleurs, le croisement de la RSSR de Lucien avec ce qu'il a dit lors de l'entretien général confirme la grande importance qu'il donne à ses archives et à ses échanges avec ses collègues : ces deux types de ressources alimentent fortement la conception de ses ressources-filles, nous avons également repéré que ce sont les deux pôles qu'il a dessinés en premier dans son schéma, tous les deux occupant aussi la même position en haut de la RSSR. Ceci témoigne davantage de la place prééminente de ces deux ressources dans la documentation de Lucien. Néanmoins, on voit apparaître dans la RSSR de Lucien des ressources qu'il n'a pas citées au préalable dans son entretien, notamment les affiches produites par les élèves qui se

sont révélées comme de nouvelles ressources ayant un poids dans le système de ressources de Lucien et qui, au-delà, influent sur son système documentaire. Ceci met en lumière la complémentarité de nos outils méthodologiques, mais incite aussi à toujours penser la triangulation des différentes données pour analyser la documentation de l'enseignant.

Ainsi, la RSSR que nous venons d'analyser va au-delà d'un simple schéma exposant les ressources, d'où l'intérêt de cet outil méthodologique. Elle fait dialoguer les ressources, l'activité de Lucien et son travail collectif. Plus particulièrement, elle rend compte de différentes étapes du cycle de vie d'un document, notamment la conception, la mise en œuvre et la révision de la ressource-fille après usage en classe. Elle révèle que le travail collectif de Lucien au sein de la communauté de ses collègues de SPC du lycée intervient non seulement dans l'étape de la conception de ressource-fille, mais aussi au niveau de la révision de celle-ci après sa mise en œuvre en classe, ce qui a en retour des effets sur le système de ressources et la documentation de Lucien. En outre, elle nous donne à voir une interférence, qui s'effectue au niveau des ressources, entre les systèmes d'activité de Lucien au sein de la communauté du lycée et de sa communauté de classe.

Enfin, pour synthétiser l'analyse du système de ressources de Lucien : nous inférons d'après le traitement des données de l'entretien général et de la RSSR que ce système est fortement alimenté par le travail collectif de Lucien. En outre, de nouvelles ressources ont été intégrées cette année dans le système de ressources de Lucien, en particulier les affiches et la littérature pédagogique, toutes deux dues à ses interactions collectives avec le GFEN, ainsi que des ressources co-produites avec ses collègues et se rapportant à l'évaluation des élèves. Nous avons repéré que, cette année, Lucien et ses collègues ont fait le choix de faire travailler leurs élèves avec des affiches. Celles-ci apparaissent d'une importance considérable, non seulement pour le travail individuel de Lucien mais aussi pour son travail collectif. En somme, nous inférons que toutes les nouvelles ressources qui viennent s'ajouter au système de ressources de Lucien ne sont que le fruit de ses interactions collectives au sein de différentes communautés, notamment la communauté de ses collègues de SPC de son lycée, et la communauté du GFEN.

5.2.2. Analyse des systèmes d'activité de Lucien

Nous présentons dans cette partie l'analyse des systèmes d'activité de Lucien impliquant diverses communautés avec lesquelles Lucien interagit. Pour cela, nous exploitons différents outils méthodologiques que nous croisons entre eux suivant le principe de triangulation : l'entretien général (EG), la représentation schématique du travail collectif (RSTC), le journal d'interactions (JI) et l'entretien portant sur les données renseignées dans le JI (EJI) ainsi que notre observation du travail collectif de Lucien au sein de communautés variées. Notons que nous examinons, dans la partie suivante (§ 5.3.2), l'évolution des systèmes d'activité de Lucien au cours de la première et de la deuxième année de son suivi et nous comparons, entre autres, les deux RSTC réalisées au cours de ces deux années consécutives.

Nous abordons, dans un premier temps, l'analyse des éléments issus de l'entretien général (dont la transcription se trouve dans l'annexe 10), de la RSTC et de l'observation du travail collectif qui nous permettent, en les croisant, une première approche des systèmes

d'activité de Lucien. Dans un deuxième temps, nous analysons les systèmes d'activité de Lucien repérés à travers le traitement des données de son journal d'interactions. Bien entendu, nous croisons ces analyses avec celles qui les précèdent pour analyser plus finement les différents systèmes d'activité de Lucien. Enfin, nous analysons l'impact des interactions collectives de Lucien sur sa documentation en nous appuyant sur l'entretien général et l'entretien portant sur le JI.

Systèmes d'activité de Lucien : croisement de l'analyse de l'entretien général, de la RSTC et de l'observation du travail collectif

Nous explicitons ici les systèmes d'activité de Lucien que nous avons identifiés à travers l'analyse de l'entretien général que nous avons conduit avec lui, la RSTC qu'il a tracée et notre observation de son travail collectif. Il s'agit, en effet, de croiser ce que dit Lucien, ce que dit le dessin qu'il réalise et ce que nous observons concrètement au cours du travail collectif de Lucien au sein de communautés variées.

Nous présentons d'abord le système d'activité de Lucien au sein de la communauté de ses collègues de SPC du lycée, puis son système d'activité au sein de la communauté du GFEN. Nous discutons ensuite de l'interférence que nous avons repérée entre ces deux systèmes d'activité au niveau du style de pensée. Puis, nous abordons le système d'activité de Lucien au sein de deux communautés : une communauté visant à concevoir un manuel libre de sciences physiques (MLSP) que nous désignons par « communauté MLSP » et une communauté que nous nommons « communauté liaison collège-lycée ». Nous analysons enfin la RSTC de Lucien en la mettant en relation avec les données précédentes.

Système d'activité de Lucien au sein de la communauté des enseignants de SPC de son lycée

L'analyse de l'entretien général montre que les interactions collectives de Lucien se font essentiellement au sein de la communauté formée de ses collègues de SPC du lycée. Rappelons que cette communauté est formée de quatre enseignants. Parmi ces quatre, il apparaît que Lucien entretient des interactions fortes en lien avec son travail documentaire avec deux collègues : Pauline et Jean. Avec les deux autres collègues Fred et Loris, les interactions sont de l'ordre de la réflexion générale sur leur enseignement, leur progression et l'évaluation des élèves. En effet, l'analyse de la documentation de Lucien, au cours de la première année de suivi, a mis en évidence des relations de travail profondes, en particulier avec Pauline. En revanche, cette année (correspondant à la deuxième année de suivi de Lucien), un travail collectif entre Lucien et Jean, en plus de sa collègue Pauline, apparaît plus intense ; ce travail semble engager à la fois une mutualisation et une co-production de ressources-filles. De fait, nous allons voir plus loin que ce qui explique le travail collectif de Lucien avec Jean sous une forme qui n'apparaissant pas l'année précédente est précisément leur appartenance à une même communauté, à savoir le GFEN. D'autres nouveautés touchent cette année le travail collectif de Lucien au sein de la communauté de ses collègues du lycée : la discussion sur le travail des élèves, un aspect collectif déterminant du travail documentaire de Lucien, est soutenue par une nouvelle ressource, à savoir les affiches ; en outre, des grilles

communes pour l'évaluation des élèves sont produites, comme l'a révélé d'ailleurs l'analyse de la RSSR (§ 5.2.1).

Par ailleurs, les échanges de Lucien avec ses collègues se font à travers des discussions informelles ou au cours des réunions formelles qui ont lieu environ chaque semaine. Notre observation de certaines de ces réunions montre que celles-ci sont, d'une part, l'objet de discussions entre Lucien et ses collègues sur la progression de leur enseignement et, d'autre part, l'objet de réflexion sur les effets de la mise en pratique de leur enseignement : Lucien et ses collègues se racontent ce qu'ils ont fait et le bilan qu'ils en tirent, ils échangent sur leur enseignement en cours et discutent aussi à propos du travail et des productions de leurs élèves en s'appuyant sur les affiches. En outre, ils échangent leurs ressources et effectuent de temps en temps des observations croisées afin de suivre la mise en œuvre des ressources-filles en classe comme en témoigne sa réponse : « *En général quand on finit un chapitre, moi et Pauline on le fait souvent, c'est un mode de fonctionnement qui commence à être institué parmi nous, on donne une liasse de documents aux autres pour que s'ils veulent se saisir de ce qu'il y a dans ils puissent le faire. Donc on se donne les documents qu'on donne aux élèves et on va voir aussi ce qui se passe, ce qui se fait dans nos classes* » (EG, annexe 10, phrase 99). D'ailleurs, ceci a été mis en évidence à travers l'analyse de la RSSR (§ 5.2.1) et, encore plus, ceci étaye nos inférences quant aux règles qui régissent le système d'activité de Lucien au sein de sa communauté du lycée (§ 5.1.2) : discuter sur le travail des élèves après la mise en œuvre de ressource-fille, échanger des ressources pour que chacun puisse y avoir accès et suivre la mise en œuvre de ressources-filles à travers des observations croisées sont des règles suivies par les membres de cette communauté.

Ces règles appliquées par cette communauté sont organisées au sein d'une *division de travail* qui s'est établie cette année et qui fait référence au partage des tâches entre les enseignants membres de cette communauté : chaque enseignant prépare dans son coin une partie du programme différente de celle d'un autre enseignant ; pour concevoir et mettre en œuvre des ressources-filles relatives à cette partie, une discussion collective fondée sur un échange des « archives » des enseignants aura lieu en amont. De fait, l'enseignant s'appuie sur les archives de ses collègues pour construire de nouvelles ressources-filles. Ensuite, il teste et transmet à ses collègues toutes les ressources-filles qu'il a conçues tout en faisant un bilan de ce qu'il a tiré sur l'enseignement de cette partie du programme : il leur explique ce qu'il a fait et ce qui s'est passé dans sa classe. De ce fait, une discussion collective sur les effets de cette mise en œuvre ou, autrement dit, une révision de la ressource-fille après usage aura lieu. Ultérieurement, quand un autre collègue abordera à son tour cette même partie, il s'appuie sur les ressources-filles déjà élaborées par son collègue pour repartir et reproduire de nouvelles ressources-filles. Ces ressources-filles déjà élaborées deviennent en quelque sorte des ressources-mères qui seront engagées dans un nouveau cycle de vie d'un document pour la production d'autres ressources-filles. Cette façon d'organiser le travail collectif a été plus particulièrement conduite par Lucien, Pauline et Jean. En effet, il apparaît qu'au cours du processus de conception, le point de départ de ces enseignants était leurs ressources anciennes, mais avec l'objectif de les recycler pour qu'elles correspondent à leurs tâches didactiques. Ce choix de partir de leurs ressources anciennes ou, en d'autres mots, de leurs archives est, selon Lucien, favorisé par le nouveau programme qui permet de recycler

largement les ressources, mais pas forcément dans la façon de les mettre en scène dans la classe. Donc la première étape dans leur démarche de conception consiste à recenser les ressources existantes (fiches de TP, de cours, d'exercices) pour voir ce qui peut être transposé, retravaillé, et adapté.

Ainsi, c'est dans cet esprit de mutualisation que des séquences de DI ont été co-construites et mises en place en classe : « *au final, de fait c'est commun parce que ça était la production de quelqu'un qui a été repris après avec quelqu'un d'autre parce qu'on a parlé etc., qui a été repris après par la troisième personne. De fait, on a fait à peu près tous la même chose et on est tous au courant de ce que les uns et les autres ont fait, des bilans qu'on a tiré, donc on a un truc collectif* » (EG, annexe 10, phrase 105). Cette mise en commun des ressources apparaît comme un ressort essentiel de l'engagement et de la participation de ces enseignants aux activités de la communauté. Lucien et ses collègues effectuent à la fois un travail coopératif et collaboratif. Tout un *répertoire évolutif* de ressources émerge de l'expérience partagée. De ce fait, nous pouvons repérer une *circulation continue* et une diffusion des éléments du système de ressources de Lucien vers les systèmes de ressources de ses collègues, en particulier vers celui de Jean et de Pauline, et inversement. Une *osmose* semble bien porter ses fruits.

Système d'activité de Lucien au sein de la communauté du GFEN

Il apparaît d'après le traitement des données de l'entretien général que le travail documentaire de Lucien comporte une autre dimension collective, encore importante, liée à ses interactions avec le GFEN. Ce mouvement national de recherche et de formation en éducation développe des stratégies et des pratiques de formation, conduit des stages et des universités d'Eté. Il renferme plusieurs secteurs et groupes de recherche répartis dans différentes régions de la France.

En effet, en fin de l'année dernière (correspondant à la première année de suivi de Lucien) et au cours des stages organisés par le GFEN, Lucien et ses deux collègues Pauline et Jean ont rencontré ce groupe et sa façon de théoriser les DI en adoptant le terme « *démarche d'auto-socio-construction* » : il s'agit, comme l'explique Lucien, d'un enseignement constructiviste mettant l'accent sur la dimension collaborative où l'élève doit lui-même construire son savoir (auto) mais par confrontation avec ses pairs (socio). Cette année (correspondant à la deuxième année de suivi de Lucien), Lucien et ses deux collègues ont développé davantage leurs relations avec le « Groupe du Lyonnais »⁴² du GFEN dans l'objectif de monter le groupe « GFEN sciences » à Lyon. De ce fait, cette année a été marquée par des interactions collectives de Lucien au sein de la communauté du GFEN aussi bien au cours des stages qu'à l'intérieur du groupe « GFEN sciences ». Dans ce groupe qui vient de se créer cette année, Lucien et Jean, plus que Pauline, se sont engagés, outre d'autres professeurs du GFEN Groupe du Lyonnais, notamment des professeurs du primaire, pour échanger sur leurs pratiques enseignantes et mener des réflexions sur l'auto-socio-construction du savoir et les façons de rendre l'élève acteur de son apprentissage, ce qui va ainsi dans le sens des DI. Ce groupe renferme, en plus de Lucien et Jean, quatre membres qui sont les membres du Groupe du Lyonnais du GFEN (trois de ces membres sont des

⁴² Le « Groupe du Lyonnais » du GFEN est un groupe de recherche qui fait partie du GFEN et qui est situé à Lyon.

professeurs d'école et le quatrième est un professeur de technologie au collège). Donc au total le groupe GFEN sciences comporte six membres.

Dans le cadre de notre suivi de Lucien, nous avons participé à des stages organisés par le GFEN et auxquels Lucien a assisté ainsi qu'à des réunions de travail de Lucien à l'intérieur du groupe GFEN sciences. Notre objectif était, d'une part, de comprendre la nature du travail collectif de Lucien au sein de cette communauté et de décrire donc son système d'activité et, d'autre part, de dégager des éléments sur le style de pensée porté par cette communauté. Pour appuyer et vérifier nos inférences quant au style de pensée du GFEN, nous avons été amenés à consulter certains articles⁴³, mis en ligne sur le site⁴⁴ du GFEN, qui explicitent aussi la façon dont cette communauté pense le processus de l'enseignement et de l'apprentissage, la transmission du savoir et le rôle de l'enseignant et des élèves dans ce processus.

Au cours d'un stage du GFEN intitulé : « comment motiver et mettre en activité les élèves ? » qui a eu lieu au lycée de Lucien, l'animatrice du stage, une militante du groupe GFEN, a présenté ce groupe comme ceci : *« Le GFEN est un mouvement d'éducation, de recherche et de formation. Dans ce mouvement, on travaille à la mise en place de pratiques qui visent la réussite de tous les jeunes et particulièrement les jeunes les plus exclus. On travaille à la transformation de pratiques et des pratiques bien sûr en cohérence avec les valeurs qui nous animent et particulièrement la première qui est que tous les individus sont capables »* « tous capables » c'est notre slogan, c'est-à-dire que tout le monde est doué d'infini possibilités qui sont là et qui ne demandent qu'à être réveillées par nos dispositifs, par ce que nous mettons en place. Donc tout le monde peut réussir à condition bien sûr qu'on s'en donne les moyens ». En fait, notre observation du travail collectif de Lucien au sein de la communauté du GFEN nous a permis d'inférer que c'est bien la pratique de la démarche d'auto-socio-construction du savoir qui constitue le fondement du *style de pensée* du GFEN. Plus précisément, la communauté du GFEN considère que les contenus de savoir et de formation ne doivent plus être simplement transmis comme produits finis, mais construits par le sujet lui-même. Les situations et les conditions nécessaires pour cela prennent corps dans la notion et la pratique de démarche d'auto-socio-construction du savoir où l'élève doit chercher, se questionner, élaborer, créer, structurer, en confrontation avec les autres, mettant en acte toutes les potentialités cognitives et créatrices dont il est porteur, devenant ainsi auteur de sa propre formation. De ce fait, l'élève se construit et construit son savoir, mais en prenant appui sur d'autres élèves. D'ailleurs, dans le texte d'orientation du GFEN⁴⁵, nous pouvons aussi lire : *« Son pari philosophique [du GFEN] du Tous capables postule que chaque enfant, chaque adulte, chaque peuple a des capacités immenses pour comprendre et créer, pour auto-socio-construire un savoir vivant et opératoire. Toute éducation est un lieu de transformation et donc de confrontation, un lieu de construction des savoirs et de construction de la personne. C'est ce qui fonde pour le GFEN la notion et la pratique de démarche d'auto-socio-construction des savoirs »*.

⁴³ Nous faisons plus loin une référence aux articles exploités

⁴⁴ <http://www.gfen.asso.fr/fr/accueil>

⁴⁵ Texte d'orientation placé sur le site du GFEN : http://www.gfen.asso.fr/fr/texte_d_orientation_2010

Dans un article⁴⁶ portant sur la démarche d'auto-socio-construction du savoir, paru en 2006 dans la revue « Dialogue »⁴⁷ publiée par le GFEN, O. Bassis⁴⁸, présidente d'honneur du GFEN, note que chaque élève est « amené à décrire, expliquer ce qui est fait et pourquoi, à clarifier sa propre pensée, argumenter, mais aussi écouter, entrer dans la pensée de l'autre et donc en retour visiter autrement sa propre pensée, autant de mises en dialectique qui instituent une mise à distance indispensable à toute conceptualisation. C'est cette interaction entre chacun et les autres qui justifie la terminologie de « démarche d'auto-socio-construction du savoir ». Elle pointe aussi le rôle de l'enseignant au cours d'une démarche d'auto-socio-construction : « Pour animer une démarche d'auto-socio-construction du savoir, l'enseignant a lui-même à se construire un mode de fonctionnement tournant le dos à la fois à une posture explicative et expositive en même temps qu'à un activisme de surface. Animation sans imposition ni directivité aussi bien que sans effacement ni laisser faire. En fait, tout au long du vécu de chaque démarche, l'enseignant est en recherche-observation active permanente de ce qui se fait, de ce qui se dit, restant dans une retenue et une mise à distance propre, tout en maintenant l'exigence de laisser toujours la balle dans le camp des élèves. Sa conduite verbale s'appuie sur une attitude de "reflet-miroir" où il est amené à renvoyer sans commentaire à tel apprenant ou à la classe ce qui est dit ou fait et qui pose problème. Ainsi renvoie-t-il aux apprenants telle ou telle contradiction ». Ainsi, nous pouvons dégager que le cadre de référence du GFEN est le constructivisme voire le socioconstructivisme (§ 2.1.1). Sur le plan de la conception de l'apprentissage par le GFEN, l'« auto-construction » insiste sur le fait que c'est bien l'élève qui apprend, qui construit sa connaissance. Mais pour le GFEN, il n'y a pas d'« auto-construction » sans « socio-construction ». Deux constructions inséparables interagissent donc dialectiquement. Ceci nous permet d'inférer que la démarche d'auto-socio-construction proposée par le GFEN va dans le sens des DI.

En outre, nous avons relevé, à travers les stages et les rencontres du GFEN sciences, une étape importante dans la démarche d'auto-socio-construction sur laquelle la communauté du GFEN insiste : c'est ce que le GFEN appelle la « conscientisation » ou la « métacognition », pratique qui met en jeu une analyse réflexive par les élèves de leurs démarches et de leur fonctionnement intellectuel. Il ne s'agit pas d'apprendre quelque chose pour le retenir mais de savoir comment on l'a appris, avec quelle autre connaissance on peut le mettre en relation, dans quelle autre circonstance on pourrait l'utiliser. C'est ce rapport métacognitif qui, selon le GFEN, assure une véritable prise de pouvoir sur ce savoir, sa véritable maîtrise.

Par ailleurs, l'« auto » du concept d'auto-socio-construction insiste sur le fait que c'est bien l'élève qui apprend, qui construit sa connaissance, mais qu'il ne peut le faire que si le milieu lui permet d'interagir avec des personnes aux prises avec les mêmes objets. D'où l'insistance sur le « socio ». Nous avons identifié à travers notre suivi de Lucien au sein de la communauté du GFEN que cette dimension collective de l'apprentissage s'appuie sur ce que cette communauté appelle « débat de preuves » entre les élèves : il s'agit pour l'enseignant de

⁴⁶ L'article est en ligne sur le site du GFEN : http://www.gfen.asso.fr/fr/la_demarche_d_auto_socio_construction

⁴⁷ La revue Dialogue (3-4 parutions par an). Chaque numéro de Dialogue porte sur une thématique. Dialogue fait appel à des auteurs extérieurs au mouvement, mais la revue est surtout composée d'articles émanant de la communauté de recherche du GFEN lui-même. Cette revue montre ainsi particulièrement bien l'évolution des « théories pratiques » du GFEN, ses problématiques actuelles, les savoirs construits et en construction.

⁴⁸ C'est à l'aide des écrits du GFEN, dans les années 1970, principalement ceux d'Henri et d'Odette Bassis qui sont pour le GFEN lui-même, reconnus être à la base de ce que le GFEN nomme les démarches d'auto-socio-construction.

provoquer le débat argumenté entre les élèves, de montrer la pluralité des propositions élaborées, de pointer les contradictions et d'inciter au croisement des différents points de vue des groupes d'élèves, et ce à partir des affiches que ceux-ci produisent. En effet, pour le GFEN, la façon dont la démarche d'auto-socio-construction est animée s'appuie fortement sur le travail avec les affiches. Celles-ci sont pour cette communauté un outil pour organiser le travail collectif et la communication entre les élèves en classe. De fait, chaque groupe d'élèves doit produire une affiche rendant compte de son cheminement en vue de résoudre le problème posé. Pour réaliser cette affiche, les élèves d'un même groupe doivent d'abord se mettre d'accord sur un même contenu à exposer, ce qui les oblige donc selon le GFEN à croiser et converger leurs points de vue dans le but de présenter un résultat final qui sera montré aux autres groupes. Les affiches produites par chaque groupe d'élèves sont ensuite partagées et mises en débat au sein de la classe : elles seront collées sur le mur pour être présentées, questionnées, discutées, commentées, comparées collectivement à travers un débat de preuves, une mise en commun faisant la synthèse des différentes affiches. Chaque groupe d'élèves peut, de ce fait, voir ce que les autres groupes ont produit, ce qui lui permet de prendre connaissance de l'ensemble des démarches proposées par les élèves et de repérer des convergences ou des divergences entre ses résultats et ceux des autres. Ainsi ces affiches dynamisent les échanges et favorisent les interactions et la confrontation collective entre les élèves. Ceci révèle donc l'importance que le GFEN accorde, au moyen des affiches, à l'argumentation critique des élèves au cours de la démarche d'auto-socio-construction.

Cependant, cet accent mis par la communauté du GFEN sur la dimension collective, pour favoriser la construction des savoirs, ne concerne pas seulement l'apprentissage des élèves. En effet, nous avons repéré d'après notre suivi de Lucien au sein du GFEN le lien étroit, sur lequel le GFEN insiste, entre le travail collectif des enseignants et celui des élèves. Au cours d'un stage du GFEN auquel nous avons participé en présence de Lucien, l'animatrice du GFEN précise : *« pour demander aux élèves de travailler ensemble, il faut qu'ils voient leurs profs [professeurs] travailler ensemble, [...] pour passer moins de temps à préparer des situations, il faut mettre en place un travail collectif ensemble »*. D'ailleurs, dans un article⁴⁹ que nous avons consulté en ligne sur le site du GFEN, nous repérons également des propositions de GFEN quant à la nécessité de promouvoir une dynamique collective entre les enseignants, il est précisé que l'enseignant doit sortir d'une approche solitaire pour y substituer une conception collective du métier : *« Au niveau professionnel, penser collectivement le métier. Sérier les points clés du programme, co-élaborer progressions et séances, mutualiser les pratiques et pouvoir les analyser en les mettant « devant soi » afin d'en dresser le bilan critique et de prospecter d'autres possibles. Autrement dit, construire des intellectuels collectifs »*. Donc au-delà de mettre l'accent sur le travail collectif des élèves en classe en vue de construire leurs connaissances, il y a bien une volonté chez le GFEN d'impulser le travail collectif des enseignants parce que, suivant le style de pensée de cette communauté, c'est bien dans un cadre social que l'apprentissage se conduit et que la réflexion se nourrit.

Par ailleurs, nous avons repéré que le travail collectif de Lucien au sein du GFEN sciences consiste à faire vivre une démarche, aux sources de la notion d'auto-socio-

⁴⁹ L'article intitulé « quelles pratiques pour réduire les inégalités » est rédigé par le président de la communauté du GFEN, Jacques Bernardin : http://www.gfen.asso.fr/fr/quelles_pratiques_pour_reduire_les_inegalites_

construction du savoir, qui comprend l'analyse de la nature des savoirs qui auront été construits. Plus précisément encore, les réunions du GFEN sciences sont structurées autour d'un atelier où un membre vient faire vivre aux autres participants ce qu'il a fait avec ses élèves. Nous avons, en effet, observé des réunions consistant en des ateliers où Lucien et Jean font vivre à leurs collègues du GFEN des démarches d'auto-socio-construction qu'ils ont mises en œuvre en classe avec leurs élèves. Comme les autres membres du GFEN ne sont pas des scientifiques, cela les aide à se mettre dans la peau des élèves pour découvrir de nouvelles notions. Sur la base de ce que ces membres ont vécu, des échanges et une analyse de pratique sont ensuite conduits : il s'agit de faire une analyse des processus vécus et de travailler à cerner les difficultés, le savoir clé sous-jacent et à envisager des situations et des perspectives possibles. Ces ateliers posent ainsi la question des savoirs et de leurs transmissions. Il s'agit en particulier de creuser la problématique de l'animation des démarches d'auto-socio-construction du savoir. De même, dans les stages de la communauté GFEN, nous avons repéré qu'il y a également des démarches et des ateliers en auto-socio-construction vécus et analysés, des plages d'échanges et des chantiers de réflexion ; ce sont les formateurs du GFEN qui font vivre ces démarches aux participants. Des apports théoriques, plus particulièrement autour de la notion de la démarche d'auto-socio-construction, sont également proposés.

Ainsi, notre observation du travail collectif de Lucien à l'intérieur de la communauté du GFEN nous a permis d'inférer une règle qui régit le système d'activité de Lucien au sein de cette communauté et qui consiste à développer une réflexion sur une démarche d'enseignement d'un thème donné à travers un atelier. En effet, nous considérons que le style de pensée du GFEN, en tant que métarègles (§ 2.4.3), fondé sur la notion et la pratique d'auto-socio-construction détermine largement la règle que nous avons inférée : le fait de conduire un atelier où un enseignant fait vivre aux membres de la communauté, réunis par groupe, ce qu'il a fait en classe, comme s'ils étaient eux-mêmes des élèves, tire parti de la pratique d'auto-socio-construction du savoir qui constitue le cœur du style de pensée du GFEN.

Interférence au niveau du style de pensée entre les systèmes d'activité de Lucien au sein de la communauté de son lycée et de celle du GFEN

Le concept d'auto-socio-construction, auquel Lucien adhère, est pour lui l'équivalent de DI. En effet, Lucien définit les DI en termes d'auto-socio-construction du savoir : *« démarche d'investigation, je la définis, je la vois en termes d'auto-socio-construction du savoir. Les grands invariants qu'on trouve c'est de concevoir la transmission du savoir comme une construction des élèves en réponse à des problèmes, cette construction doit se faire dans un travail de recherche, tâtonnement, essais erreurs, de confrontation avec les autres, de synthèse collective, de réflexion, le GFEN appelle ça métacognition : réflexion sur ce qu'on a fait, pourquoi on l'a fait, qu'est-ce que ça nous a permis d'apprendre et que quelque part le rôle de l'enseignant change : il n'est plus enseignant pour raconter le savoir, il est animateur, conçoit la séance en amont après son analyse du savoir »* (EG, annexe 10, phrase 53). Lucien s'approprie donc le style de pensée de la communauté du GFEN pour décrire les DI : il parle de démarche d'auto-socio-construction, de métacognition qui sont des concepts clés qui déterminent le style de pensée de cette communauté.

Cependant, le travail de Lucien sur la démarche d'auto-socio-construction implique aussi ses collègues du lycée, en particulier Jean et Pauline : *« collectivement tous les trois [Lucien,*

Pauline et Jean], les objectifs qu'on avait [...] c'est de mettre en place ce qu'on peut appeler des DI, nous on parle de démarches d'auto-socio-construction dans les classes donc une autre façon de faire vivre un peu les apprentissages » (EG, annexe 10, phrase 23). Cette pratique de démarche d'auto-socio-construction semble donc une pratique qui s'installe au sein de la communauté du lycée et qui ne se limite pas à la classe de Lucien. En outre Lucien précise : « j'ai rencontré des gens [le GFEN] qui ont fait un travail de conceptualisation et j'essaie de récupérer justement ces concepts, voir s'ils sont opérationnels pour analyser ma pratique ou pas. Puis après il y a un travail de maturation qui est un peu collectif c'est à dire c'est des choses que j'ai fait avec Jean et Pauline, on a essayé de voir si on trouvait cette pertinence à une échelle collective et ça m'a un peu aidé. On a travaillé un peu sur les mêmes séquences, chacun conservant sa façon de faire vivre les choses, sa spécificité, mais quand même on a trouvé une communicabilité un peu plus forte entre nous trois » (EG, annexe 10, phrase 55). Il ajoute : « on a beaucoup accroché le cycle GFEN, leur façon de faire, en gros l'auto-socio-construction en classe, du coup on s'est beaucoup plus coordonné pour monter des séquences dans cet état d'esprit là et on s'est beaucoup plus retrouvé sur tiens j'ai fait la séquence, vas-y teste là, qu'est-ce que ça donnait quand tu la testais, bah je vais la retester, à faire vraiment des choses beaucoup plus communes » (EG, annexe 10, phrase 77). Ceci reflète donc un travail collectif de Lucien avec ses collègues centré sur les DI ou ce qu'ils appellent les démarches d'auto-socio-construction, un travail qui prend appui sur le style de pensée du GFEN. En fait, Lucien et ses collègues se sont appropriés les concepts théoriques du GFEN qui reflètent des caractéristiques du style de pensée de cette communauté, notamment la démarche d'auto-socio-construction, et ils ont construit des ressources-filles autour de ce type de démarche. En plus, l'introduction et l'exploitation des affiches dans leurs classes et dans leur travail collectif sont dues, comme nous l'avons montré, à leurs interactions avec le GFEN. Nous avons pu voir à travers le suivi de Lucien au sein de la communauté de son lycée que tous ses collègues ont fait travailler leurs élèves avec des affiches. En effet, nous avons été témoin d'interactions informelles où Lucien et ses collègues discutaient des affiches produites par leurs élèves et nous avons encore pu voir ces affiches dans leurs classes. Ceci montre que la méthode de travail avec les affiches en classe et hors classe s'est installée dans cette communauté, elle est devenue une pratique partagée qui prend sa source dans le GFEN.

D'ailleurs, sur la nouvelle version du wiki qui a été mise en place cette année (correspondant à la deuxième année de suivi de Lucien), nous repérons, dans des ressources mises en ligne et produites par les enseignants de la communauté du lycée de Lucien (voir Annexe 11), une très forte articulation entre la façon dont ils pensent organiser le travail dans leurs classes et le bagage théorique du GFEN qui fonde son style de pensée. Plus précisément, ces enseignants parlent de démarches d'auto-socio-construction du savoir dans leurs classes, de la façon dont ces démarches sont mises en scène, de la nécessité d'instaurer un débat de preuves entre les élèves et de leur attribuer des rôles différents. Ceci reflète donc un développement de leurs connaissances professionnelles tourné vers les DI. On lit sur le wiki dans une partie spécifique aux démarches d'auto-socio-construction : « Objectif : En collaboration avec le GFEN, on s'efforce (quand on se le sent) de tester ou reprendre des trucs avec de l'auto-socio-construction. Pour toutes ces démarches des productions d'élèves sont disponibles ainsi que des photos des traces laissées au tableau ».

Ainsi, tout ce qui précède nous permet d'inférer une interférence, au niveau du style de pensée, entre le système d'activité de Lucien au sein de la communauté de son lycée et son

système d'activité au sein du GFEN : le style de pensée du GFEN, fondé sur la notion et la pratique d'auto-socio-construction du savoir (avec ses phases de débat, de travail avec les affiches, de métacognition), est déplacé et transmis vers le système d'activité de Lucien où il est intégré dans le style de pensée porté par la communauté de son lycée (Figure 52). En outre, au sein du lycée de Lucien, plusieurs stages du GFEN se sont déroulés en présence de ses collègues du lycée. Nous avons par exemple assisté à un stage du GFEN dans le lycée de Lucien où étaient présents tous les professeurs de SPC, mais aussi ses collègues de mathématiques, de SVT, de langue, de philosophie. Ces moments de stage sont des moments où la notion et la pratique d'auto-socio-construction sont fort présentes dans les échanges, où le style de pensée du GFEN est donc dominant. D'ailleurs, la conception et la mise en œuvre par Lucien et ses collègues de démarches d'auto-socio-construction, y compris le travail avec les affiches, ne sont que le fruit de cette interférence qui s'effectue au niveau du style de pensée. Ainsi, nous inférons que cette interférence semble entraîner à la fois un effet producteur de ressources et de connaissances professionnelles, ceci montre donc l'importance de l'apport du GFEN pour la documentation de Lucien.

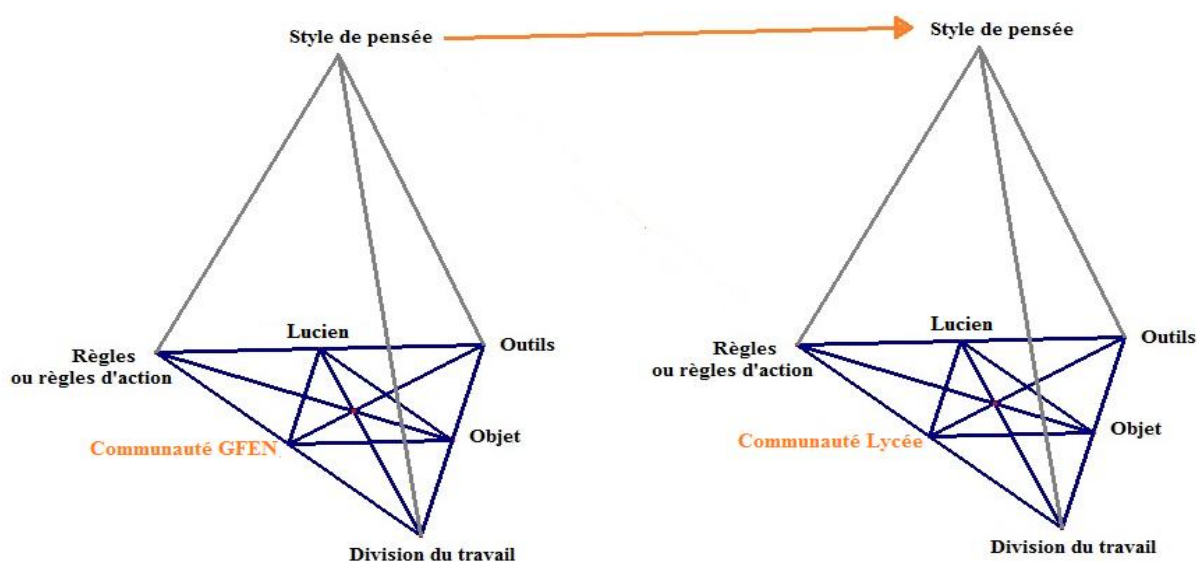


Figure 52. Interférence des systèmes d'activité de Lucien au niveau du style de pensée

Systèmes d'activité de Lucien au sein de la « communauté MLSP » et de la communauté « liaison collègue-lycée »

L'analyse de l'entretien général montre que Lucien échange avec d'autres collègues de SPC en dehors de son lycée, mais suivant un degré d'interactions faible par rapport à ses interactions avec la communauté de ses collègues du lycée et la communauté du GFEN. En effet, c'est plus à l'intérieur de ces deux communautés que Lucien déclare entretenir des interactions collectives fortes. Il mentionne qu'il échange aussi avec d'autres collègues dans le cadre du projet MLSP (Manuel Libre de Sciences Physiques) au sein de la communauté que nous nommons « communauté MLSP ». Ce projet a été lancé par quelques professeurs dans le but de concevoir un manuel libre pour l'enseignement des sciences physiques et chimiques. L'idée du projet a été diffusée par ces professeurs au niveau national à travers les canaux de communications habituels des enseignants de SPC (différentes listes de discussions). Un

forum pour permettre les échanges entre les professeurs qui sont intéressés par la participation à ce projet a été mis en place ; environ une vingtaine de professeurs de SPC interagissent sur ce support. Notons qu'il n'existe pas un groupe modérateur pour le forum. Lucien signale qu'il suit de temps en temps les discussions des enseignants sur le forum, mais il ne contribue pas assez à ce projet. En effet, il n'est pas allé très loin dans sa collaboration pour proposer des ressources bien qu'il recherche parfois des idées dans les ressources suggérées par les autres collègues sur le forum ; de ce fait, il n'a pas joué de rôle particulier au sein de la « communauté MLSP ».

En outre, cette année Lucien est impliqué dans un projet de liaison collège/lycée qui est né, comme il le précise, d'une demande institutionnelle et qui consiste en des moments de rencontres entre un groupe de professeurs de collège et de lycée afin de travailler sur des thèmes constituant une liaison entre ces deux niveaux d'enseignement. Des représentants de différentes disciplines des collèges et des lycées participent à ce projet, d'ailleurs c'est Lucien qui représente la communauté de ses collègues de SPC, donc c'est uniquement lui, parmi ses collègues du lycée, qui a assisté aux rencontres de la liaison collège/lycée. Son intérêt pour la participation à cette communauté que nous nommons « communauté liaison clg/lyc » réside dans le fait de nouer des contacts avec les professeurs de collège et d'échanger avec eux. Trois réunions pendant l'année sont envisagées. Au cours de la première rencontre, les enseignants ont retenu le thème des DI. De ce fait, ces rencontres portaient sur ce que représentent les DI pour ces enseignants, l'objectif visé par la mise en place des DI, les apports et les limites de telles démarches ainsi que les pratiques de ces enseignants lors de la mise en œuvre des DI dans leurs classes. Ceci a permis à Lucien de confronter son point de vue à ceux des autres.

Analyse de la RSTC

L'analyse de la RSTC de Lucien révèle les interactions collectives qu'entretient Lucien avec deux communautés en lien avec son travail documentaire (Figure 53) : la communauté de ses collègues du lycée qu'il représente par trois enseignants Pauline, Jean et Fred et la communauté du GFEN. Ce sont uniquement ces deux communautés qui figurent sur sa RSTC témoignant ainsi le fait qu'elles constituent les communautés avec lesquels Lucien interagit souvent et corroborant, de ce fait, les données de l'entretien général qui mettent en évidence des interactions collectives importantes de Lucien à l'intérieur de ces deux communautés.

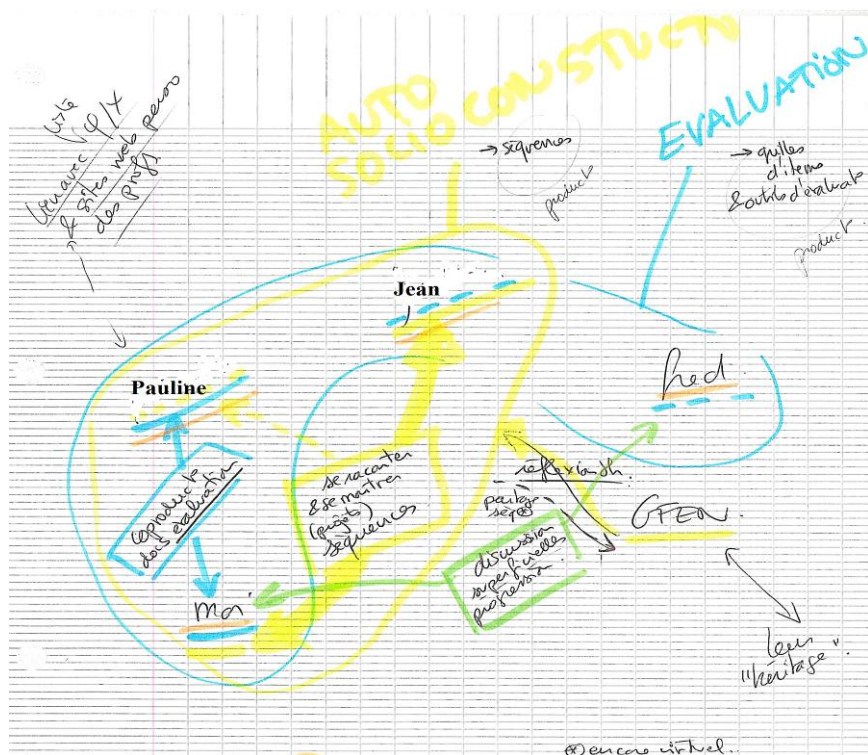


Figure 53. RSTC de Lucien, année n+1 (les noms des enseignants désignés par Lucien sur cette RSTC ont été changés pour conserver l'anonymat)

Par trois rectangles de couleurs différentes (bleue, verte, jaune), Lucien distingue la nature du travail collectif qui existe entre lui (« moi » dans la RSTC) et chacun de ses collègues : entre « moi » et « Jean », il s'agit, comme le note Lucien sur sa RSTC, de « *se raconter et de se montrer des séquences d'enseignement* » (aller voir dans les classes de chacun, se montrer les affiches produites par les élèves) qui existe dans une moindre mesure entre « moi » et « Pauline » où c'est la co-production de ressources autour de l'évaluation des élèves qui est privilégiée. Ce travail de Lucien avec Pauline concernant l'évaluation intéresse également Jean et Fred, de ce fait Lucien illustre sur la RSTC l'existence d'un travail collectif sur l'évaluation qui débouche sur des grilles d'items et des outils d'évaluation. Par ailleurs, on voit sur cette RSTC un rôle particulier de Pauline en tant que lien avec la liste physique-chimie et les « *sites web perso des professeurs* » de SPC, c'est elle qui va chercher des choses qui sont susceptibles d'intéresser ses collègues : « *c'est Pauline qui fait la veille informatique, elle va fouiller sur les sites des uns et des autres, de se tenir au courant sur la liste, c'est elle notre contact vis à vis de l'extérieur* » (EG, annexe 10, phrase 155).

Avec Fred, Lucien discute de la progression, mais cela reste dans l'ordre du superficiel, ce qui confirme donc les données de l'entretien général en ce sens que les interactions de Lucien sont plus intenses avec Pauline et Jean. Les échanges avec ces deux collègues portent, comme le montre la RSTC, sur les DI ou ce que Lucien appelle auto-socio-construction. Ce travail collectif sur les DI est appuyé, comme le fait apparaître la RSTC, par la communauté du GFEN à travers l'apport de « *réflexions théoriques* ». Les ressources qui découlent des échanges sur les DI correspondent, comme le note Lucien sur sa RSTC, à des productions de séquences. Donc il s'agit bien d'une production de ressources-filles fondées sur les DI qui est alimentée à la fois par le travail collectif de Lucien avec ses collègues Pauline et Jean, d'une

part, et avec le GFEN, d'autre part. Or nous considérons que ce que Lucien désigne par « réflexion théorique » sur sa RSTC n'est autre que le style de pensée de GFEN. Ceci reflète donc une intégration de ce style de pensée dans les pratiques enseignantes de Lucien et de ses collègues à travers la mise en place des démarches d'auto-socio-construction du savoir et appuie davantage nos résultats quant à l'interférence, au niveau du style de pensée, entre les systèmes d'activité de Lucien au sein de la communauté du lycée et de celle du GFEN.

Ainsi, l'analyse de l'entretien général, de la RSTC et de l'observation du travail collectif de Lucien révèle des interactions collectives de Lucien au sein de diverses communautés professionnelles dont deux apparaissent centrales pour son travail collectif : la première est la communauté formée de ses collègues de SPC où des interactions collectives fortes ont été repérées essentiellement avec Jean et Pauline. La deuxième est la communauté du GFEN dans sa composante nationale, mais aussi dans sa composante locale qu'est le Groupe du Lyonnais du GFEN avec lequel Lucien et Jean ont fondé le groupe « GFEN sciences ». D'ailleurs, nous avons mis en évidence une interférence, qui s'effectue au niveau du style de pensée, entre les systèmes d'activité de Lucien impliquant ces deux communautés. Les autres systèmes d'activité de Lucien relèvent de ses interactions collectives avec d'autres collègues au sein de la « communauté MLSP », d'une part, et de la « communauté liaison clg-lyc », d'autre part. Nous pouvons ainsi repérer chez Lucien une volonté constructive, un intérêt fort de s'engager dans un projet afin de développer et de renforcer son travail collectif même au delà de son lycée.

Systèmes d'activité de Lucien repérés à travers l'analyse du journal d'interactions

L'analyse du journal d'interactions (JI) que Lucien a renseigné pendant six mois (de janvier à juin 2011) nous donne à voir ses échanges avec plusieurs personnes ou communautés, dans la perspective de DI, suivant un degré d'interactions qui varie selon les protagonistes. Nous explicitons dans ce qui suit les interactions collectives de Lucien en nous appuyant sur la méthodologie d'analyse du JI que nous avons développée (§ 3.4.4). Nous croisons au fur et à mesure de notre analyse les données du JI avec celles issues de l'entretien général, de la RSSR, de la RSTC et de l'observation du travail collectif de Lucien.

Le sous-système « sujet-communauté-objet »

Suivant la méthodologie d'analyse du JI que nous avons conçue (§ 3.4.4), nous décrivons dans cette partie le sous-système « sujet-communauté-objet » (Lucien étant le sujet) à partir des données renseignées dans le JI de Lucien. Il s'agit dans un premier temps de repérer les *communautés* ou les personnes avec lesquelles Lucien a interagi pendant six mois. Dans un second temps, il est question d'explicitier les *objets* vers lesquels Lucien oriente son activité au sein des différentes communautés. Enfin, nous mettons en lumière la *trajectoire d'évolution* dans le temps des interactions collectives de Lucien avec les communautés identifiées.

Les communautés ou les personnes avec lesquelles Lucien interagit

La première analyse du journal d'interactions consiste à s'appuyer seulement sur les personnes ou les groupes que Lucien distingue dans son JI. Il s'agit donc de faire d'abord une

analyse du JI en connotant à chaque fois les interactions collectives de Lucien à partir de ce qu'il note. Ensuite, nous sommes partis de cette structure vers l'identification des communautés, nous avons en fait regroupé plusieurs personnes que Lucien mentionne au sein d'une communauté particulière.

A partir des données du JI, nous repérons un fort degré d'interactions de Lucien avec Jean (18 interactions dont 8 correspondent à des échanges de Lucien avec Jean tout seul et 10 avec Jean mais en présence d'autres protagonistes connus), puis Pauline (avec 7 interactions dont 6 sont en présence d'autres acteurs), et le GFEN sciences (dans lequel Jean est également impliqué) (Figure 54). Donc au niveau de ses interactions collectives avec ses collègues du lycée pendant les six mois renseignés dans le JI, nous constatons que Lucien interagit le plus souvent avec Jean, puis Pauline, ensuite arrive son collègue Loris (avec 5 interactions dont une est avec lui tout seul) et enfin Fred (avec 2 interactions en présence d'autres personnes). Ceci confirme les déclarations de Lucien au cours de l'entretien général ainsi que sa RSTC dans la mesure où il apparaît clairement que Jean et Pauline sont les collègues avec lesquels Lucien entretient des relations de travail fortes en lien avec son travail documentaire.

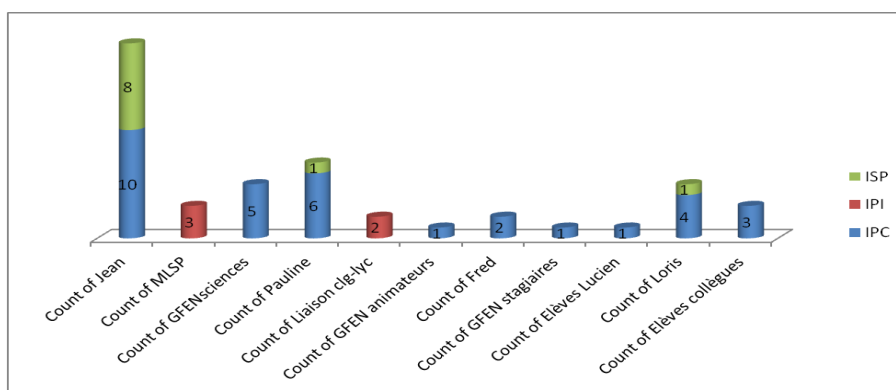


Figure 54. Nombre d'interactions de Lucien avec chaque communauté ou personne pendant six mois (ISP, IPI et IPC sont des critères d'analyse, voir méthodologie d'analyse du JI, § 3.4.4)

ISP : Interactions avec une seule personne

IPI : Interactions avec des protagonistes inconnus (une communauté dont ne peut pas identifier le nom de ses membres)

IPC : Interactions avec des protagonistes connus (qu'on peut identifier par nom)

En ce qui concerne les échanges de Lucien en dehors de son lycée, nous relevons sur la Figure 54 des interactions avec des enseignants de la communauté MLSP (3 interactions) et avec ceux de la liaison clg-lycée (2 interactions). Mais comme nous le remarquons, c'est plus avec le GFEN que Lucien interagit dans le cadre d'un travail collectif avec des collègues hors de son établissement.

Par ailleurs, comme le montre la Figure 54, les interactions collectives de Lucien ne se limitent pas à des interactions avec une personne toute seule, mais bien entendu, des interactions avec plusieurs acteurs pour un même objet peuvent parfois avoir lieu. Ainsi, afin de préciser davantage les interactions de Lucien avec plusieurs personnes (surtout les interactions de type IPC où les protagonistes sont identifiables), nous montrons, dans la Figure 55, l'ensemble des échanges de Lucien avec tous les protagonistes pendant les six mois renseignés. De fait, la Figure 55 vient compléter la Figure 54 et nous renseigne par exemple que Lucien interagit 8 fois avec Jean tout seul, et parmi les 10 interactions repérées avec ce

collègue en présence d'autres protagonistes, nous identifions : 4 interactions avec Jean et le GFEN sciences ; 2 avec Jean en présence de Pauline ; 2 interactions avec Jean et les collègues de SPC de son lycée (Pauline, Loris et Fred) ; une interaction avec Jean au cours d'un stage organisé par le GFEN en présence de ses collègues Pauline et Loris, et enfin une interaction avec Jean et ses élèves en classe. D'ailleurs, les interactions directes avec les élèves semblent importantes pour le travail documentaire de Lucien : nous repérons, en effet, trois interactions avec ses collègues Jean, Pauline et Loris, dans leurs classes en présence de leurs élèves.

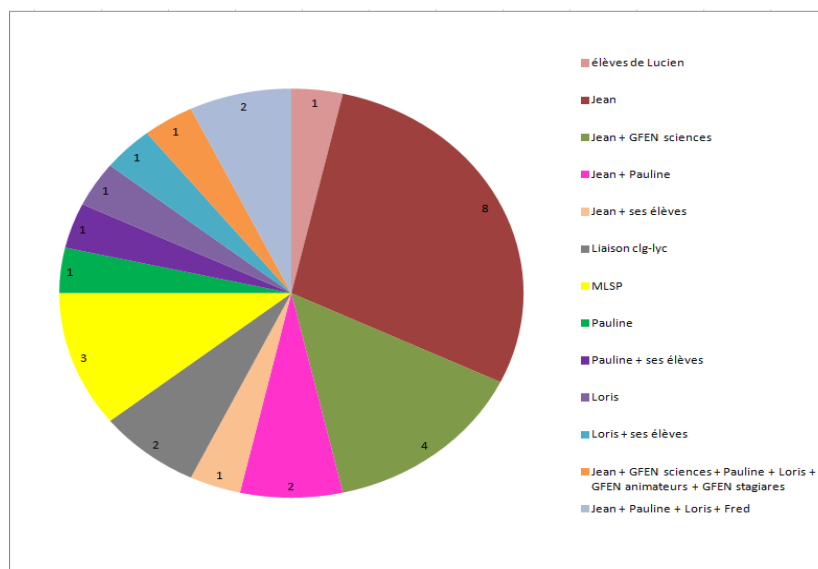


Figure 55. Nombre d'interactions de Lucien avec les personnes ou les communautés pendant six mois

Par conséquent, tout ce qui précède nous a permis d'identifier les personnes avec lesquelles Lucien a interagi pendant six mois, mais il nous donne également matière à regrouper plusieurs personnes au sein d'une communauté particulière : Jean, Pauline, Loris, et Fred sont les collègues de SPC du lycée de Lucien, nous nous donc proposons de regrouper chacune de ces personnes dans une seule communauté que nous nommons « communauté collègues du lycée » (dès lors que Lucien interagit avec un ou plusieurs de ces enseignants, nous considérons donc que la communauté qui est en jeu est « collègues du lycée »). Quand Lucien entre en interaction avec ces enseignants, outre leurs élèves en classe (lors de son passage dans les classes de ses collègues), ou encore avec ses élèves dans sa classe, nous identifions dans ce cas une autre communauté, à savoir la « communauté de classe » (dans cette communauté où les interactions avec les élèves sont centrales, nous repérons alors : élèves de Lucien- Lucien + ses élèves-, Jean + ses élèves, Pauline + ses élèves, Loris + ses élèves, ce qui correspond donc à la classe de Lucien ou aux classes de ses collègues). D'autres communautés sont également décelables, notamment la « communauté MLSP », la « communauté liaison clg-lyc » et la « communauté GFEN » (qui intègre aussi le groupe GFEN sciences).

Nous identifions donc, au total, cinq communautés que nous présentons dans la Figure 56 (voir ci-dessous) avec le degré d'interactions de Lucien avec chacune au cours de six mois. Nous inférons, d'après cette figure, que Lucien interagit le plus souvent avec la communauté formée de ses collègues du lycée, ce qui nous paraît tout à fait logique étant donné qu'ils sont dans le même lieu de travail et bénéficient donc de nombreuses occasions d'échanges et de

discussions. Ensuite viennent les interactions avec la « communauté GFEN », puis arrivent les interactions avec la « communauté classe ». Nous relevons également des interactions avec la « communauté MLSP » et la « communauté liaison clg-lyc ».

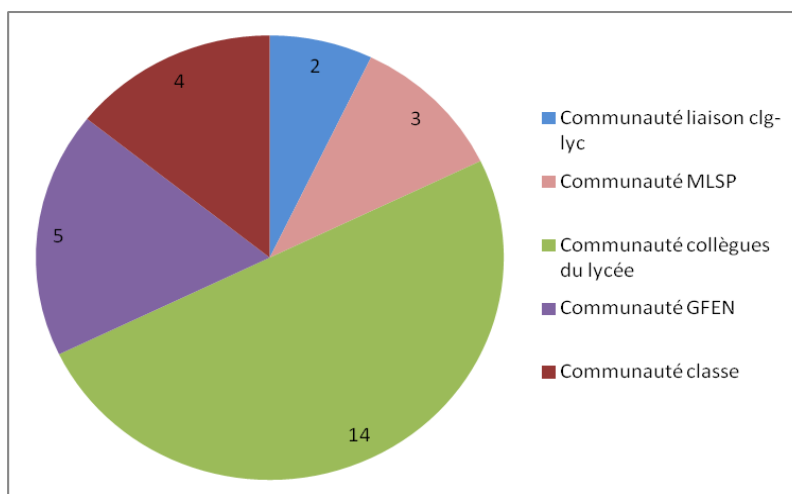


Figure 56. Les différentes communautés identifiées avec lesquelles Lucien a interagi pendant six mois

Ces résultats inférés à partir du JI quant au plus fort degré d'interactions de Lucien avec la communauté de ses collègues du lycée puis avec le GFEN appellent deux précisions méthodologiques : d'une part, c'est la perception de Lucien et ce qu'il veut bien décrire de ses interactions. D'autre part, ce degré d'interactions correspond bien entendu au nombre de fois qu'il évoque ses interactions avec chaque communauté. Cependant, ces résultats recourent les données inférées à partir de l'entretien général et de la RSTC. De plus, l'entretien que nous avons mené avec Jean, un des protagonistes avec lesquelles Lucien interagit le plus souvent d'après le JI, nous a permis de conforter les données renseignées par Lucien dans la mesure où nous avons pu repérer et croiser des ressources et des éléments notés par Lucien dans le JI et évoqués en même temps par Jean. En outre, les données du JI corroborent l'analyse de l'entretien général en ce sens qu'elles donnent des informations sur les interactions collectives de Lucien au sein des quatre communautés professionnelles que nous avons précédemment identifiées à travers les propos de Lucien : la communauté formée de ses collègues de SPC du lycée, la communauté du GFEN, la « communauté MLSP » et la « communauté liaison clg-lyc ». Mais l'analyse du JI nous donne aussi à voir des interactions collectives de Lucien au sein de « communauté de classe » impliquant ses élèves ou les élèves de ses collègues.

Objets des interactions collectives de Lucien au sein des différentes communautés

Nous présentons ici les objets vers lesquels Lucien oriente son activité au sein des différentes communautés que nous avons repérées. Rappelons que ces objets ont été déterminés à travers le dépouillement du JI de Lucien (§ 3.4.4). Dans un premier temps, nous exposons les différents objets que nous avons inférés à partir des données renseignées dans le JI. Dans un second temps, nous mettons ces objets en relation avec les communautés au sein desquelles Lucien interagit et nous faisons ensuite un zoom à l'intérieur de ces communautés pour déterminer les personnes avec lesquelles Lucien a échangé afin d'atteindre ces objets.

Le JI révèle que le principal objet vers lequel Lucien oriente ses interactions correspond à la réflexion sur l'activité des élèves, comprendre et analyser comment ils réagissent à travers

l'observation de classe d'un autre collègue (lors du passage de Lucien dans la classe d'un collègue), mais surtout à partir des affiches produites par les élèves. Ainsi, cet objet centré sur la discussion et l'analyse du travail des élèves semble constituer un aspect collectif crucial du travail documentaire de Lucien (Figure 57) : on repère, en effet, 7 objets (O1 à O7) dont O4 (réflexion sur l'activité des élèves) apparaît 9 fois dans le JI. En outre, quatre autres objets apparaissent également prépondérants, à savoir la réflexion sur une démarche d'enseignement d'un thème donné (O3), la production de ressources-filles (O1), puis arrivent simultanément deux objets, notamment l'échange de ressources (O6) et la réflexion générale sur les DI (O5) qui semblent aussi des éléments importants des interactions de Lucien avec d'autres collègues. Deux objets sont également identifiés : O7 (la recherche de ressources) et enfin O6 (la production de grilles pour l'évaluation des élèves).

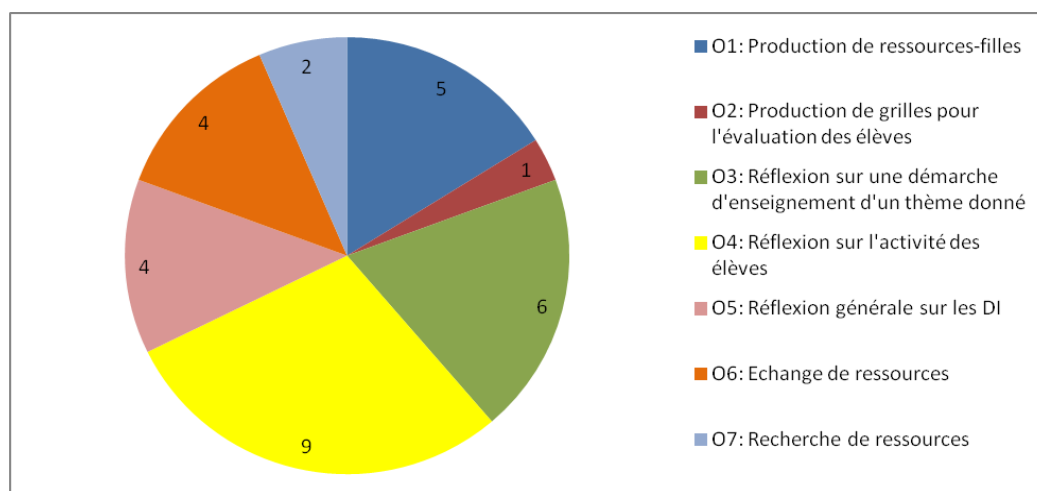


Figure 57. Les 7 objets repérés (de O1 à O7) et leur fréquence sur les six mois

Par ailleurs, nous montrons dans la Figure 58 les communautés avec lesquelles Lucien interagit pour répondre à chacun des objets repérés dans son JI. Nous inférons que pour mener une réflexion générale sur les DI (O5), Lucien échange avec la « communauté liaison clg-lyc », la « communauté MLSP », mais aussi avec la « communauté GFEN ». Donc la réflexion générale sur les DI fait impliquer plusieurs communautés, ce qui est, certes, bénéfique pour Lucien dans la mesure où il peut se confronter à une variété de points de vue. Avec la « communauté MLSP », Lucien interagit également dans l'objectif de rechercher des ressources (O7). Cependant, l'échange de ressources (O6) semble concerner essentiellement les interactions de Lucien avec la communauté de ses collègues du lycée au sein de laquelle il oriente aussi son activité vers plusieurs objets : la production de ressources-filles (O1) en plus de la production de grilles pour l'évaluation des élèves (O2), la réflexion sur l'activité des élèves (O4) qui apparaît aussi un objet commun avec la « communauté classe » et la réflexion sur une démarche d'enseignement d'un thème donné (O3) qui semble caractériser davantage les interactions de Lucien avec la communauté du GFEN.

Afin de mettre en relation ces objets avec les personnes faisant partie de chaque communauté, nous proposons de faire un zoom à l'intérieur des communautés (Figure 59), ce qui nous permet d'approfondir les interactions de Lucien avec chacun de ses collègues en vue d'atteindre ces objets.

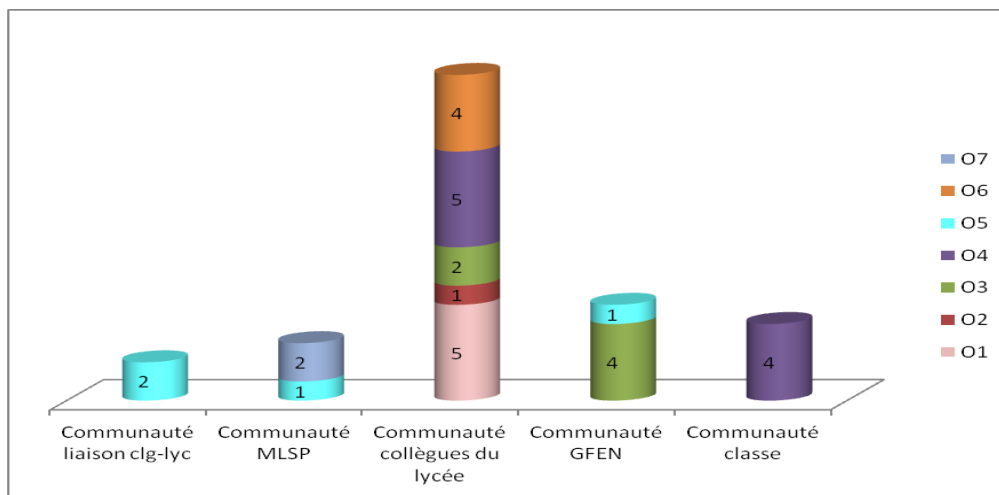


Figure 58. Communautés avec lesquelles Lucien interagit pour chaque objet repéré (de O1 à O7)

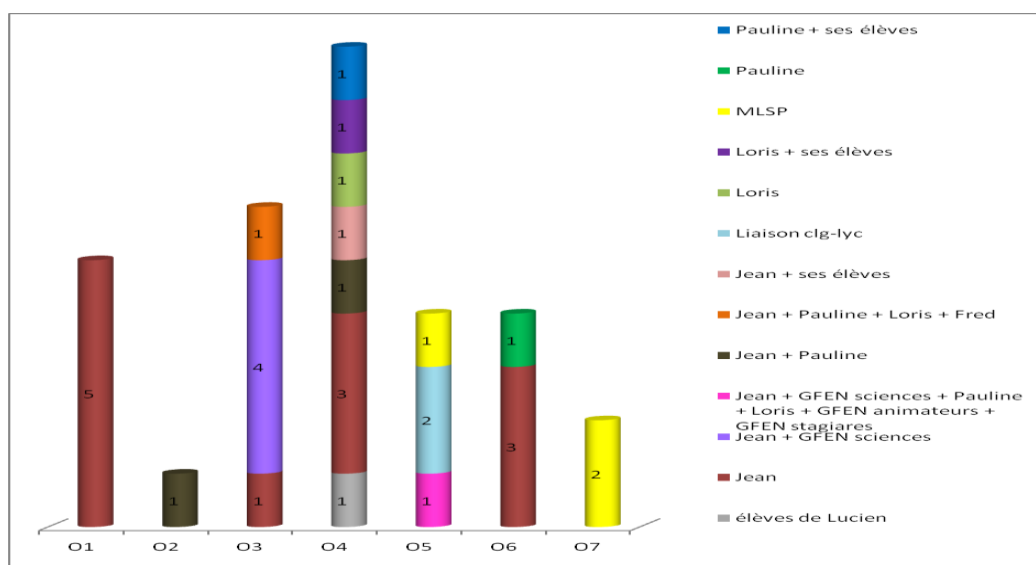


Figure 59. Zoom à l'intérieur des communautés et interactions de Lucien avec les personnes pour les 7 objets repérés (O1 à O7)

Nous remarquons d'après la Figure 59 que, afin de mener une réflexion sur l'activité des élèves (O4), Lucien interagit avec ses collègues du lycée, en particulier Pauline, Jean et Loris (avec un degré d'interactions plus fort avec Jean) ou avec les élèves en classe (au moment de son passage dans la classe d'un autre collègue ou de ses interactions avec ses élèves). En outre, la production de ressources-filles (O1) apparaît limitée à des interactions avec Jean où nous identifions cinq fois d'échanges avec lui dans le but de concevoir des ressources-filles destinées à être mises en œuvre dans sa classe, alors que la production de grilles pour l'évaluation des élèves (O2) implique à la fois Jean et Pauline. Ajoutons à cela, des interactions fortes avec Jean autour de l'échange de ressources (O6) où nous relevons trois interactions avec lui et une avec Pauline. Donc les objets O1, O2, O4 et O6, associés à des interactions avec ses collègues du lycée, révèlent une relation de travail profonde en particulier avec Jean qui semble fort présent dans les échanges autour de ces objets, mais aussi autour de O3 au sein du groupe GFEN sciences comme le montre la Figure 59.

Ainsi, à partir de l'analyse du JI, nous repérons que la réflexion sur le travail des élèves, en particulier à travers les affiches produites par les élèves, constitue l'objet principal du

système d'activité de Lucien au sein de la communauté de ses collègues de SPC du lycée. Ceci appuie davantage nos résultats quant à l'interférence, au niveau du style de pensée, entre le système d'activité de Lucien au sein de la communauté de son lycée et son système d'activité impliquant la communauté du GFEN. Les interactions collectives de Lucien dirigées vers cet objet lui ont permis de repérer d'autres réactions d'élèves qui peuvent rejoindre ou diverger avec celles de ses élèves. En effet, il a pu réfléchir sur les conceptions et les difficultés d'apprentissage des élèves avec ses collègues, ce qui pourrait engendrer un développement de ses PCK/compréhension des élèves. En outre, comme il le rapporte dans son JI, ces interactions collectives lui ont également permis d'examiner l'influence des consignes du professeur et de la façon dont il a conduit sa séance sur les productions d'élèves. Donc il s'agit bien là de PCK/stratégie qui sont en jeu et qui sont susceptibles d'être mobilisées et développées au cours de ces interactions. De ce fait, l'apport du collectif est, à ce niveau, un *apport constructif* qui touche le développement des PCK de Lucien. Cependant, cet apport constructif ne se limite pas aux échanges de Lucien avec la communauté de ses collègues du lycée, mais va au-delà pour concerner également la communauté du GFEN. Nous avons inféré, à travers le JI, que les interactions collectives de Lucien au sein de la communauté du GFEN (notamment avec le GFEN sciences), orientées vers la réflexion sur une démarche d'enseignement d'un thème donné, correspondent à des moments d'explicitation de son travail, de ses objectifs et de ses stratégies d'enseignement. C'est là que le travail collectif dans l'explicitation entre collègues est, pour Lucien, efficace puisqu'il l'amène à se poser les bonnes questions tant au niveau didactique qu'au niveau du savoir. Rappelons que toutes les données renseignées dans le JI concernent plus particulièrement les DI, ce qui veut dire que tous les objets repérés sont liés aux DI.

Trajectoire d'évolution dans le temps des interactions de Lucien au sein des différentes communautés

Il est intéressant, nous semble-t-il, de mettre en évidence l'évolution dans le temps des interactions de Lucien avec les différentes communautés (Figure 60). Plus particulièrement, nous repérons des évolutions significatives par rapport à la « communauté collègues du lycée » où le nombre d'interactions au cours du mois d'avril atteint six. En effet, le JI fait apparaître que, pendant ce mois, des interactions se sont déroulées avec Jean (5 interactions) et Pauline (une interaction). Ce sont donc surtout les interactions de Lucien avec Jean qui marquent ce mois, ces interactions étant orientées, comme nous le remarquons dans le JI, vers les objets O1, O6 et dans une moindre mesure vers O4. Au cours de ce mois, nous constatons que Lucien et Jean ont organisé plusieurs rencontres afin de travailler sur la suite de leurs ressources-filles qu'ils ont produites, de mettre en commun leurs expériences d'enseignement, et donc de faire le point sur ce qu'ils ont fait pour envisager la suite de ce qu'ils vont faire. De même, ils ont échangé et discuté à propos du travail des élèves et font le bilan et l'évaluation de ces séquences, ce qui explique donc le nombre élevé d'interactions au cours de ce mois. Il est intéressant, cependant, de noter que nous n'avons pas repéré d'évolutions significatives dans le temps par rapport à d'autres communautés

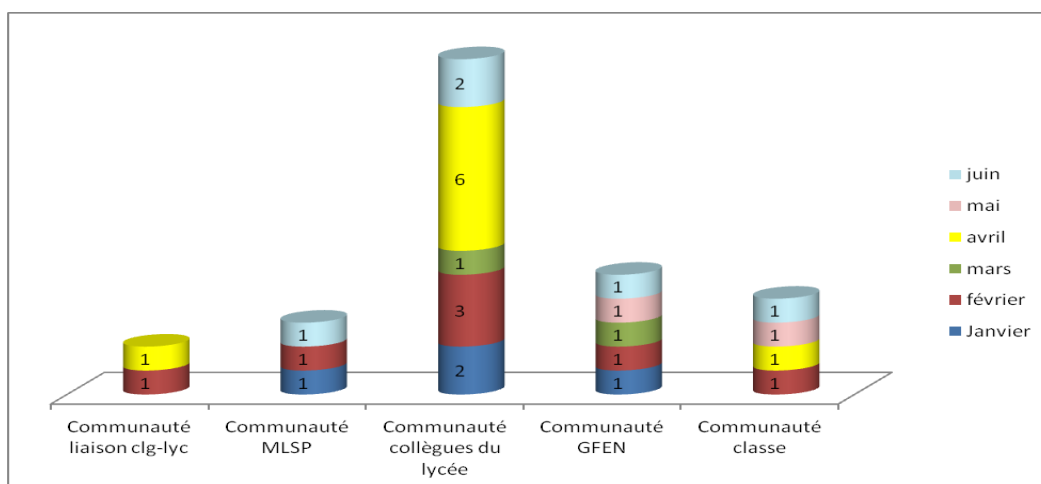


Figure 60. Evolution dans le temps des interactions de Lucien avec les différentes communautés

Synthèse de l'analyse du sous-système « sujet-communauté-objet »

L'analyse du JI met en évidence la participation de Lucien à différentes communautés, « naturelles » et « intentionnelles » (§ 2.4.3), et son intérêt pour les échanges et le partage d'expériences. Nous avons pu identifier cinq communautés avec lesquelles Lucien interagit : la communauté formée de ses collègues de SPC du lycée, la communauté du GFEN, la communauté MLSP, la communauté liaison clg-lycée et la communauté de classe. Il apparaît que c'est au sein de la communauté de ses collègues de SPC et de celle du GFEN que Lucien entretient des relations de travail fortes. Parmi ses collègues de SPC, nous avons repéré que Lucien collabore le plus souvent avec son collègue Jean, puis suivant un degré d'interactions plus faible avec Pauline. Nous avons également repéré une implication de Lucien dans le travail collectif, nettement forte, qui se traduit par des interactions essentiellement orientées vers la réflexion sur l'activité des élèves à partir des affiches, la production de ressources-filles au sein de la communauté de son lycée et la réflexion sur une démarche d'enseignement d'un thème donné au sein de la communauté du GFEN. Nous avons aussi mis en évidence que l'apport du travail collectif de Lucien consiste en un apport constructif qui vise le développement de ses connaissances professionnelles. Nous pouvons, cependant, ajouter que cet apport est également un apport productif qui concerne en particulier la conception de ressources-filles (la production de ressources-filles étant identifiée parmi les objets dominants). Il s'agit donc bien ici d'un double *aspect productif/constructif* du collectif.

Le sous-système « sujet-communauté-règles »

Il s'agit ici d'analyser le sous-système « sujet-communauté-règles ». Comme nous venons d'identifier dans la partie précédente les communautés avec lesquelles Lucien interagit, il est donc question dans cette partie d'inférer les règles régissant les interactions de Lucien au sein de ces communautés. Pour ce faire, nous explicitons d'abord les différentes règles que nous avons relevées à partir de l'analyse du JI, et nous procédons ensuite à identifier les règles suivies par chaque communauté.

A travers l'analyse du JI, nous avons inféré 5 règles (de Rg1 à Rg5) qui ont piloté les interactions collectives de Lucien pendant six mois (Figure 61). La règle qui semble prééminente est Rg3 (discuter sur le travail et les productions des élèves après la mise en

œuvre de la ressource-fille). Échanger de ressources pour que chacun puisse y avoir accès (Rg1) et suivre la mise en œuvre des ressources-filles en classe, par observation croisée ou co-intervention, pour comprendre le travail des élèves (Rg4) sont également des règles que nous avons pu dégager à partir de l'analyse du JI de Lucien. D'autres règles ont été également identifiées : il s'agit de Rg2 (développer une réflexion sur une démarche d'enseignement d'un thème donné à travers un atelier) et de Rg5 (mettre en commun des grilles d'évaluation pour construire des outils communs).

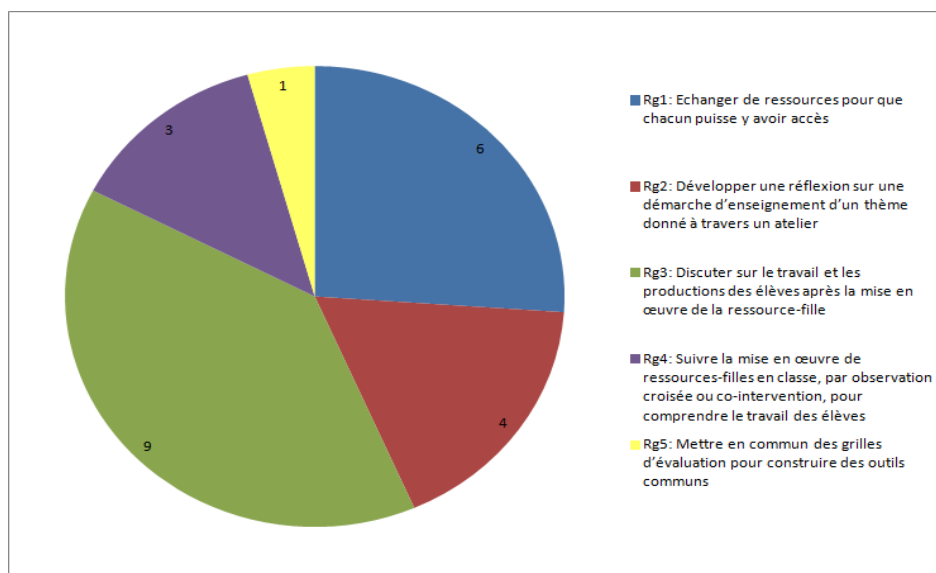


Figure 61. Les cinq règles repérées et leur fréquence sur les six mois

La relation du sujet à la communauté est médiée par des règles (§ 2.4.3). De fait, nous explicitons les règles qui sont spécifiques de chaque communauté avec laquelle Lucien a interagi (Figure 62). Nous remarquons que Rg3 caractérise la relation de Lucien avec ses collègues du lycée, d'une part, et avec le GFEN, d'autre part (avec une dominance remarquable de cette règle au sein de la « communauté collègues du lycée »). Ce qui est à noter ici c'est que Rg3 dépasse la communauté de ses collègues du lycée pour gérer également ses interactions au sein de la communauté du GFEN. Ceci reflète, certes, le poids de cette règle et appuie davantage l'idée que la discussion sur les productions et le travail des élèves est un aspect collectif crucial et déterminant du travail documentaire de Lucien.

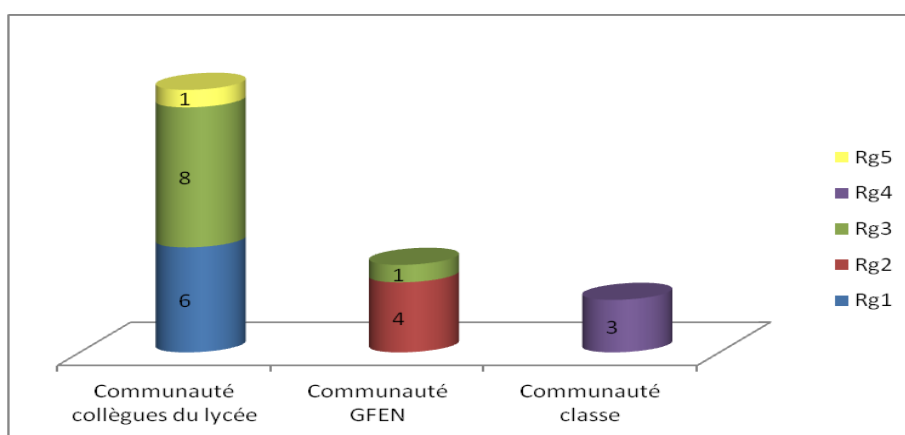


Figure 62. Les règles gérant les interactions de Lucien avec les différentes communautés

Ajoutons à cela, une autre règle, à savoir Rg4 qui vise le suivi de la mise en œuvre de ressources-filles en classe, mais cette fois-ci à travers des interactions directes avec les élèves : cela apparaît clairement dans la Figure 62 et montre l'importance du retour des élèves et de ce qui se passe en classe pour la documentation de Lucien ; cette importance a d'ailleurs été soulignée à travers l'analyse de la RSSR (§ 5.2.1). En outre, au sein de la communauté de ses collègues du lycée, le travail documentaire commun obéit à des règles appliquées par cette communauté et consistant à échanger des ressources (Rg1) et à mettre en commun de grilles d'évaluation pour construire des outils communs (Rg5). Cette mutualisation marque ainsi une circulation permanente des éléments du système de ressources d'un enseignant à celui d'un autre et traduit donc une forte imbrication des systèmes de ressources des enseignants de cette communauté, une imbrication que nous avons d'ailleurs relevée dans l'analyse de la RSSR de Lucien (§ 5.2.1). Par ailleurs, le JI révèle que les échanges de Lucien avec la communauté du GFEN sont régis par Rg2 qui consiste à développer une réflexion sur une démarche d'enseignement d'un thème à travers des ateliers en situation où Lucien présente et fait vivre sa démarche aux membres du GFEN (en particulier au groupe GFEN sciences) comme s'ils étaient des élèves, puis une analyse de ce qui a été présentée aura lieu. Notons que nous n'avons pas pu identifier des règles suivies par la communauté MLSP et la communauté liaison clg-lycée, ce qui n'est pas surprenant dans la mesure où les échanges de Lucien avec ces communautés se sont déroulés suivant une fréquence d'interactions plus faible qu'avec les autres communautés identifiées. De plus, la nature des interactions de Lucien avec ces communautés, orientées essentiellement, comme nous l'avons mis en évidence dans le sous-système « sujet-communauté-objet », vers la réflexion générale sur les DI et la recherche de ressources, rend difficile l'inférence des règles.

Par ailleurs, nous voulons aller encore plus loin dans le traitement des données du JI pour faire une analyse plus fine des systèmes d'activité de Lucien et déterminer pour chaque objet vers lequel Lucien oriente son activité les différentes règles qui pilotent ses interactions au sein des différentes communautés (Figure 63).

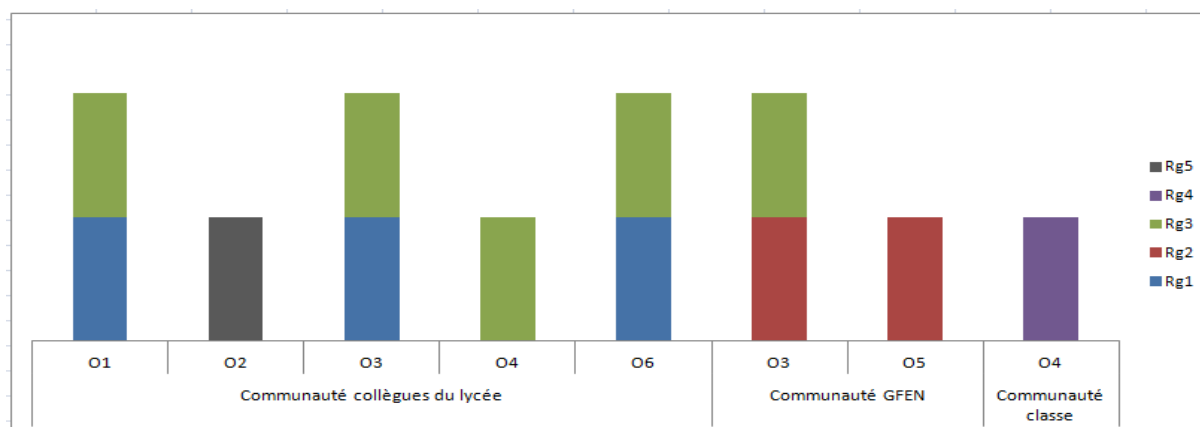


Figure 63. Les règles gérant les interactions de Lucien avec les différentes communautés pour chaque objet identifié

Nous remarquons d'après la Figure 63 que les règles qui régissent l'activité de Lucien orientée vers O4 (réflexion sur l'activité des élèves) varient entre Rg3 et Rg4 suivant la communauté en jeu : s'il s'agit des interactions de Lucien avec la communauté formée uniquement de ses collègues du lycée, dans ce cas c'est Rg3 qui prédomine, mais si Lucien

interagit avec ses collègues du lycée en présence de leurs élèves en classe (« communauté classe »), donc en l'occurrence, c'est Rg4 qui s'impose. De plus, pour produire des ressources-filles (O1) d'une part, et pour échanger de ressources (O6) d'autre part, Lucien et ses collègues du lycée discutent du travail des élèves à partir des productions de ceux-ci (Rg3), mais aussi ils partagent et mutualisent leurs ressources (Rg1) pour que chacun y ait accès et s'en inspire. En outre, les règles qui gèrent l'activité de Lucien orientée vers O3 dépendent de la communauté avec laquelle Lucien interagit : avec ses collègues du lycée, la réflexion sur une démarche d'enseignement d'un thème donné est pilotée par Rg1 et Rg3, alors qu'à l'intérieur de la communauté du GFEN, ce sont Rg2 et Rg3 qui pilotent. Par ailleurs, nous inférons que Rg5 gère l'activité de Lucien dirigée vers O2 au sein de la « communauté collègues du lycée ».

Ainsi, nous avons relevé à partir de l'analyse du JI les différentes règles employées au sein des systèmes d'activité de Lucien impliquant des communautés variées. Il est intéressant, cependant, de noter que Rg1, Rg3 et Rg4, qui régissent les interactions de Lucien avec ses collègues de SPC du lycée (seuls ou en présence de leurs élèves en classe dans le cas de Rg4), sont des règles que nous avons déjà repérées à partir de l'analyse des systèmes d'activité de Lucien au cours de la première année de son suivi (§ 5.1.2), mais qui ont été également corroborées cette année à partir de l'analyse de la RSSR (§ 5.2.1), de l'entretien général et de l'observation du travail collectif de Lucien. De même, notre suivi du travail collectif de Lucien au sein de la communauté du GFEN nous a permis de repérer Rg2 qui a été en fait corroborée à travers l'analyse du JI. Toutefois, ce qui change cette année dans Rg3 par rapport à l'année précédente, c'est bien l'exploitation des affiches, due aux interactions avec le GFEN, comme une ressource essentielle pour discuter sur le travail des élèves et leurs productions après la mise en œuvre de la ressource-fille en classe. Cette année, Lucien et ses collègues du lycée ont mobilisé ces affiches à la fois pour le travail en classe avec les élèves et pour les échanges ultérieurs sur le retour des élèves et ce que ceux-ci ont produit en classe.

L'analyse du JI montre que Rg3 est également employée, quoique dans une moindre mesure, au sein de la communauté du GFEN. Plus précisément, il apparaît d'après le JI que l'exploitation des affiches pour la discussion sur le travail des élèves ne se restreint pas aux interactions de Lucien avec ses collègues du lycée, mais elle se déploie également dans la communauté du GFEN : en effet, Lucien mobilise les affiches de ses élèves pour échanger avec les membres du GFEN, en particulier le groupe GFEN sciences, à propos du retour et des réactions d'élèves. Ceci confirme l'importance et la place grandissante des affiches comme une nouvelle ressource intégrée dans le système de ressources de Lucien, mais aussi ceci met en évidence que le travail collectif de Lucien intervient au niveau de la révision de la ressource-fille après sa mise en œuvre en classe pour la nourrir des effets observés et du retour des élèves. D'ailleurs, notre observation du travail collectif de Lucien au sein de la communauté du GFEN confirme ce que le JI nous donne à voir dans la mesure où nous avons relevé l'exploitation et la discussion sur les affiches produites par les élèves de Lucien et de Jean au sein du GFEN sciences. Par ailleurs, deux nouvelles règles ont pu être identifiées cette année : Rg2 au sein de la communauté du GFEN et Rg5 au sein de la communauté du lycée, ce qui atteste ainsi de l'évolution des systèmes d'activité de Lucien. Sans doute, l'émergence de Rg2 est due aux nouvelles interactions de Lucien que nous avons repérées cette année au

sein de la communauté du GFEN. Quant à Rg5, elle est liée à l'intégration de nouvelles ressources, notamment des grilles d'évaluation communes, dans le système de ressources de Lucien, une nouveauté que nous avons aussi relevée d'après l'analyse de la RSSR (§ 5.2.1) et de l'entretien général.

Le sous-système « sujet-communauté-outils »

Il s'agit dans ce sous-système de déterminer les outils qui ont été employés au sein de différentes communautés. Rappelons que les outils qui nous intéressent ici et qui ont été demandés d'être relevés dans le JI sont les ressources.

Le JI de Lucien révèle, en effet, trois types de ressources utilisées (Figure 64) : les ressources personnelles de Lucien (R1) et les ressources de ses collègues (R2), toutes deux mobilisées suivant le même degré, puis les ressources provenant des productions d'élèves (R3), en particulier les affiches.

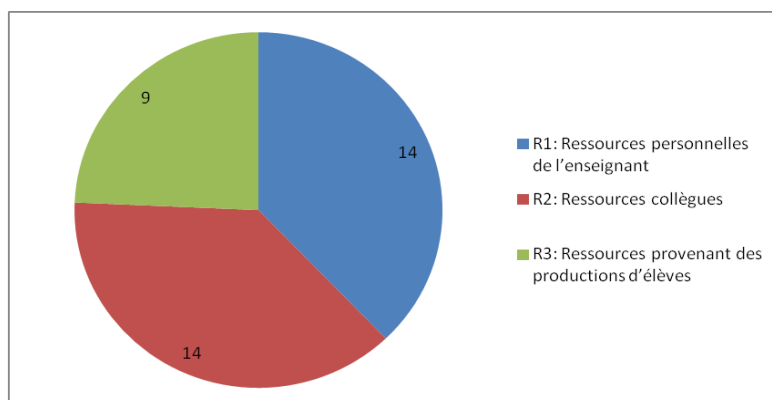


Figure 64. Les différentes ressources mobilisées et leur fréquence sur les six mois

Par ailleurs, nous exposons dans la Figure 65 les ressources mobilisées à l'intérieur de chaque communauté. En effet, nous inférons qu'au cours de ses échanges avec ses collègues du lycée, Lucien mobilise tant ses ressources personnelles que celles de ses collègues. Il en est de même pour ses interactions avec la communauté du GFEN et la communauté liaison clg-lyc. Toutefois, avec la communauté MLSP, Lucien se sert essentiellement des ressources des enseignants membres de la communauté (R2), ce qui va de pair avec ses propos au cours de l'entretien général lorsqu'il a signalé qu'il ne participe pas assez au projet et qu'il ne propose pas des ressources. Nous pouvons donc considérer qu'au sein de cette communauté, Lucien est un « récepteur » plutôt qu'un « donneur » de ressources.

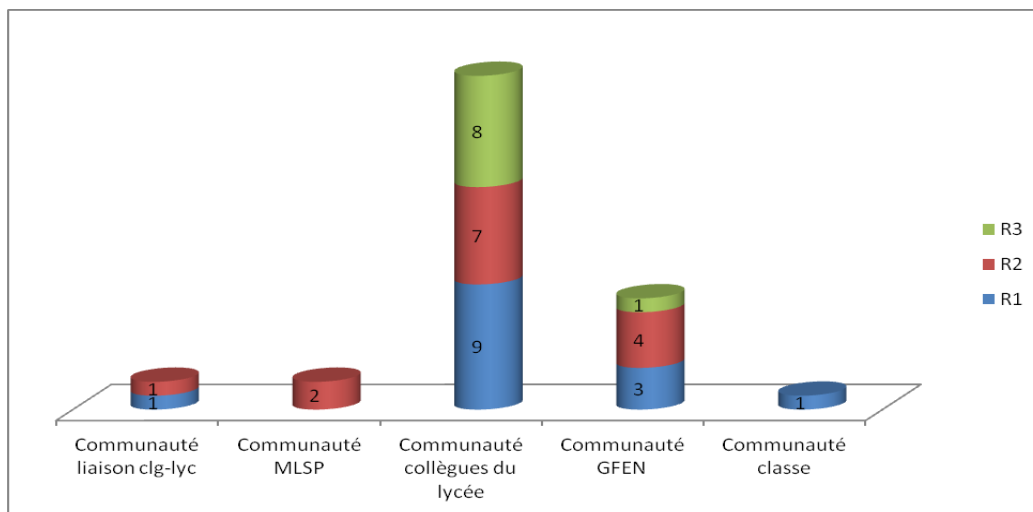


Figure 65. Les ressources utilisées au cours des interactions de Lucien au sein des différentes communautés pendant six mois

Outre R1 et R2, nous repérons que les ressources provenant des productions d'élèves (R3), en particulier les affiches, sont mobilisées au cours des interactions de Lucien avec la communauté de ses collègues du lycée, d'une part, et la communauté du GFEN, d'autre part. Ceci a d'ailleurs été précédemment mis en évidence dans l'analyse du sous-système « sujet-communauté-règles » où nous avons montré que Rg3, qui consiste à discuter sur le travail des élèves et leurs productions en exploitant les affiches, est une règle commune aux deux systèmes d'activité de Lucien impliquant le premier la communauté de ses collègues du lycée et le deuxième celle du GFEN. Ainsi, ceci étaye, encore plus, nos inférences quant à l'importance des affiches dans le système de ressources de Lucien et dans ses systèmes d'activité au sein de ces communautés.

Les ressources issues des interactions collectives

L'analyse du JI nous donne à voir trois types de ressources qui ont été produites à l'issue des interactions de Lucien avec ses collègues (Figure 66) : des ressources-filles basées sur les DI, spécifiques d'un thème d'enseignement et à destination des élèves en classe (RP1), des ressources fondées sur les DI, spécifiques d'un thème d'enseignement et censées être engagées ultérieurement comme ressources-mères dans le processus de conception de ressource-fille (RP2) ainsi que des ressources liées à la mise en place de DI, non spécifiques d'un thème d'enseignement particulier, et censées être des ressources-mères (RP3). Cependant, nous constatons que les ressources résultantes des interactions collectives sont le plus souvent de type RP2.

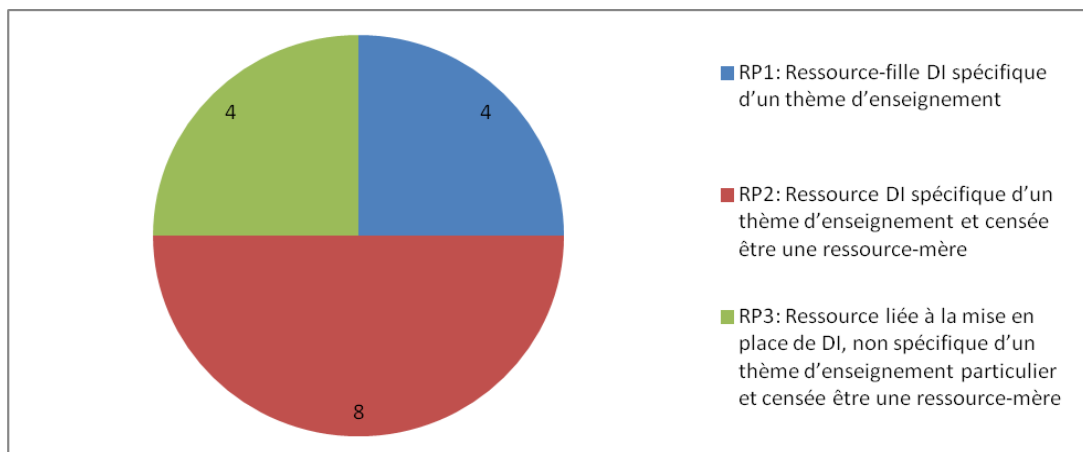


Figure 66. Les ressources produites pendant six mois

Par ailleurs, la Figure 67 (voir ci-dessous) nous renseigne sur les ressources issues des interactions collectives de Lucien à l'intérieur de chaque communauté. Nous inférons que le taux de production de ressources était le plus élevé au cours des interactions de Lucien avec ses collègues du lycée où nous repérons les trois types de ressources (4 RP1 et 2 RP2 issues des interactions de Lucien avec Jean en particulier, et une RP3 émanant de ses interactions collectives avec Jean et Pauline). Ensuite arrivent, dans le deuxième rang de production de ressources, les interactions de Lucien avec la communauté du GFEN où les ressources issues de ces interactions sont de type RP2 (le JI révèle, en effet, 4 RP2 découlant des interactions de Lucien avec le groupe GFEN sciences dont Jean fait partie), ce qui est en de même avec la communauté MLSP. Toutefois, avec la communauté liaison clg-lyc, les ressources produites sont essentiellement de type RP3.

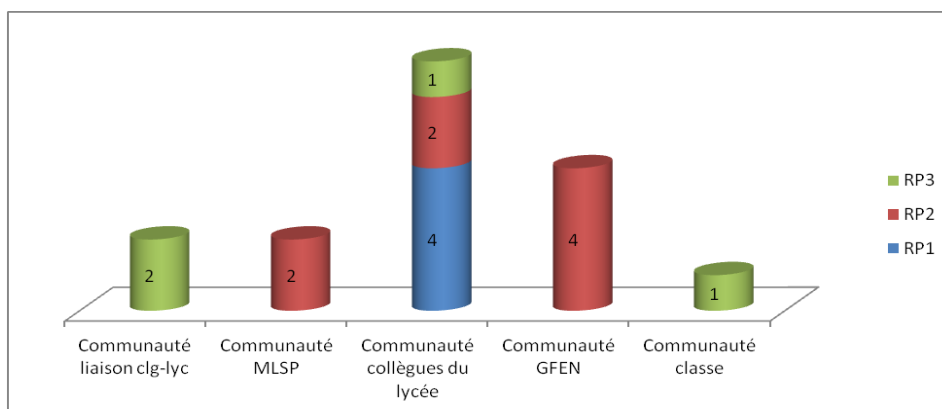


Figure 67. Ressources produites au cours des interactions de Lucien avec les différentes communautés pendant six mois

Ainsi, à travers l'analyse du JI, nous avons délimité les différentes communautés à l'intérieur desquels Lucien interagit ainsi que les objets, les règles pilotant les interactions au sein de ces communautés, les ressources utilisées et celles produites, et l'apport du travail collectif pour la propre documentation de Lucien. Nous avons mis en évidence que les interactions collectives de Lucien, plus particulièrement au sein de la communauté de ses collègues de SPC du lycée et de celle du GFEN, débouchent sur une production de ressources dans la perspective de DI. Ceci montre que l'apport du travail collectif de Lucien, à ce niveau, est donc un *apport productif* qui vise l'élaboration de ressources. D'ailleurs ceci met en

évidence le fait que le travail collectif intervient au niveau de la conception de ressources-filles, une étape du cycle de vie d'un document. Ceci appuie davantage l'idée que ce travail nourrit fortement le système de ressources de Lucien et corrobore ainsi ce que nous avons relevé à travers l'analyse du RSSR (§ 5.2.1), en particulier le fait que ce système de ressources porte l'empreinte des interactions collectives de Lucien avec deux principales communautés : la communauté de ses collègues de SPC du lycée et la communauté du GFEN. Nous avons également relevé un apport constructif du travail collectif de Lucien qui touche ses connaissances professionnelles.

Nous avons repéré que, parmi ses collègues du lycée, Lucien interagit le plus souvent avec Jean (qui fait partie du groupe GFEN sciences), puis avec Pauline. Nous supposons que ce fort degré d'interactions détecté entre Lucien et Jean est dû à leur implication dans le groupe GFEN sciences et à leur collaboration autour de la conception de ressources-filles s'inscrivant dans la perspective de DI ou ce qu'ils appellent, selon les termes du GFEN, « démarches d'auto-socio-construction ».

Impact des interactions collectives de Lucien

Nous présentons ici ce que dit Lucien de l'impact de son travail collectif, à l'intérieur de la communauté de ses collègues du lycée et de celle du GFEN, sur sa propre documentation. Pour ce faire, nous exploitons les données issues de l'entretien général (EG) et de l'entretien portant sur le journal d'interactions (EJI) que nous avons menés avec Lucien.

Par rapport à l'année dernière, Lucien souligne que des changements dans son travail documentaire ont eu lieu ; ces changements portent plus particulièrement sur la façon d'envisager les séquences d'apprentissage proposées à ses élèves ainsi que leur animation. Cette année, il déclare aborder des contenus de manière radicalement différente au moyen de DI, ce qui a des retombées profondes sur sa pratique qui se manifestent par une évolution de sa pratique tournée vers les DI comme en témoigne sa réponse : « la nouveauté cette année, c'est que en fin de l'année dernière on a découvert le GFEN, leur façon à eux de théoriser les démarches d'investigation, d'aborder ce qui se cache derrière le terme de démarche d'investigation [...]. Eux, ils appellent ça démarche d'auto-socio-construction dans laquelle je me trouve tout à fait, qui est l'équivalent de ce qu'on appelle DI si on veut. C'est vrai que ça m'a fait un effet très important c'est que ça changeait le regard, l'état d'esprit qu'on avait en classe. En fait on peut aborder énormément de trucs avec des manières radicalement différentes avec ça en tête, je n'ai pas du tout l'impression de faire le même enseignement que je faisais les années, ne serait-ce que l'année dernière. Il y a une évolution assez radicale dans la façon que j'ai d'animer la classe et de faire vivre des problèmes qu'avant j'avais tendance à faire vivre de manière un peu plus magistral » (EG, annexe 10, phrase 49). Cette évolution particulièrement tournée vers les DI, qui sous-tend une évolution de ses connaissances professionnelles, porte l'empreinte de ses interactions collectives avec le GFEN, mais aussi avec ses collègues Pauline et Jean. Cela apparaît très clairement dans ce qu'il dit de sa propre expérience en réponse à la question portant sur les facteurs stimulant cette évolution : « j'ai rencontré des gens [le GFEN] qui ont fait un travail de conceptualisation et j'essaie de récupérer justement ces concepts, et voir s'ils sont opérationnels pour analyser ma pratique ou pas et puis après il y a un travail de maturation qui est un peu collectif, c'est-à-dire c'est des choses que j'ai fait avec Jean et Pauline, où on a essayé de voir si on trouvait cette pertinence à

une échelle collective et ça m'a un peu aidé. On a travaillé un peu sur les mêmes séquences alors chacun conservant sa façon de faire vivre les choses, sa spécificité, mais quand même on a trouvé une communicabilité un peu plus forte entre nous trois, donc voilà je pense que c'est tout ça quoi » (EG, annexe 10, phrase 55).

En effet, Lucien évoque deux aspects dans ses interactions collectives : il y a des interactions qui l'ont aidé à mieux comprendre ce que sont les DI et comment les mettre en place, ces interactions ont eu lieu au sein de la communauté du GFEN : *« en gros, leur démarche d'auto-socio-construction était pour moi la façon que j'ai trouvé satisfaisante de formaliser ce que c'est une démarche d'investigation. On est ici au niveau des interactions qui permettent de mieux comprendre ce que c'est qu'une démarche d'investigation et cette meilleure compréhension aide et permet de mieux concrétiser les choses ; c'est un efficace cadre c'est-à-dire ça m'a permis de comprendre et donc de mieux faire »* (EJI). Il y a aussi des interactions collectives qui l'ont aidé à construire, à concrétiser des démarches opérationnelles en classe, c'est-à-dire à mieux comprendre « en acte ». Ces interactions ont été menées, autour de la co-production de ressources-filles fondées sur des DI, au sein de la communauté de ses collègues du lycée, en particulier avec Jean et Pauline, où il s'agit pour Lucien et ses collègues d'examiner finement le savoir qu'il faut transmettre et de discuter du retour des élèves.

Lucien considère que son travail collectif l'année dernière avec Pauline constitue le germe de cette évolution dans la mesure où ils ont travaillé ensemble à la conception des ressources-filles s'inscrivant dans la perspective de DI et laissant donc une part d'autonomie importante aux élèves. Ce germe s'est développé cette année à travers ses interactions collectives, portant sur les DI, au sein du GFEN d'une part, et l'intérêt fort partagé avec ses collègues de discuter et de construire ensemble des ressources-filles basées sur des DI, d'autre part. Ceci a ainsi contribué au développement de sa propre documentation tournée vers les DI. Nous pouvons donc inférer que les aspects collectifs du travail documentaire de Lucien amène des formes spécifiques de développement professionnel dans la perspective de DI. Plus précisément encore, le traitement des données recueillies met en évidence une implication de Lucien et de ses collègues nettement plus forte dans le travail collectif. Cette évolution évoquée par Lucien est, en effet, liée à une *genèse du collectif* (Hammoud, 2011). Cette genèse du collectif et la genèse de son système documentaire, tournée vers les DI, apparaissent ainsi étroitement associées. Par conséquent, ceci conduit Lucien à mettre en place plus de DI qu'auparavant comme le montre sa réponse : *« là maintenant j'ai l'impression que cette année l'auto-socio-construction par exemple elle est présente à tous les moments dès que je suis avec les élèves quoi alors que l'année dernière c'était restreint à des séquences de TP particulièrement importantes. Mais en même temps démarche d'investigation, donc moi je dis auto-socio-construction voilà je le retrouve à pleins d'autres niveaux »* (EG, annexe 10, phrase 115). Ce développement marqué par une place beaucoup plus importante accordée aux DI dans son enseignement reflète certes un développement professionnel de Lucien. Celui-ci considère même que son enseignement tourne désormais essentiellement autour des DI ; la mise en place des DI n'est donc plus limitée à des TP seulement mais va au-delà pour concerner même les séances de cours qu'il faisait avant sous forme magistrale.

Par ailleurs, Lucien insiste sur l'aspect « métacognition » mis en évidence par le GFEN. Cette dimension est, pour Lucien, très importante à prendre en compte comme en témoigne sa

réponse : *« aujourd'hui je reste focalisé sur les contenus, mais en fait je m'aperçois qu'il y a un gros travail qui est de transmission de méthodes de travail et d'apprentissage, c'est-à-dire apprendre aux élèves sur apprendre ça veut dire quoi, pourquoi on a fait ça en classe, c'est quoi l'objectif visé c'est-à-dire d'explicitier, de formaliser les choses, c'est la métacognition. Je pense que cette année c'est un des trucs sur lesquels j'ai l'impression d'avoir vraiment beaucoup avancé, j'ai à la fois mesuré concrètement, perçu à travers les situations en classe avec les élèves à quel point c'était important et trouvé des modalités pour concrétiser ça. Ce qui est vraiment nouveau c'est la métacognition et ses enjeux »* (EG, annexe 10, phrase 59). Il s'agit donc ici de développement professionnel ; cet aspect de métacognition qui marque une évolution dans la documentation de Lucien tournée vers les DI n'est autre que le produit de ses interactions collectives avec le GFEN qui met l'accent sur cet aspect.

Lucien souligne que son travail collectif au sein de la communauté de ses collègues du lycée, notamment pour la mise en place des DI, lui a été très bénéfique au regard de plusieurs aspects : la gestion des séances de classe et plus particulièrement la façon de constituer des groupes, d'animer le travail des élèves en groupe et le travail avec les affiches ; la réflexion par rapport aux contenus et aux savoirs à transmettre. En ce qui concerne le travail avec les affiches, Lucien souligne que ce travail permet de regarder finement ce que les élèves ont produit et l'amène à réfléchir avec ses collègues sur les conceptions et les difficultés d'apprentissage des élèves et par conséquent à mieux comprendre et analyser le travail de leurs élèves : *« on a plus de retour sur ce qui se passe concrètement en classe, on voit plus des choses, ça permet de multiplier les expériences, les tests avec les élèves en classe. On a réfléchi ensemble sur cet aspect là, pourquoi les élèves réagissent comme ça, qu'est-ce qui se passe dans leurs têtes, on a essayé d'interpréter ce qu'on pouvait voir ensemble, donc réflexion à plusieurs sur les éléments qu'on avait sous la main »* (EJI). Au-delà du travail sur les affiches avec ses collègues, Lucien évoque son propre travail avec les affiches en classe, il souligne qu'il a fait faire cette année à ses élèves beaucoup d'affiches dont certaines ont été exploitées par lui d'une séance à une autre. Il rapporte que ce travail sur les affiches qui a été mis en place cette année marque une évolution dans la façon dont il a organisé ses séances et géré ses interactions et son travail avec les élèves : *« alors premièrement ça était un outil en situation c'est-à-dire le fait de les [les élèves] faire travailler avec ça, on voit que ça produit des choses dans la classe qui n'était pas avant sur la confrontation entre eux. Puis ensuite, moi ça m'a aidé à revenir sur l'importance de la trace écrite qu'ils produisent où avant j'aurai accordé de l'importance mais pas au même degré que maintenant, les années précédentes je ne faisais pas ça, ça permet de voir, d'accéder à ce qui se passe dans la tête des élèves. Là on voit ce qu'ils ont dans la tête mais est-ce qu'ils sont capables de l'écrire et en fait tu vois d'autres choses, quand tu regardes quelqu'un réfléchir c'est pas pareil de regarder le produit de sa réflexion et les affiches c'était complètement ça, ça aide à prendre en compte comment le savoir vit dans la tête des élèves »* (EJI). Ce travail sur les affiches lui a donc permis de repérer de plus près les réactions des élèves et leurs difficultés, ce qui est susceptible de favoriser le développement de ses PCK/compréhension des élèves.

Ainsi, il apparaît que le travail collectif de Lucien contribue à développer sa documentation. Ce résultat va de pair avec sa RSSR, dans la mesure où « collègues » apparaît comme une ressource principale (§ 5.2.1).

L'analyse des données issues de différents outils méthodologiques nous donne à voir une diversité de communautés au sein desquelles Lucien interagit, la communauté de ses collègues de SPC du lycée (il s'agit d'une communauté « naturelle », § 2.4.3) et celle du GFEN (communauté « intentionnelle », § 2.4.3) étant les deux communautés où le travail collectif de Lucien apparaît central. D'ailleurs, ces deux communautés semblent liées : une interférence entre les systèmes d'activité de Lucien impliquant ces deux communautés a été identifiée, en particulier au niveau du style de pensée. Nous avons mis en évidence que la documentation de Lucien se développe au cours de nombreuses interactions au sein de ces communautés. Ce ne sont pas seulement des textes de ressources qui sont élaborés et discutés, mais aussi des *usages* de ressources. Plus que des ressources, ce sont des éléments de systèmes documentaires qui sont partagés à l'intérieur de ces deux communautés.

Le travail collectif de Lucien au sein de ces communautés semble constituer un élément structurant de son activité et de ses documents et révèle clairement une part productive et une part constructive ; notamment l'évolution associée des connaissances professionnelles de Lucien relève d'une dimension constructive. Par ailleurs, Lucien semble s'approprier le style de pensée porté par la communauté du GFEN : il définit les DI en termes d'auto-socio-construction de savoir, il insiste sur la nécessité de mettre en place la métacognition et anime le travail des élèves en classe avec des affiches ; les DI ont d'ailleurs occupé une place plus importante dans sa pratique. La production de ses ressources-filles fondées sur les DI est nourrie de ses interactions collectives avec ses collègues du lycée, notamment Jean et Pauline, et avec la communauté du GFEN. Cependant, ces interactions collectives ne sont pas de la même nature : avec le GFEN, Lucien a acquis une meilleure compréhension de ce que sont les DI et de comment les mettre en œuvre en classe ; avec ses collègues du lycée il a concrétisé cette compréhension à travers la production de ressources-filles qui l'a aidé à mieux comprendre « en acte ». Nous avons aussi pu repérer l'émergence de nouvelles règles, de nouveaux objets, de nouvelles ressources témoignant ainsi du développement des systèmes d'activité de Lucien.

Le travail collectif de Lucien semble enrichir le cycle de vie d'un document, et en retour son système de ressources. Ce travail collectif semble intervenir au niveau de différentes étapes du cycle : la recherche de ressources, la conception de ressources-filles et la révision de celles-ci après leur mise en œuvre en classe. Le système d'interactions de Lucien, constitué par la multiplicité de ses systèmes d'activité que nous avons analysés, semble contribuer à son développement professionnel dans la perspective de DI : nous relevons une évolution des connaissances professionnelles, des ressources et de l'activité de Lucien due à ses interactions collectives.

5.2.3. Analyse d'une étape du cycle de vie d'un document : la conception par Lucien de ressources-filles fondées sur les DI

Nous consacrons cette partie à l'analyse d'une étape du cycle de vie d'un document : la conception par Lucien de ressources-filles fondées sur les DI. L'analyse de cette étape

implique l'étude de la « recherche de ressources » et de la « sélection et mise au travail des ressources », deux étapes précédentes de ce cycle. Plus particulièrement, nous explicitons ici les ressources-mères mobilisées par Lucien pour concevoir ses ressources-filles. Pour effectuer cette analyse, nous exploitons l'entretien précédant les observations de classe (EPO), la RSSR et la RSTC que Lucien a retouchées au cours de cet entretien.

Pour préparer son enseignement portant sur le thème de la quantité de matière en classe de seconde, Lucien a conçu des ressources-filles fondées sur les DI faisant partie d'une séquence qui s'étale sur plusieurs séances de TP et de cours. Cette séquence porte sur une situation expérimentale, à savoir la neutralisation d'une base par un acide. Comme le mentionne Lucien, cette séquence devrait conclure sur la nécessité de mélanger la même quantité de matière de l'acide et de la base pour réaliser une neutralisation, mais le calcul de quantité de matière sera abordé ultérieurement. Cette séquence est censée donc introduire la notion de quantité de matière. Elle arrive, en effet, à la suite de l'enseignement de la transformation chimique ; de ce fait, Lucien a envisagé d'insister dans cette séquence sur la problématisation de l'étude de la transformation chimique qui a lieu entre l'acide et la base. Notons que la ressource-fille en question sera analysée dans la section suivante (§ 5.2.4).

Pour concevoir cette ressource-fille, Lucien a fait appel à la ressource-fille qu'il a produite l'année précédente avec sa collègue Pauline et que nous avons observée en classe (§ 5.1.4). De plus, il a discuté avec son collègue Jean qui l'a amené à construire une situation de départ pour motiver les élèves et les engager dans la résolution du problème posé comme en témoigne sa réponse : *« Je me suis interrogé sur comment introduire et présenter la situation-problème aux élèves et essayer de trouver une autre façon pour présenter le problème un peu plus motivante, c'était en fait une discussion avec Jean qui me disait que mes situations-problèmes sont des situations-problèmes très physiques, il m'a dit qu'il faut trouver une façon un peu plus accrochante pour les élèves pour qu'ils rentrent dedans. Les élèves ne sont pas très intéressés par entrer directement dans la chimie, il faut les intéresser à la chimie à travers d'autres entrées. C'est vrai que j'introduis parfois mes situations-problèmes qui sont très, un truc de physicien et il y a des élèves qui ont du mal à rentrer dans. Donc j'ai essayé d'introduire mes situations-problèmes comme une situation de tous les jours, ça va plus intéresser et motiver les élèves, du coup j'ai rédigé un document censé introduire la démarche d'investigation »* (EPO). Nous repérons donc que la discussion de Lucien avec Jean a débouché sur une situation de départ que nous pouvons qualifier de « situation déclenchante » et qui amène les élèves à se questionner, ce qui s'inscrit ainsi dans une perspective de DI.

Ce que nous voulons souligner ici c'est le fait que la ressource-fille que Lucien a conçue et mise en œuvre l'année dernière lui a servi comme ressource-mère pour préparer cette année (correspondant à sa deuxième année de suivi) une nouvelle ressource-fille pour l'enseignement expérimental du thème de la quantité de matière. Ainsi, la ressource-fille produite l'année précédente est devenue une ressource-mère engagée dans un nouveau cycle de vie en vue de donner matière à la nouvelle ressource-fille que Lucien a préparée et que nous avons observée en classe cette année. Ceci semble étayer ce que nous avons proposé à travers notre contribution théorique, en particulier du point de vue du cycle de vie d'un document considéré comme un processus qui se poursuit et où une ressource-fille est susceptible de devenir une ressource-mère produisant aussi d'autres ressources (§ 2.2.4).

Signalons que dans la partie suivante qui traite de l'évolution de la documentation et du système d'interactions de Lucien (§ 5.3.3), nous comparons la ressource-mère (qui était la ressource-fille l'année précédente) et la ressource-fille conçue cette année pour essayer de dégager les modifications que Lucien a effectuées.

Ce processus de conception corrobore encore plus les inférences que nous avons relevées à travers l'analyse de l'entretien général et de la RSSR (§ 5.2.1) en ce sens que les archives de Lucien (il s'agit ici de la ressource-fille conçue l'année dernière) et ses discussions avec ses collègues apparaissent comme les deux principales sources d'inspiration pour la conception de ses ressources-filles.

Par ailleurs, ce que dit Lucien de son activité de conception de cette ressource-fille correspond à la RSSR qu'il a retouchée (Figure 68). On voit sur cette RSSR que Lucien a utilisé ses archives, notamment la ressource-fille produite l'année précédente. Par une flèche qui part de « Jean » situé dans l'encadré « collègues » et arrive vers « conception », Lucien note que sa discussion avec Jean sur les DI lui a conduit à proposer aux élèves une situation de départ et a alimenté, par conséquent, la conception de sa ressource-fille. En traçant sa RSSR, Lucien mentionne également que son travail collectif avec Pauline l'année précédente, autour de la conception de son enseignement portant sur le même thème de la quantité de matière (§ 5.1.3), a nourri sa documentation ; c'est d'ailleurs à partir de la ressource-fille élaborée avec cette collègue l'année précédente qu'il a préparé son enseignement pour cette année. En outre, un autre aspect collectif du travail documentaire de Lucien intervient au niveau de la conception de sa ressource-fille, comme il le note sur sa RSSR : il s'agit de ses interactions collectives avec le GFEN qui fonde la « théorisation de ses pratiques » : « ce que je fais avec le GFEN sur l'auto-socio-construction, ça change sur ma compréhension par rapport à l'année dernière, sur ma compréhension des enjeux d'apprentissage » (EPO).

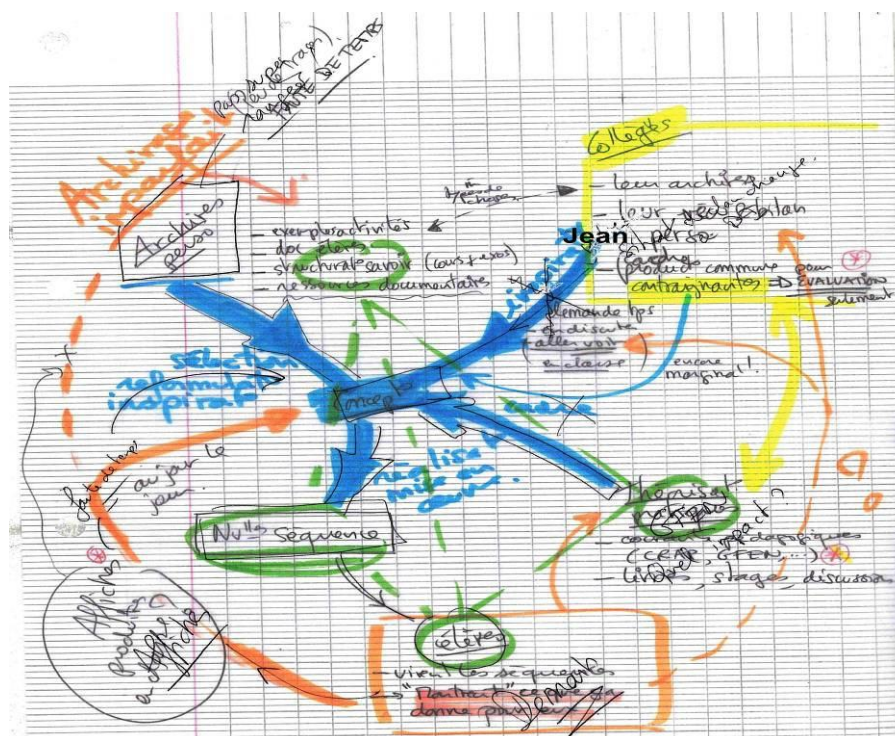


Figure 68. RSSR retouchée de Lucien, année n+1 (les noms des enseignants désignés par Lucien sur cette RSSR ont été changés pour conserver l'anonymat)

Lucien précise sur sa RSSR retouchée ce qu'il envisage de faire avec ses élèves lors de la mise en œuvre de la ressource-fille : il a prévu d'exploiter en particulier les affiches produites par les élèves pour penser la suite de son enseignement : « *demain, à la fin du TP, j'ai des affiches et à partir de ces affiches, je vais savoir ce que je vais faire après et quelle suite je vais donner à ce TP. J'utiliserai justement ces différentes affiches pour illustrer les différentes démarches, je vais utiliser en fait leurs productions pour illustrer les différentes démarches possibles des élèves* » (EPO). Ceci est manifeste à travers la boucle (voir méthodologie d'analyse des représentations schématiques, § 3.4.2) « conception - nouvelles séquences – élèves – affiches - conception » que nous pouvons repérer sur cette RSSR et appuie davantage l'idée de la place importante que Lucien accorde aux affiches dans la conception comme dans la mise en œuvre de ses ressources-filles.

Par ailleurs, les interactions collectives de Lucien qui ont accompagné la conception de sa ressource-fille apparaissent encore sur la RSTC qu'il a retouchée (Figure 69). En effet, cette RSTC met en évidence deux types d'interactions de Lucien avec ses collègues Jean et Pauline : des interactions qui ont réellement eu lieu et des interactions souhaitées dans le but de conforter et d'enrichir éventuellement ses hypothèses concernant l'enseignement du thème de la quantité de matière, comme il le déclare en traçant sa RSTC.

On voit apparaître sur cette RSTC un travail collectif entre Lucien et Pauline que nous n'avons pas repéré auparavant à travers la RSSR retouchée ou l'entretien : ce travail relève de la méthode d'évaluation des élèves où Lucien et Pauline ont défini une liste d'items à évaluer qui concerne, entre autres, la ressource-fille que Lucien a conçue et qui sera mise en œuvre. Avec Jean, Lucien note sur sa RSTC des « *interactions réelles* » qui ont abouti à la « *situation déclenchante* », ce que nous avons d'ailleurs précédemment relevé à travers ses déclarations au cours de l'entretien et sa RSSR retouchée.

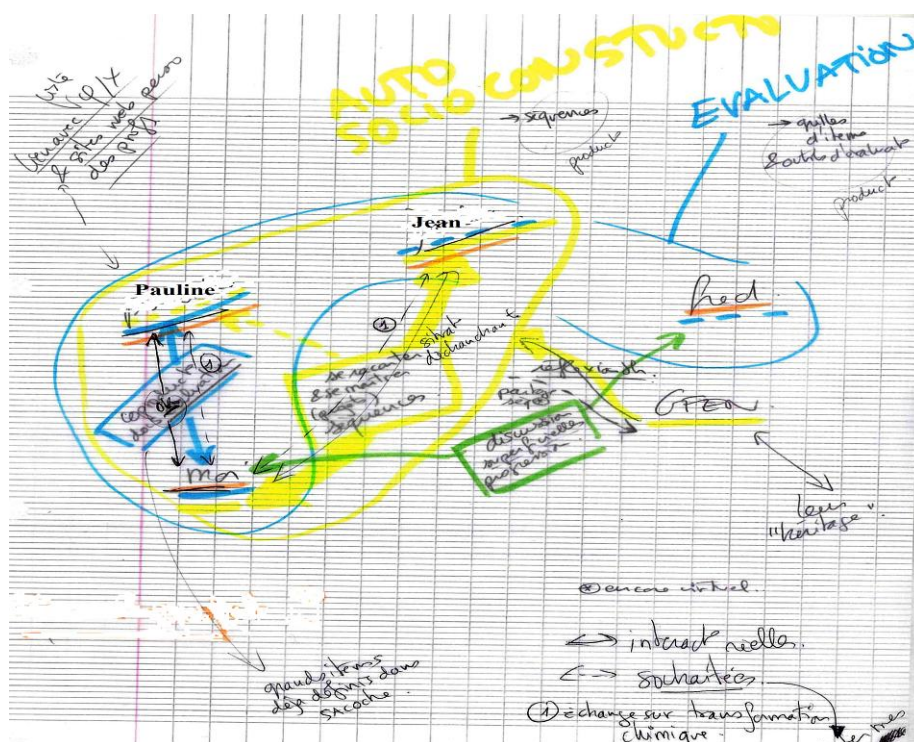


Figure 69. RSTC retouchée de Lucien, année n+1 (les noms des enseignants désignés par Lucien sur cette RSTC ont été changés pour conserver l'anonymat)

Ainsi, le croisement de l'analyse de l'entretien précédant les observations de classe, de la RSSR et de la RSTC retouchées nous donne à voir les ressources-mères mobilisées par Lucien pour préparer sa ressource-fille portant sur le thème de la quantité de matière. Nous avons montré que la ressource-fille émanant du travail collectif de Lucien avec sa collègue Pauline l'année précédente est devenue une ressource-mère qui a été impliquée cette année dans un nouveau cycle de vie pour la production de la ressource-fille que nous avons observée en classe. Nous avons également relevé l'impact des interactions collectives de Lucien avec son collègue Jean, notamment du point de vue de l'élaboration d'une situation de départ qui s'inscrit dans une perspective de DI.

Dans ce qui suit, nous analysons la ressource-fille que Lucien a préparée et nous procédons ensuite à l'analyse des PCK et des orientations de Lucien pour les DI à partir de son activité en classe.

5.2.4. Analyse des PCK et des orientations de Lucien pour les DI

Cette partie est consacrée à l'analyse des PCK et des orientations de Lucien pour les DI. Nous inférons ces connaissances à travers l'analyse de ressource-fille et l'analyse des séances de classe que nous avons observées.

Nous explicitons en premier lieu l'analyse de ressource-fille basée sur les DI. En second lieu, nous nous centrons sur le système d'activité de Lucien en classe orienté vers l'objet « mise en œuvre de ressource-fille basée sur les DI » où nous nous attachons à inférer les PCK et les orientations de Lucien pour les DI en nous basant sur des extraits des séances de classe observées.

Analyse de ressource-fille basée sur les DI

Nous analysons ici la ressource-fille que nous avons observée en classe et qui est fondée sur les DI (voir Annexe 12). Pour ce faire, nous nous basons sur la méthodologie d'analyse de la ressource-fille que nous avons développée (§ 3.4.5).

Comme nous l'avons déjà souligné, cette ressource-fille comprend une situation de départ qui est censée faciliter l'investissement des élèves dans la résolution du problème. Cette situation de départ fait référence à une « petite histoire » tout à fait imaginaire qui se déroule dans un cirque où il s'agit de renforcer la croyance dans les capacités surhumaines d'un « homme invincible » en montrant sa « résistance à des produits chimiques ». Plus précisément, deux produits chimiques signalés comme étant dangereux, l'acide chlorhydrique (HCl) et la soude (NaOH), sont mélangés et « l'homme invincible » boit le contenu du mélange. Le principe formulé dans cette ressource-fille est que si le mélange est fait soigneusement en respectant les bonnes quantités, l'acide et la soude se neutralisent pour former de l'eau salée et dans ce cas le boire n'est pas dangereux. La proposition donnée ensuite aux élèves est que, en mélangeant une pastille de soude avec un volume d'acide chlorhydrique dilué dix fois, on réalise le bon mélange qui n'est plus dangereux ; les élèves ont alors à justifier cette proposition et à déterminer la valeur du volume d'acide correspondant.

Nous inférons que, dans la description de la démarche proposée dans cette ressource-fille, l'*origine du questionnement* (voir méthodologie d'analyse des ressources-filles, § 3.4.5) réside dans une situation apportée par l'enseignant, mais où le problème doit être construit par les élèves. Il s'agit pour ces derniers de passer de la situation proposée à une reformulation du problème en des termes scientifiques avec des notions chimiques qui seront traitées en classe. En effet, nous avons montré dans la partie précédente que le choix d'introduire une situation de départ pour faciliter la représentation du problème de la neutralisation de l'acide par une base a été appuyé par une discussion entre Lucien et son collègue Jean (§ 5.2.3). Nous considérons que ce choix est révélateur de connaissances professionnelles de Lucien, en particulier d'une PCK/stratégie que nous formulons comme ceci : « l'enseignant sait que pour introduire le bilan de matière, il est intéressant de commencer par une situation de départ qui motive les élèves et d'amener ensuite ceux-ci à reformuler le problème en utilisant des termes chimiques ». Nous repérons que cette PCK/stratégie a été de fait développée par les interactions collectives de Lucien avec Jean.

Suivant la situation proposée dans la ressource-fille, les élèves doivent dans un premier temps justifier l'affirmation qui leur est donnée et qui postule que si la soude est mélangée avec un certain volume d'acide, le bon mélange n'est plus dangereux. En d'autres mots, les élèves sont censés reformuler le problème et se demander si c'est possible d'obtenir de l'eau salée en effectuant un mélange de l'acide et de la soude. Pour pouvoir justifier l'affirmation donnée, les élèves doivent modéliser la transformation chimique en jeu entre l'acide et la soude (déterminer les espèces chimiques présentes à l'état initial et à l'état final et écrire l'équation bilan de la réaction chimique). Ce faisant, les élèves réinvestissent des connaissances chimiques qu'ils ont déjà apprises, dans la séquence précédente portant sur la transformation chimique, pour les exploiter dans la résolution de ce problème, notamment les notions de réactifs, de produits, de réactifs en excès ou en défaut, de l'équation bilan de la réaction chimique. Ils doivent être amenés à prendre en compte le niveau des théories et des modèles (voir méthodologie d'analyse des ressources-filles, § 3.4.5) et ils doivent conclure qu'il est possible d'obtenir de l'eau salée si aucun des réactifs (l'acide et la soude) n'est en excès. Notons que les formules chimiques de l'acide chlorhydrique et de la soude ne sont pas données aux élèves.

Dans un deuxième temps, les élèves sont amenés à déterminer la valeur du volume de la solution d'acide qu'il faut mélanger avec une pastille de soude pour obtenir de l'eau salée. Les élèves doivent donc se poser ici la question des mélanges stœchiométriques pour que tout réagisse. Cependant, pour déterminer le volume de la solution d'acide, aucune indication n'est donnée aux élèves. En effet, l'enseignant a choisi de ne pas cadrer la démarche des élèves et de laisser la tâche ouverte. De ce fait, les élèves ont à leur charge d'envisager la démarche à suivre pour résoudre le problème et déterminer ainsi la valeur de la solution d'acide à mélanger avec une pastille de soude. Deux démarches peuvent être menées par les élèves : une démarche « théorique » où les élèves déterminent par calcul le volume de la solution d'acide et une démarche expérimentale où les élèves élaborent et mettent en œuvre un protocole expérimental pour trouver la valeur du volume d'acide. Une confrontation entre les deux démarches pourrait être également proposée par les élèves. Ainsi, nous considérons que le choix de Lucien de laisser la consigne ouverte est sous-tendu par des connaissances

professionnelles, en particulier une PCK stratégie qui est : « l'enseignant sait que pour introduire le bilan de matière, il est intéressant de ne pas cadrer la démarche des élèves et de laisser ceux-ci chercher une réponse allant de la réflexion théorique par calcul à la mise en place de l'expérimentation ».

Pour mener une démarche théorique et déterminer par calcul le volume de HCl, les élèves peuvent considérer qu'il faut prendre la « même quantité » de soude et d'acide. Plus précisément encore, ils peuvent estimer que « même quantité » de ces deux réactifs signifie « même masse » ou « même volume » (l'hypothèse « même quantité de matière » étant éliminée vu que les élèves n'ont pas déjà appris cette notion). Toutefois, l'hypothèse qui postule qu'il faut prendre le même volume des deux réactifs peut être problématique pour les élèves dans la mesure où les deux réactifs ne se trouvent pas dans le même état physique (la soude est sous forme de pastille solide et l'acide sous forme liquide) et les élèves ne disposent que de la valeur de la concentration massique de la solution d'acide qui ne figure pas d'ailleurs dans l'énoncé de la ressource-fille, mais sur la fiole jaugée contenant cette solution. Donc si les élèves raisonnent suivant cette hypothèse, leur démarche ne peut pas aboutir et ils pourraient de ce fait éprouver des difficultés à comprendre le sens de la concentration massique et à avancer dans leur réflexion.

Par ailleurs, les élèves pourraient envisager aussi de prendre la même masse d'acide et de soude afin d'obtenir de l'eau salée. En suivant cette hypothèse, les élèves sont amenés à peser la masse d'une pastille de soude pour prendre une masse égale d'acide. Cependant, comme les indications concernant la solution d'acide ne figurent pas dans l'énoncé de la ressource-fille, les élèves doivent de fait chercher la valeur de la concentration massique sur la fiole jaugée contenant la solution d'acide. Ils doivent être amenés d'abord à prendre en compte cette valeur puis à réfléchir sur ce que signifie une concentration massique et comment l'exploiter pour calculer le volume de HCl. Cette démarche est susceptible d'être difficile pour les élèves, en particulier du point de vue de la concentration massique, nouvelle notion chimique que les élèves n'ont pas déjà apprise, et des calculs qu'elle implique. En outre, l'enseignant ne donne pas aux élèves des éléments qui viennent spontanément sous leurs yeux pour calculer le volume d'acide ; ceux-ci doivent chercher eux-mêmes des éléments pour le faire (la masse de soude, la concentration massique de HCl). Ils sont censés ainsi travailler en autonomie pour construire eux-mêmes leurs connaissances. Etant donné qu'elle fait intervenir des grandeurs, notamment la concentration massique, le volume et la masse, cette démarche amène les élèves à prendre en compte le niveau des théories et des modèles.

Les élèves pourraient mener aussi une démarche expérimentale, indépendante de la démarche théorique, pour trouver le volume de HCl nécessaire pour neutraliser la soude. Cette démarche, qui met en jeu le niveau de modélisation relevant du monde perceptible (voir méthodologie d'analyse des ressources-filles, § 3.4.5), est à la charge des élèves qui doivent être amenés à élaborer et mettre en œuvre un protocole expérimental permettant de déterminer le volume d'acide. L'enseignant ne donne aucune indication aux élèves par rapport au protocole expérimental ou à la liste de matériel qu'il faut utiliser. Le matériel est donc libre et c'est à l'élève de choisir lui-même ce qu'il va utiliser en fonction de son protocole expérimental. Là aussi, les élèves pourraient proposer plusieurs protocoles expérimentaux : pour une même masse de soude, ils pourraient envisager de faire plusieurs essais en versant

différents volumes d'acide jusqu'à ce que la solution devienne neutre et en vérifiant à chaque fois la nature de la solution (acide, basique, neutre) par l'emploi d'un indicateur coloré, d'un papier pH ou d'un pH-mètre. Dans ce cas, les élèves procèdent suivant une expérience « à tâtons » en ce sens qu'ils réalisent plusieurs expériences jusqu'à obtenir une solution neutre. Bien entendu, le protocole expérimental mis en œuvre par les élèves suivant cette perspective n'est pas précis, ceux-ci ne parviennent pas à élaborer un protocole qui détermine la valeur du volume d'acide sans faire l'expérience à plusieurs reprises.

Par ailleurs, les élèves pourraient proposer un autre protocole expérimental précis en utilisant le matériel adéquat en chimie pour faire la neutralisation : ils pourraient alors utiliser la burette graduée et verser goutte à goutte la solution d'acide sur la soude jusqu'à obtenir une solution neutre vérifiée par le changement de couleur de l'indicateur coloré ou par mesure du pH-mètre ou éventuellement les élèves pourraient utiliser un papier pH. Cependant, les élèves pourraient éprouver des difficultés qui relèvent des savoir-faire vis-à-vis de la manipulation de la burette (comprendre le principe de mesure des volumes au moyen de la burette).

Ainsi, les élèves sont censés travailler de façon autonome sur la recherche et la mise en œuvre d'un protocole expérimental. Du fait que la consigne proposée aux élèves dans la ressource-fille est ouverte, nous supposons que les interventions de l'enseignant pourraient prendre la forme d'un guide qui contrôle les différentes démarches proposées par les élèves et laisse ceux-ci manipuler et mettre en œuvre le protocole expérimental qu'ils proposent même s'il ne s'agit pas d'un protocole précis et pertinent.

Les élèves pourraient également mener à la fois une démarche théorique et une démarche expérimentale : ils pourraient déterminer d'abord par calcul, suivant la démarche théorique, la valeur du volume de HCl qu'il faut verser pour neutraliser la soude et vérifier ensuite expérimentalement la valeur calculée. De ce fait, les élèves sont amenés à confronter leurs réponses issues des deux démarches théorique et expérimentale, et à faire une analyse critique de leurs manipulations et de leurs résultats. A travers cette démarche de confrontation, les élèves doivent être amenés à établir des relations entre les niveaux des théories et des modèles (dans la démarche théorique) et du monde perceptible (dans la démarche expérimentale). La valeur du volume d'acide à verser pourrait être finalement déterminée à travers cette mise en relation entre les deux niveaux. Enfin, à l'issue de la mise en œuvre de cette ressource-fille, les élèves doivent être amenés à inférer que pour neutraliser la soude par l'acide et obtenir de l'eau salée, il ne faut prendre ni le même volume ni la même masse des deux réactifs ; la conclusion devrait alors déboucher sur l'introduction de la notion de quantité de matière.

Par conséquent, nous déduisons que dans cette ressource-fille, l'enseignant propose une situation comportant un caractère imaginaire, ludique, et amène les élèves à construire le problème. Cette situation de départ semble plutôt constituer un prétexte ponctuel pour démarrer la séquence qui pourra se poursuivre sans aucune référence à l'anecdote de départ. Nous avons mis en évidence que du point de vue de la *nature du problème* (voir méthodologie d'analyse des ressources-filles, § 3.4.5), la consigne donnée aux élèves est ouverte et le matériel est libre. Nous constatons aussi que les élèves semblent avoir une responsabilité importante par rapport au savoir en jeu, ils sont censés réfléchir et répondre au problème posé selon la démarche qu'ils trouvent pertinente. Ceci met donc en évidence la possibilité pour Lucien, à travers cette ressource-fille, de mettre en place des DI.

Analyse du système d'activité de Lucien en classe orienté vers la mise en œuvre de ressources-filles

Nous présentons dans cette partie l'analyse du système d'activité de Lucien en classe orienté vers l'objet « mise en œuvre de ressource-fille fondée sur les DI ». Deux étapes du cycle de vie, la mise en œuvre de la ressource-fille et l'adaptation *in situ* de cette ressource-fille sont en jeu ici. A travers cette analyse, nous nous attachons à identifier, outre les PCK/compréhension des élèves et les PCK/stratégie de Lucien, ses règles d'action et ses orientations pour les DI. Pour ce faire, nous nous basons sur la méthodologie d'analyse des séances vidéos que nous avons développée (§ 3.4.6). Les résultats présentés dans cette partie ne se limitent pas à l'activité de Lucien en classe, mais ils prennent également en compte l'analyse de ressource-fille que nous venons de développer.

Nous présentons dans un premier temps des exemples d'extraits des séances de classe à partir desquelles nous inférons des PCK et des règles d'action de Lucien et nous montrons que celles-ci tirent leur origine du style de pensée porté par la communauté du GFEN. Nous dégageons dans un deuxième temps les orientations de Lucien pour les DI à partir du regroupement de l'ensemble des règles d'action inférées à travers notre analyse.

Des PCK et des règles d'action : conséquence de l'interférence des systèmes d'activité de Lucien au niveau du style de pensée

Nous présentons ici des extraits de quatre séances de classe à partir desquelles nous inférons des PCK et des règles d'action. Nous mettons en évidence une interférence qui s'effectue au niveau du style de pensée entre le système d'activité de Lucien au sein de la communauté du GFEN et son système d'activité en classe.

Au cours de la mise en œuvre de la séquence portant sur la neutralisation de la base par l'acide, nous avons repéré que Lucien organise le travail des élèves en classe à partir des affiches. Nous avons constaté que s'il identifie des difficultés d'apprentissage des élèves ou de mauvaises pistes proposées pour résoudre le problème, il n'intervient pas pour traiter directement la difficulté repérée ou pour valider ou invalider les propositions des élèves. En revanche, il demande aux élèves d'explicitier leur raisonnement et leur démarche sur des affiches pour pouvoir mettre en commun et confronter collectivement leurs points de vue. Nous illustrons ceci progressivement à partir de deux extraits (la transcription de la séance correspondant à ces extraits se trouve dans l'annexe 13).

Dans le premier extrait (Tableau 36), nous repérons que le binôme d'élèves éprouve des difficultés à calculer le volume de la solution d'acide nécessaire pour neutraliser la soude. Plus précisément, ce binôme demande à l'enseignant comment faire pour convertir des grammes en millilitres. Cette question sous-tend une démarche des élèves qui part d'une hypothèse que pour neutraliser la base avec de l'acide, il faut prendre la même masse des deux réactifs. Comme la soude est solide (sa masse est en grammes) et l'acide se trouve sous forme liquide (donc son volume est en millilitres) et comme ce binôme ne s'est pas rendu compte de la concentration massique de la solution d'acide, ceci explique alors la difficulté de ce groupe d'élèves à effectuer un calcul permettant de déterminer la valeur du volume de la solution d'acide. Soulignons que dans l'analyse de la ressource-fille, nous avons signalé que

les élèves peuvent envisager de prendre la même masse des deux réactifs pour réaliser une neutralisation et qu'ils pourraient avoir des difficultés à calculer la valeur du volume d'acide s'ils ne se rendent pas compte ou éventuellement ne comprennent pas ce que signifie la valeur de la concentration massique notée sur la fiole et non pas dans la ressource-fille. Lucien repère que ce groupe d'élèves mène une démarche théorique pour trouver par calcul le volume de la solution d'acide et qu'il raisonne en considérant qu'il faut mélanger la même masse d'acide et de soude ; plus particulièrement, Lucien semble identifier la difficulté que les élèves éprouvent et leur position par rapport au savoir. Une PCK/compréhension des élèves, en particulier une PCK/difficulté semble mise en jeu ici : « l'enseignant sait que les élèves ont du mal à exploiter la valeur de la concentration massique de la solution d'acide lorsqu'elle ne figure pas dans la consigne mais sur la fiole jaugée contenant cette solution ». Nous remarquons que Lucien choisit de ne pas répondre à la question du binôme, mais de lui demander de noter son raisonnement et le problème qu'il rencontre sur une affiche. Ce que Lucien a fait sous-tend un objectif visant à mettre en commun les difficultés et les différentes démarches des élèves pour amener ceux-ci à les commenter et à les comparer. Ceci est d'ailleurs corroboré par les propos de Lucien lors de l'entretien précédant les observations de classe : *« je vais faire des moments de réflexion où chaque groupe propose des pistes de réponses qu'on mette en commun et comme ça si quelques groupes ont amené des choses intéressantes que ça peut être bénéfiques et utiles pour d'autres groupes. Je vais voir ce que les élèves mettent en œuvre comme stratégies parce que un des objectifs c'est de discuter après des différentes stratégies et de les comparer »* (EPO). Ainsi, cet extrait révèle que Lucien mobilise une PCK/ stratégie que nous formulons comme ceci : « l'enseignant sait qu'il est intéressant de faire interagir les élèves, qui ne se sont pas rendus compte de la concentration massique de la solution d'acide, avec d'autres élèves à partir des affiches ». Cette connaissance que nous avons inférée traduit une règle d'action de Lucien liée à la dimension de l'argumentation scientifique du modèle ESFI (§ 2.1.2) : « permettre la prise en compte des arguments d'autrui ».

E1: monsieur, comment on fait pour convertir des grammes en millilitres
P: tenez, vous avez une première piste de réflexion, donc vous me l'a marqué ici (P donne une affiche aux élèves). D'accord, donc vous marquez par exemple problème conversion grammes en millilitres, vous essayez d'expliquer pourquoi vous avez besoin de ça, et puis éventuellement après je vous dirai ce que j'en pense et les autres aussi

Tableau 36. Extrait de la transcription de la séance de TP de Lucien avec le binôme 4 (P= professeur, E=élève) (temps dans la séance 0 :56 :28 – 0 :57 :16)

Dans un autre exemple d'extrait avec un autre binôme d'élèves (Tableau 37), nous observons que Lucien choisit comme dans l'extrait précédent d'amener les élèves à noter leur proposition sur une affiche pour favoriser leurs interactions avec les autres élèves autour des différentes démarches suggérées. Il les laisse aller jusqu'au bout de leur réflexion sans cadrer leur démarche. Ce binôme considère que pour neutraliser la base avec de l'acide, il faut prendre la « même quantité » de ces deux réactifs. Par « même quantité », ils estiment que pour 1g de soude, il faut prendre 1ml d'acide. Lucien qui a repéré la position des élèves par rapport au savoir a de ce fait mobilisé une PCK/compréhension des élèves que nous formulons comme ceci : « l'enseignant sait que, pour calculer le volume d'acide à verser pour

la neutralisation de la soude, les élèves prennent en compte la même quantité d'acide et de soude où 1g de soude correspond à 1ml d'acide ». La PCK/stratégie que nous inférons ici est : « l'enseignant sait que si l'élève propose que pour 1g de soude il faut 1ml d'acide pour réaliser la neutralisation, alors il est intéressant de favoriser la communication entre les groupes d'élèves autour de cette proposition au moyen des affiches ». La règle d'action mise en œuvre à travers cette PCK est la même que nous avons inférée dans l'extrait précédent : « permettre la prise en compte des arguments d'autrui ».

P: alors (P lit l'affiche que les élèves ont faite) ça veut dire quoi là la même dose
E1: même quantité
P: même quantité, concrètement, c'est quoi la même quantité d'acide que ça (P tient la pastille de soude)
E2: pour 1 gramme de soude, eh bah il faut mettre 1 ml de l'acide
P: c'est ça, donc même dose 1g de soude 1 ml d'acide (P demande aux élèves de l'écrire sur l'affiche), c'est ça que vous pensiez

Tableau 37. Extrait de la transcription de la séance de TP de Lucien avec le binôme 3 (temps dans la séance 1 :05 :08 – 1 :05 :34)

Ainsi, les deux extraits que nous venons de présenter mettent en évidence le fait que Lucien insiste sur la dimension collective de l'apprentissage, non seulement entre les élèves d'un même groupe, mais aussi entre les différents groupes d'élèves.

Par ailleurs, la séance de cours de Lucien que nous avons observée se situe dans la continuité de la première séance de TP qui porte sur la neutralisation de l'acide par une base (la transcription de cette séance se trouve dans l'annexe 14). La particularité de cette séance de cours renvoie au fait qu'elle ne consiste pas en une séance de cours magistral où l'enseignant fait le débriefing du TP et transmet des connaissances, mais elle constitue la suite du processus d'investigation que les élèves doivent mener afin de résoudre le problème posé. Nous observons que les tables sont rassemblées pour permettre un échange et une réflexion collective entre les élèves, ceux-ci travaillent par groupe, certains tournent le dos au tableau. En effet, ce n'est plus le tableau qui est la ressource sur laquelle les élèves centrent leurs regards, mais ce sont bien les affiches collées au fond de la classe, et à partir desquelles les élèves raisonnent. Ces affiches ont été produites par les élèves au cours de la séance précédente du TP, et nous remarquons que Lucien les a exploitées lors de cette séance de cours. Nous montrons à partir de deux extraits de cette séance de classe (Tableau 38 et Tableau 39) la façon dont Lucien a exploité les affiches des élèves.

Rappelons que notre analyse de la ressource-fille en question nous a donné à voir que Lucien a laissé la tâche ouverte aux élèves et il a choisi de ne pas cadrer leur démarche. Notre observation de la première séance de TP de cette séquence a révélé que Lucien laisse effectivement une grande part d'autonomie à ses élèves qui semblent diriger eux-mêmes leur propre travail et leur propre processus d'apprentissage. Pour essayer de résoudre le problème posé, ceux-ci ont cherché une réponse allant de la réflexion théorique à la mise en place d'expérimentation. Ainsi, certains groupes d'élèves ont fait des calculs pour déterminer la valeur du volume de la solution d'acide à verser pour neutraliser une pastille de soude,

d'autres ont mené une expérience. Dans cette séance de cours, nous observons que Lucien se sert des affiches des élèves produites dans la séance de TP. L'extrait ci-dessous (Tableau 38) montre que Lucien a regroupé ces affiches pour faire réfléchir les élèves sur les différentes démarches proposées et les amener à prendre en compte et confronter les divers points de vue qui ont émergé. Nous inférons ici une PCK/stratégie que nous formulons comme ceci : « l'enseignant sait que, pour faire réfléchir les élèves sur les démarches permettant de trouver le volume de la solution d'acide pour la neutralisation de la soude, il est intéressant de regrouper les affiches produites par les élèves lors du TP et de laisser ceux-ci réfléchir aux démarches possibles à partir de la logique du classement de ces affiches ». La règle d'action que nous inférons et qui est mise en œuvre à travers cette PCK relève de la dimension du modèle ESFI relative au développement de l'argumentation (§ 2.1.2). Elle correspond à : « permettre la prise en compte des arguments d'autrui » dans la mesure où l'objectif de Lucien ici est d'amener les élèves à croiser leurs démarches et à mettre en débat leurs résultats.

P: Donc vous allez réfléchir là dessus maintenant par groupe, vous avez préparé ce qu'il faut faire à votre avis d'ici mardi prochain pendant la séance de TP, et pour vous inspirer dans votre travail, vous avez ce qui a déjà été mis au mur, c'est à dire le travail de réflexion a déjà bien commencé. Alors ce qu'on va essayer de faire maintenant, c'est que vous allez regarder un peu toutes ces affiches. Je les ai mises au mur, je les ai classées, j'en ai mis là (à gauche de la classe), ici (en face de la classe), là (à droite de la classe). Puis on a une ici qui est toute seule. Ce que je vous demande, ce que vous allez déjà essayer de trouver par groupe c'est c'est quoi la logique de classement, pourquoi je les ai rassemblés comme ça. D'accord, il y en a pour cinq minutes, vous regardez un peu et quand vous avez des idées bah vous en discutez avec votre groupe et vous me les proposez et on voit si je suis d'accord. Et quand vous aurez fait ça, bah ensuite ça se fait, vous aurez le temps qu'il faut pour produire une affiche qui sera les consignes pour mardi prochain, au boulot

Tableau 38. Extrait de la transcription de la séance de cours de Lucien en classe entière (temps dans la séance 0 :15 :49 – 0 :17 :03)

Lucien a classé ces affiches suivant le type de raisonnement ou la démarche menée par les élèves. Les affiches situées du côté gauche de la classe relèvent d'un raisonnement, d'une démarche théorique (voir Annexe 15, affiche n°1, 2 et 3). Dans ces affiches, nous identifions également des difficultés ou des problèmes que les élèves ont rencontrés vis-à-vis de la résolution du problème : par exemple le problème de la conversion de grammes en millilitres pour trouver le volume de la solution d'acide chlorhydrique (voir Annexe 15, affiche n°1), un problème que nous avons d'ailleurs relevé dans un extrait précédent. Nous repérons aussi une affiche qui questionne la relation entre la masse de soude pesée et la concentration massique (40g/L) de la solution d'acide chlorhydrique (voir Annexe 15, affiche n°2).

Quant aux affiches que Lucien a placées à droite de la classe (voir Annexe 15, affiche n°4, 5, 6, 7, 8), elles relèvent d'une démarche expérimentale où les élèves ont réfléchi à une expérience qui permet de déterminer la valeur du volume d'acide, et ont vérifié la nature de la solution (acide, basique, ou neutre) en utilisant soit un indicateur coloré, à savoir le bleu de bromothymol, soit le papier pH. Par ailleurs, Lucien a collé une affiche toute seule (voir

Annexe 15, affiche n°9) parce qu'elle relève des deux types de raisonnement : une démarche théorique et une autre expérimentale. Nous constatons à travers cette affiche que les élèves ont déterminé par calcul le volume de la solution d'acide à verser. Ils ont fait l'hypothèse que, pour que ces deux espèces chimiques se neutralisent, il faut mettre la même masse d'acide et de soude. Ils ont ensuite pesé la pastille de soude pour déterminer sa masse qui sera égale, selon leur hypothèse, à la masse de l'acide. Puis, ils ont calculé le volume de la solution d'acide suivant un produit en croix en considérant la concentration massique de la solution d'acide. Quant à la démarche expérimentale qu'ils ont menée, elle consiste en une expérience où ils ont vérifié la pertinence de la valeur du volume d'acide qu'ils ont calculé. Ainsi, comme le montre cette affiche, les élèves ont versé le volume de la solution d'acide calculé, mais ils ont trouvé que la solution est basique vu que le pH est égal à 14. De ce fait, ils ont conclu que leur hypothèse de départ « il faut la même masse d'acide et de soude pour la neutralisation » est fautive. Cette affiche montre donc que les élèves ont procédé suivant une démarche de confrontation entre leur approche théorique et leur approche expérimentale. L'affiche que l'enseignant a placée au milieu de la classe (voir Annexe 15, affiche n°10) concerne la modélisation de la transformation chimique entre l'acide chlorhydrique et la soude. Un tableau qui montre les espèces présentes à l'état initial et à l'état final y figure.

Dans l'extrait ci-dessous (Tableau 39), nous repérons que, à partir de ce classement des dix affiches, Lucien vise à amener les élèves à constater que, pour répondre au problème posé, ils peuvent mener une réflexion théorique en effectuant des calculs et une démarche expérimentale puis confronter ensuite ces deux approches. Cette démarche de recherche a été explicitée à partir des affiches des élèves, et donc à partir du raisonnement et des arguments de ceux-ci. Nous inférons à partir de cet extrait une PCK/stratégie : « l'enseignant sait qu'il est intéressant de classer les affiches des élèves selon le type de démarche, théorique ou expérimentale, que ceux-ci ont menée pour les faire remarquer qu'il y a deux démarches pouvant être réalisées en vue de trouver le volume de la solution d'acide ». Par ailleurs, nous inférons une règle d'action mise en œuvre à travers cette PCK et liée à la dimension du modèle ESFI qui relève du développement de l'argumentation (§ 2.1.2) : « permettre la prise en compte des arguments d'autrui ».

P: bon j'aimerais qu'on puisse voir ce qu'il faut en tirer, donc si vous pouviez revenir à votre place...Bon est-ce que vous pourriez me proposer donc des explications sur quel classement j'ai utilisé pour ces affiches. C'est pas très compliqué. Julie?
E: ça c'est pH, quand c'est en rapport au pH (elle veut dire les affiches qui sont situées à droite de la classe)
P: donc là j'ai mis tout ce qui est en rapport avec le pH ?
E: oui à chaque fois il y a des tests à faire
P: d'accord, c'est entendu, et les autres ?
E: là bas c'est la conversion de grammes en litres, des trucs comme ça (elle veut dire les affiches qui sont à gauche de la classe)
P: donc conversion des grammes en litres ou trucs comme ça...
E: et après au milieu c'est par rapport à, s'il y a deux produits qui sont acide et base, ça va

devenir neutre
P: les autres, qu'est-ce que vous en dites, ça vous plaît comme, Léo ?
E: je suis d'accord
P: et celle ci là qui est toute seule (P désigne l'affiche qui est placée toute seule)
E: là c'est à part
P: et qu'est-ce qui est à part?
E: ils ont fait l'hypothèse, ils ont fait un calcul
E (un autre élève): oui l'équation
P: ils ont fait un calcul, il y a que un calcul dessus, alors si ce n'est que le calcul moi je l'aurai mis ici (P fait un geste par sa main pour dire à gauche de la classe à côté des autres affiches). Alors moi ce que je voulais vous faire comprendre, vous faire trouver, c'est j'ai mis ici (à droite de la classe) toutes les affiches où certes on a fait des mesures pH mais de manière plus générale, il y en a où ils parlent pas de mesure pH, il y en a là ils disent il faut trouver un test pour savoir s'il reste de l'acide ou de la soude (P désigne une affiche), etc.. En tout cas, c'est des affiches qui parlent d'une expérience, comment par une expérience chercher une réponse à la question, savoir si notre mélange il est bon ou pas. Alors effectivement, il y a en pleins qui ont pensé à mesurer avec du pH, il y en a aussi qui ont dit, on va pas utiliser du pH, on va utiliser l'indicateur coloré le bleu de bromothymol (P se déplace vers les affiches pour désigner les affiches qu'il évoque). Et en gros, ils ont tous fait un mélange en prenant un volume d'acide au hasard, je sais pas. Ici (l'enseignant se déplace à gauche de la classe pour parler des affiches qui sont situées à gauche) ils ont pas d'expérience, par contre ils se sont posés la question, alors ils ont pas peut être forcément fait, mais de faire un calcul, alors il y en a qui ont parlé de conversion de grammes en millilitres (P désigne une affiche), il y en a qui ont noté des valeurs alors 40 g d'acide dans un litre (P parle d'une affiche), c'est qui qui a marqué ça?
E: nous
P: ça vient d'où cette valeur, ce truc là (P met sa main sur l'affiche)
E: bah sur la bouteille d'acide
P: c'était une étiquette sur la bouteille d'acide. Je sais pas si tout le monde l'a remarqué cette étiquette. Et puis ils ont su la masse de la pastille de la soude (P parle de la même affiche). Alors en gros l'idée alors ils ont pas fait vraiment des calculs mais l'idée c'est il faut qu'on passe de l'un à l'autre avec un calcul. Moi j'appelle ça un raisonnement théorique. C'est pas une expérience, c'est un truc dans votre tête. Pardon?
E: c'est pas bien
P: non c'est pas, on va avoir après qu'il faut les deux (P veut dire l'expérience et le raisonnement théorique). ça (l'affiche qui est au centre de la classe) c'est ce que je vous ai résumé, c'est sur la transformation, pourquoi l'acide et la base peuvent se neutraliser, et celui-là (l'affiche toute seule), qu'est-ce qu'il a de particulier, justement quand je dis il faut les deux
E: il y a les deux
P: bah il y a les deux, c'est à dire qu'il y a à la fois un calcul, un raisonnement théorique, et

une expérience pour voir qu'est-ce qu'il faut penser de ce calcul.

Tableau 39. Extrait de la transcription de la séance de cours de Lucien en classe entière (temps dans la séance 0 :23 :03 – 0 :28 :45)

Ainsi, à partir des extraits que nous venons d'exposer, nous inférons que Lucien met en place cette année une nouvelle façon d'organiser sa classe et son enseignement que nous considérons comme une nouvelle *orchestration instrumentale* (§ 2.2.3) c'est-à-dire une nouvelle gestion didactique des artefacts d'un environnement pour la mise en œuvre d'une situation donnée. Comme nous pouvons le constater, cette orchestration instrumentale est liée, en grande partie, à l'introduction et l'exploitation des affiches produites par les élèves. Celles-ci reflètent l'état de réflexion des élèves même si le raisonnement n'est pas correct. Il ne s'agit donc pas, comme nous l'avons remarqué, d'afficher seulement les bonnes pistes de réflexion, mais aussi les difficultés des élèves, leurs erreurs, les mauvaises pistes dans lesquelles ils se sont engagés. A partir des affiches, les élèves sont donc censés apprendre des difficultés, des idées, des bonnes comme des fausses hypothèses de leurs pairs. L'aspect d'auto-socio-construction du savoir semble ainsi manifeste à travers cette mise en commun. Notons également qu'au cours de cette séance de cours, les élèves doivent poursuivre leur réflexion sur les deux approches théorique et expérimentale afin d'apporter des éléments de réponse au problème posé. Chaque groupe d'élèves est aussi amené, à la fin de la séance, à produire une affiche qui sera un support de réflexion pour la prochaine séance de TP centrée essentiellement sur la démarche expérimentale. Ainsi, nous inférons que l'évolution, d'une séance à une autre, du raisonnement et de la réflexion des élèves par rapport au problème posé est mise en évidence à travers les affiches que les élèves produisent et que Lucien exploite lors de chaque séance. Tout constat, tout résultat trouvé par les élèves et indiqué sur les affiches sert de base pour la prochaine séance. D'ailleurs, la façon dont Lucien a exploité ces affiches en classe corrobore sa RSSR retouchée où il illustre qu'il va penser la suite de son enseignement à partir des affiches produites par les élèves (§ 5.2.3), mais aussi ses déclarations lors de l'entretien précédant les observations de classe : *« j'ai laissé la tâche ouverte aux élèves, ce n'est pas précisé explicitement qu'il y a un raisonnement théorique et une démarche expérimentale afin de comparer et de catégoriser ensuite les différents types de réponses données par les élèves »* (EPO).

Poursuivant son exploitation des affiches des élèves d'une séance à une autre, Lucien a choisi de faire la synthèse de cette séquence, qui débouche sur l'introduction de la quantité de matière, à partir des affiches (Tableau 40). Lucien a d'abord conçu une fiche de synthèse (voir Annexe 16) qui récapitule le raisonnement et les propositions des élèves figurant dans les différentes affiches produites et tout au long du déroulement de cette séquence.

P : j'ai tenté de faire cet espèce de diagramme là (P tient la fiche), vous avez tous sous les yeux, donc ça c'est le document avec lequel on va travailler maintenant que vous devez suivre très attentivement, j'ai tenté de résumer un petit peu les idées importantes dans cette démarche, et donc c'est de ça qu'on va parler maintenant, c'est ça que j'ai mis là sur le transparent. Alors vous vous avez normalement participé à toute une partie de ce qu'il y a là-dessus, vous avez pas forcément tout fait vous mêmes mais à un moment ou un autre en TP notamment, vous avez fait une expérience ou un raisonnement et c'est la cohérence de

l'ensemble que je voudrais que vous compreniez bien maintenant... Le petit travail que je vous demanderai de faire à la fin pour rassurer que vous avez bien suivi, vous avez les affiches, toujours ces fameuses affiches là, j'ai fait une petite collection des différentes choses que vous avez produit, vous en avez produit pas mal, vous voyez que j'ai mis quelques numéros sur certaines affiches, eh bah ce qui est là dessus là, cette histoire là de notre démarche que je vous ai raconterai, ce que je vous demanderai c'est de trouver le numéro de l'affiche correspondant aux différents éléments qu'il y a là dans (dans la fiche que l'enseignant a distribué)

Tableau 40. *Extrait de la transcription de la dernière séance de cette séquence (temps dans la séance 0 :16 : 54 – 0 :18 :33)*

En effet, cette fiche révèle non seulement les principales pistes de réflexion des élèves, mais aussi l'évolution de leurs idées, mise en lumière à travers leurs affiches, d'une séance à une autre jusqu'à arriver aux connaissances visées. Elle fait ainsi référence aux affiches illustrant la trajectoire du raisonnement des élèves. Les affiches ont donc été mobilisées par Lucien en tant que ressources-mères pour la conception de cette séance de synthèse.

En classe, Lucien a placé certaines affiches produites par les élèves au cours du déroulement de cette séquence (lors des séances de TP et de cours précédentes) au fond de la classe, il les a numérotées de un à sept (voir Annexe 17). Il a demandé à ses élèves de trouver le numéro de l'affiche correspondant aux différentes idées évoquées dans la fiche de synthèse et de rédiger une conclusion. En effet, dans la fiche, est évoqué le problème posé dans cette séquence qui consiste à déterminer le volume de la solution d'acide qu'il faut mélanger avec une pastille de soude pour obtenir une solution « non dangereuse » (solution d'eau salée). L'idée des élèves, qui a été présentée dans plusieurs affiches comme piste de réflexion en réponse au problème posé, consistait à considérer une même quantité d'acide et de soude pour former de l'eau salée. A partir de cette idée, une hypothèse a été formulée par les élèves ; elle consistait à mélanger la même masse d'acide et de soude, le volume d'acide étant calculé à partir de la valeur de la concentration massique (40g/L) qui figure sur la fiole jaugée contenant la solution d'acide. C'est la première idée présentée dans la fiche et que Lucien demande à ses élèves de trouver le numéro de l'affiche qui lui correspond. La deuxième idée évoquée dans la fiche se situe dans la continuité de ce raisonnement où les élèves ont mélangé, suivant l'hypothèse formulée, la soude avec le volume d'acide qu'ils ont calculé et ils ont mesuré le pH de la solution. Après avoir trouvé le numéro de l'affiche renvoyant à cette idée, les élèves sont amenés à faire une conclusion. Celle-ci doit remettre en cause et rejeter l'hypothèse formulée par les élèves « il faut mélanger la même masse d'acide et de soude pour la neutralisation ». Par rapport à la démarche expérimentale, les élèves sont censés trouver le numéro des affiches qui décrivent les expériences menées afin de trouver la valeur du volume d'acide : certains élèves ont procédé par une expérience « à tâtons » où ils ont fait plusieurs essais avec différents volumes d'acide dans le but d'arriver à obtenir une solution neutre. D'autres élèves ont réalisé qu'il y a une autre démarche expérimentale plus précise et plus efficace qui consiste à utiliser la burette graduée pour verser l'acide, et à vérifier la nature de la solution par l'emploi d'un indicateur coloré ou d'un pH-mètre. En précisant le numéro de l'affiche correspondant à ces démarches expérimentales, les élèves sont ensuite amenés à faire une conclusion qui les conduit, d'une part, à prendre conscience de la question de la

précision des matériels et des mesures en chimie, et d'autre part, à formuler de nouvelles hypothèses théoriques. Celles-ci ont été illustrées dans une affiche dont le numéro est à préciser par les élèves, elles consistent à considérer le même nombre de molécules des deux réactifs, c'est l'idée que Lucien va ensuite développer dans un autre thème d'enseignement qui introduit la quantité de matière. Une PCK/stratégie est donc mobilisée par Lucien, nous la formulons comme ceci : « l'enseignant sait que pour introduire la notion de quantité de matière à partir de la neutralisation, il est intéressant de faire remarquer aux élèves à travers les différentes démarches illustrées dans les affiches que l'hypothèse qui postule qu'il faut prendre la même masse de l'acide et de la base est fausse ». Par ailleurs, nous inférons une règle d'action mise en œuvre à travers cette PCK et liée à la dimension explicitation des savoirs acquis du modèle ESFI (§ 2.1.2) : « faire le bilan de la séance à propos des savoirs ».

Ainsi, en s'appuyant sur cette fiche, Lucien amène ses élèves à se plonger dans les affiches et la réflexion des uns et des autres, et à suivre l'évolution de cette réflexion jusqu'à ce qu'ils arrivent à construire la trajectoire du raisonnement au cours des séances précédentes et à acquérir enfin les savoirs visés. Il ne s'agit pas tout de même d'un simple numérotage des affiches, mais c'est bien la continuité de la démarche de recherche et du processus d'investigation, conduits par les élèves, qui est en jeu pendant cette séance. Les élèves sont censés poursuivre la construction de leurs savoirs à partir des affiches. De ce fait, l'exploitation des affiches dans la séance de synthèse donne aux élèves la possibilité d'avoir accès au raisonnement de leurs pairs, aux difficultés qu'ils ont rencontrées, aux hypothèses qu'ils ont formulées, bref à l'ensemble de leur démarche de recherche. C'est donc bien le retour vers les élèves, vers la mise en commun de leurs idées à partir des affiches qui a constitué l'essence de cette séance de synthèse.

Par ailleurs, dans l'extrait ci-dessous (Tableau 41), nous repérons un autre travail que les élèves sont supposés accomplir et qui consiste à faire un retour réflexif sur ce qu'ils ont appris et compris pendant l'enseignement de la séquence de la neutralisation de la base par l'acide. A cet égard, Lucien leur a fourni une fiche intitulée « le récit de mon travail et de ce que j'ai compris » (voir Annexe 18). A travers ce travail, les élèves doivent raconter à quelqu'un d'extérieur à la classe ce sur quoi ils ont travaillé (les problèmes posés, les pistes de réflexion, etc.), ce qu'ils ont fait (expériences, réflexions, résultats, etc.) et ce qu'ils ont compris de la démarche (logique d'ensembles, résultats d'autres groupes, etc.).

P: deuxième travail, c'est ces fiches là (la fiche « le récit de mon travail et de ce que j'ai compris »), je vous demande pour la semaine prochaine, pour mardi prochain de me rédiger une page dans laquelle vous me racontez, alors vous racontez un petit peu de ce que vous avez vécu, compris, fait pendant ces deux semaines. Donc il y a deux semaines je vous ai présenté un problème, l'histoire du cirque là et du tour de, l'histoire du cirque, Thibault explique?

E1: bah c'est ce qu'on a fait, comment on le fait le mélange de l'acide

E2: ça fait de l'eau salée

P: bah j'ai donné une petite fiche qui disait voilà un prépare un tour à faire dans un cirque pour boire un liquide dangereux, voilà donc ça c'était le point de départ, d'accord...Donc voilà c'était le problème posé au départ eh bah je veux que vous montriez que vous arrivez à prendre un peu de recul sur tout ce qu'on a fait, les séances de TP, les séances en classe et que vous avez une vision globale de tout ça. Vous me racontez en détail ce que vous vous avez fait, d'accord et le but est tant que j'arrive à me rendre compte bah vous avez compris, pas compris, bien compris

Tableau 41. *Extrait de la transcription de la dernière séance de cette séquence (temps dans la séance 0 :14 : 39 – 0 :16 :15)*

A l'issue de ce travail, les élèves sont amenés à prendre du recul par rapport à leurs connaissances en évoquant leur vécu en classe pendant les séances de TP et de cours, et à avoir donc une vision globale de l'ensemble de leurs démarches. Ceci met en évidence l'aspect de métacognition : les élèves sont censés prendre conscience de leurs connaissances, identifier et découvrir par eux-mêmes leurs difficultés et les solutions possibles pour résoudre le problème posé. Ceci nous permet d'inférer une PCK/stratégie : « l'enseignant qu'il est intéressant d'amener les élèves à faire une analyse réflexive de leurs démarches et des connaissances acquises relativement à la neutralisation acido-basique en rédigeant un récit de leur travail ». Par ailleurs, la règle d'action mise en œuvre à travers cette PCK relève de la dimension du modèle ESFI relative à l'explicitation des savoirs acquis (§ 2.1.2), en particulier « expliciter les métaconnaissances pour un réinvestissement des acquis ».

Ainsi, à travers les différents extraits que nous avons présentés dans cette partie et qui se centrent essentiellement sur la façon dont Lucien a organisé le travail avec les affiches, nous inférons que Lucien met l'accent sur l'argumentation critique des élèves, sur la métacognition. La façon dont il a animé ses séances de DI s'appuie fortement sur le travail avec les affiches des élèves qui sont commentées, questionnées, comparées par les élèves tout au long de la séquence. Lucien favorise également les interactions en sollicitant les réactions de l'ensemble des élèves, en s'aidant de l'apport des affiches, des discussions et des apports de nouveaux savoirs au cours de la confrontation collective. D'ailleurs, il insiste beaucoup sur la dimension collective de l'apprentissage qui va au-delà des interactions entre les élèves d'un même groupe pour prendre en compte la communication et les échanges entre tous les groupes d'élèves, et ce à travers les affiches. Les élèves semblent construire leurs connaissances en prenant appui sur d'autres élèves. Une responsabilité importante est laissée aussi aux élèves vis-à-vis des savoirs en jeu au cours de cette séquence. Par conséquent, tout ceci nous permet d'inférer que les règles d'action de Lucien en classe sont imprégnées du style de pensée du GFEN dont la pratique de l'auto-socio-construction (avec ses différentes phases : travail avec les affiches, argumentation et débat, métacognition) constitue le cœur (§ 5.2.2). Plus précisément, nous considérons qu'il s'agit ici d'une interférence entre le système d'activité de Lucien au sein de la communauté du GFEN et son système d'activité impliquant la communauté de classe. Cette interférence, comme nous l'avons mise en exergue, s'effectue au niveau du style de pensée (Figure 70). Suivant cette interférence, nous inférons que le style de pensée du GFEN est intégré au niveau des règles d'action de Lucien en classe. Cependant, comme ces règles d'action sont mises en œuvre à travers des PCK, nous pouvons alors relever que les PCK que nous avons identifiées sont sans doute imprégnées de

ce style de pensée, elles sont donc une conséquence de l'interférence que nous avons mise en évidence. Plus profondément encore, cette interférence n'entraîne pas seulement un effet producteur de PCK, mais aussi des orientations de Lucien pour les DI dans la mesure où ces orientations pilotent les règles d'action de Lucien (§ 3.4.6). Ainsi, nous déduisons que Lucien a développé des PCK et des orientations pour les DI induites par l'interférence, au niveau du style de pensée, entre ses systèmes d'activité.

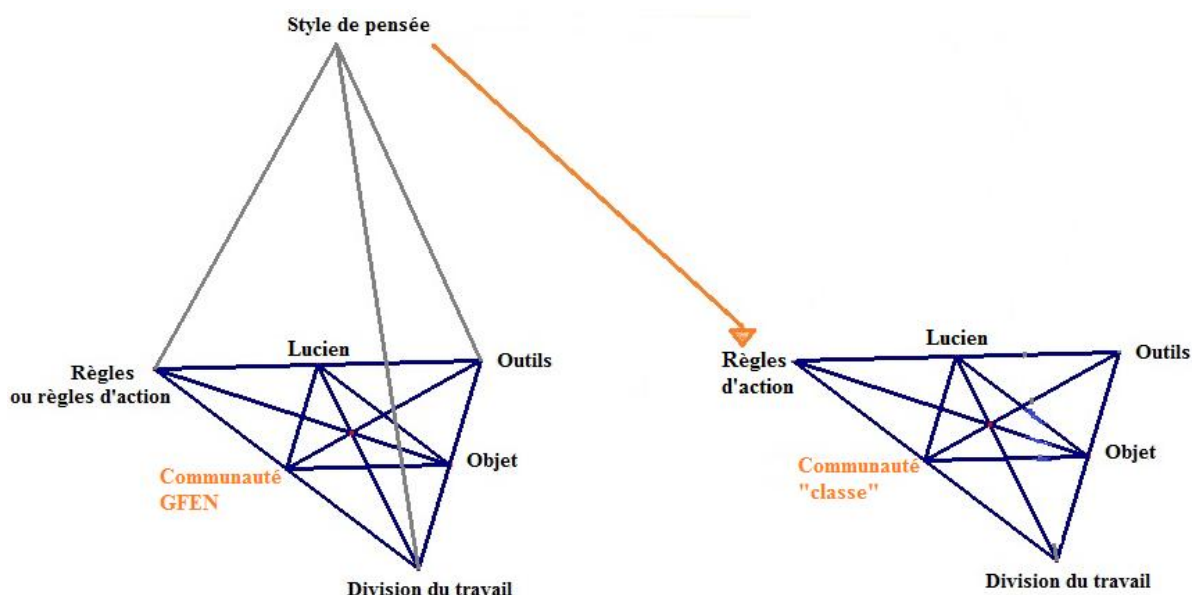


Figure 70. Interférence, au niveau du style de pensée, entre le système d'activité de Lucien au sein de la communauté du GFEN et son système d'activité impliquant la communauté de classe

Quelles orientations pour les DI ?

Nous présentons ici les orientations de Lucien pour les DI que nous avons inférées à partir de l'analyse de ressource-fille d'une part, et de la mise en œuvre de ressource-fille, d'autre part. Rappelons que suivant la méthodologie d'analyse des observations de classe que nous avons développée, nous avons considéré les orientations pour les DI comme un ensemble de règles d'action de l'enseignant identifiées dans sa pratique et à travers ses ressources-filles (§ 3.4.6).

Comme nous venons de le montrer, l'analyse des observations de classe appuyée sur l'analyse de ressource-fille nous a permis d'inférer des PCK/compréhension des élèves et des PCK/stratégie que Lucien mobilise pour conduire des DI. Nous avons également identifié des règles d'action mises en œuvre à travers ces PCK et déterminées en référence au modèle ESFI à six dimensions (§ 3.4.6).

Nous synthétisons d'abord dans le tableau ci-dessous (Tableau 42) l'ensemble des PCK que nous avons déduites à partir de l'analyse des observations de classe et de ressource-fille. Ensuite, nous proposons, à partir du regroupement de l'ensemble des règles d'action identifiées et mise en œuvre à travers ces PCK (Tableau 43), de dégager des orientations de Lucien pour les DI par rapport aux six dimensions du modèle ESFI.

PCK/compréhension des élèves	
1.	L'enseignant sait que la mise en œuvre par l'élève de la notion de transformation chimique signifie que l'élève comprend comment il est possible d'obtenir de l'eau salée à partir de la neutralisation de la soude par l'acide
2.	L'enseignant sait que des élèves décrivent la transformation chimique entre l'acide et la soude en termes d'un produit plus puissant que l'autre
3.	L'enseignant sait que les élèves ont du mal à exploiter la valeur de la concentration massique de la solution d'acide lorsqu'elle ne figure pas dans la consigne mais sur la fiole jaugée contenant cette solution
4.	L'enseignant sait que, parler d'une solution d'acide diluée dix fois induit une confusion pour les élèves qui cherchent à calculer le volume d'acide à mélanger avec la soude en prenant en compte le volume d'eau ajouté lors de la dilution
5.	L'enseignant sait que, pour calculer le volume d'acide à verser pour la neutralisation de la soude, les élèves prennent en compte la même quantité d'acide et de soude où 1g de soude correspond à 1ml d'acide
6.	L'enseignant sait que les élèves considèrent que la concentration massique indiquée sur la fiole contenant la solution d'acide chlorhydrique correspond au nombre de grammes de pastille de soude qu'il faut mettre dans 1L d'eau pour neutraliser l'acide
7.	L'enseignant sait que, pour déterminer expérimentalement la valeur du volume d'acide à verser pour neutraliser la soude, les élèves procèdent selon une expérience « à tâtons » où ils font plusieurs essais avec différents volumes d'acide jusqu'à obtenir une solution neutre
PCK/stratégie	
1.	L'enseignant sait que pour introduire le bilan de matière, il est intéressant de commencer par une situation de départ qui motive les élèves, et d'amener ensuite ceux-ci à reformuler le problème en utilisant des termes chimiques
2.	L'enseignant sait que si un élève mobilise le concept de transformation chimique pour expliquer la formation de l'eau salée, il est intéressant de l'amener à faire un lien avec des savoirs anciens sur l'exemple de la transformation chimique du vinaigre et du bicarbonate
3.	L'enseignant sait que pour introduire le bilan de matière, il est intéressant de ne pas cadrer la démarche des élèves et de laisser ceux-ci chercher une réponse allant de la réflexion théorique par calcul à la mise en place de l'expérimentation
4.	L'enseignant sait que, pour aider les élèves à dégager des pistes de réflexion sur la transformation chimique entre l'acide et la soude, et à mettre en commun leurs propositions, il est intéressant de les faire travailler avec des affiches
5.	L'enseignant sait que, pour modéliser la transformation chimique entre l'acide et la soude et expliquer la formation de l'eau salée, il est intéressant d'amener les élèves à dresser un tableau qui montre les espèces chimiques présentes à l'état initial et l'état final de la transformation chimique

6. L'enseignant sait qu'il est intéressant de faire interagir les élèves, qui ne se sont pas rendus compte de la concentration massique de la solution d'acide, avec d'autres élèves à partir des affiches
7. L'enseignant sait que, pour aider les élèves à raisonner sur le calcul du volume d'acide qui neutralise la soude, il est intéressant de faire référence à la fiole jaugée contenant la solution d'acide pour amener les élèves à prendre en compte la valeur de la concentration massique indiquée sur la fiole
8. L'enseignant sait que si l'élève propose que pour 1g de soude il faut 1ml d'acide pour réaliser la neutralisation, alors il est intéressant de favoriser la communication entre les groupes d'élèves autour de cette proposition au moyen des affiches
9. L'enseignant sait que, pour faire réfléchir les élèves sur les démarches permettant de trouver le volume de la solution d'acide pour la neutralisation de la soude, il est intéressant de regrouper les affiches produites par les élèves lors du TP et de laisser ceux-ci réfléchir aux démarches possibles à partir de la logique du classement de ces affiches
10. L'enseignant sait qu'il est intéressant de classer les affiches des élèves selon le type de démarche, théorique ou expérimentale, que ceux-ci ont menée pour les faire remarquer qu'il y a deux démarches pouvant être réalisées en vue de trouver le volume de la solution d'acide
11. L'enseignant sait qu'il est intéressant d'amener les élèves à dégager des pistes de réflexion sur la démarche expérimentale de la neutralisation acido-basique à partir des affiches
12. L'enseignant sait qu'il est intéressant d'amener les élèves à faire une analyse réflexive de leurs connaissances acquises relativement à la transformation chimique en répondant à une fiche de questions suscitant la réflexivité
13. L'enseignant sait que si les élèves proposent de faire une expérience à tâtons pour déterminer le volume de la solution d'acide, il est intéressant de les faire réfléchir sur les matériels propices à utiliser pour mener une expérience précise en un minimum de temps sans faire plusieurs essais
14. L'enseignant sait qu'il est intéressant d'amener les élèves à faire une analyse réflexive de leurs démarches et des connaissances acquises relativement à la neutralisation acido-basique en rédigeant un récit de leur travail
15. L'enseignant sait que, pour introduire la notion de quantité de matière à partir de la neutralisation, il est intéressant de faire remarquer aux élèves à travers les différentes démarches illustrées dans les affiches que l'hypothèse qui postule qu'il faut prendre la même masse de l'acide et de la base est fausse

Tableau 42. Liste des PCK inférées à partir de l'analyse des observations de classe et des ressources-filles

Dimension du modèle ESFI	Niveau	Règles d'action
Questionnement	3	proposer une situation et amener les élèves à construire le problème
Problème	4	proposer une consigne ouverte et un matériel libre
Responsabilité	3	rendre les élèves responsables du

		processus d'investigation
	4	Mettre à disposition des élèves des outils d'autoévaluation
Diversité	4	Adapter la situation à la spécificité des élèves
Argumentation	3	Permettre la prise en compte des arguments d'autrui
Explicitation	2	Faire le bilan de la séance à propos des savoirs
	4	Expliciter les métaconnaissances pour un réinvestissement des acquis

Tableau 43. L'ensemble des règles d'action de Lucien

Par conséquent, nous situons les orientations de Lucien pour les DI dans un espace à six dimensions. Nous retenons de notre analyse que les règles d'action mobilisées par rapport aux dimensions « problème », « responsabilité », « diversité » et « explicitation » sont celles qui atteignent chez Lucien le plus haut niveau de réalisation (niveau 4), suivies simultanément des dimensions « argumentation » et « questionnement ». Les règles d'action identifiées sont d'ailleurs majoritairement centrées sur l'élève (car correspondant au niveau ou palier 3 et 4, voir le modèle ESFI, § 2.1.2). Nous illustrons par une représentation graphique les niveaux de règles d'action de Lucien inférées à partir de notre analyse (Figure 71).

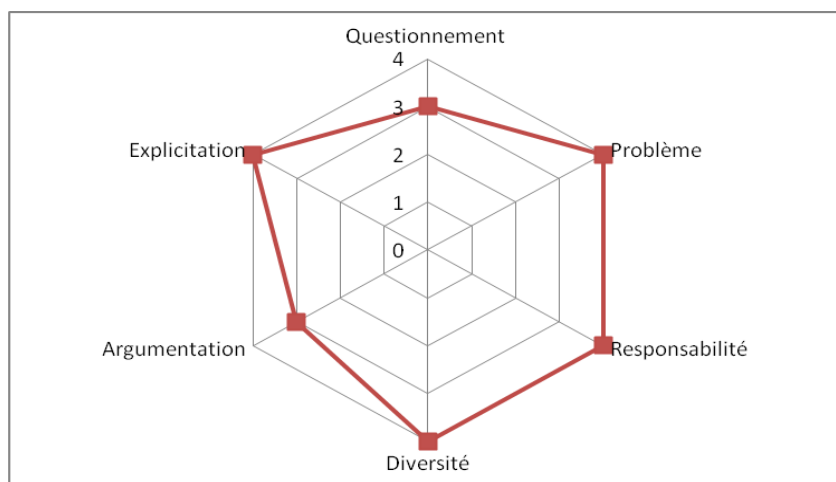


Figure 71. Représentation graphique des niveaux des règles d'action qui guident l'activité de Lucien lors de la mise en place des DI

Ainsi, au cours de la mise en place des DI, Lucien, guidé par ses orientations, privilégie la responsabilisation et l'autoévaluation des élèves, prend en compte la diversité des élèves et favorise l'argumentation critique et l'explicitation de leurs métaconnaissances à travers la métacognition.

Synthèse de l'analyse des PCK et des orientations de Lucien pour les DI

Nous avons présenté dans cette partie notre analyse des PCK, des règles d'action et des orientations de Lucien pour les DI à partir de l'analyse des observations de classe et de ressource-fille. Nous avons mis en évidence que Lucien laisse une marge d'autonomie importante à ses élèves dans la construction de leurs savoirs. Il organise son travail en classe à partir des affiches qu'il exploite d'une séance à une autre tout au long de la mise en œuvre d'une même séquence. Une nouvelle orchestration instrumentale prenant appui sur les affiches a été d'ailleurs mise en exergue, elle est essentiellement due aux interactions collectives de Lucien avec le GFEN.

Les observations des séances de classe ont également montré que Lucien met l'accent sur la dimension collective de l'apprentissage lors de la mise en place des DI. En effet, ceci semble corroborer les résultats que nous avons tirés à partir de l'analyse des réponses de Lucien à l'enquête portant sur les DI (§ 4.3) où nous avons plus particulièrement mis en évidence une vision de Lucien pour l'apprentissage du type socioconstructiviste. Cette vision inférée d'après les déclarations de Lucien semble ainsi manifeste à travers ce qu'il fait effectivement en classe. Par ailleurs, nous avons constaté que Lucien favorise l'argumentation des élèves et la métacognition. Nous avons identifié des règles d'action de Lucien en classe qui prennent leur source dans le style de pensée du GFEN et nous avons interprété ceci comme une interférence, qui s'effectue au niveau du style de pensée, entre le système d'activité de Lucien en classe et son système d'activité au sein du GFEN. Nous avons, en plus, mis en évidence que cette interférence induit un développement des PCK et des orientations pour les DI de Lucien.

Par ailleurs, le développement des PCK et des orientations pour les DI ne se limite pas aux interactions de Lucien avec le GFEN, mais aussi avec sa communauté du lycée, en particulier son collègue Jean qui l'a amené à introduire une situation de départ s'inscrivant dans la perspective des DI. Ceci a conduit Lucien à proposer une situation et à amener les élèves à reformuler et construire le problème posé.

Si nous reprenons les déclarations de Lucien lors de l'entretien général et l'entretien portant sur le journal d'interactions au sujet de l'impact de ses interactions collectives sur sa propre documentation (§ 5.2.2), nous repérons que tout ce que Lucien a dit par rapport aux changements sur la façon dont il envisage et anime ses séquences d'enseignement basées sur les DI a été étayé par nos analyses de ce que Lucien fait effectivement en classe.

5.2.5. Conclusion de l'analyse de la documentation et du système d'interactions de Lucien, deuxième année de suivi

Nous avons présenté dans l'ensemble de cette partie l'analyse du système de ressources de Lucien, de ses systèmes d'activité, d'une étape du cycle de vie d'un document concernant la conception de ressources-filles fondées sur les DI ainsi que l'analyse des PCK et des orientations de Lucien pour les DI. Nous avons procédé tout au long de notre analyse à croiser les diverses données que nous avons recueillies pour analyser plus finement la documentation et le système d'interactions de Lucien au cours de cette deuxième année de suivi. Nous

voulons présenter ici une conclusion de cette partie qui met davantage l'accent sur la mise en relation des différents résultats émergents de nos analyses et qui donne lieu à une réflexion, voulant être « plus poussée », sur la documentation et le système d'interactions de Lucien.

La particularité de la documentation de Lucien au cours de cette année est liée à l'introduction d'une nouvelle ressource, les affiches, et plus profondément à ses interactions collectives avec le GFEN. Les affiches apparaissent une ressource cruciale qui semble diffuser dans le système de ressources de Lucien entraînant sa *restructuration*. L'importance de ces affiches a été mise en évidence non seulement dans le travail individuel de Lucien, mais aussi au niveau collectif dans le cadre de son travail avec ses collègues du lycée. Si nous regardons plus finement ces affiches à travers nos données, nous comprenons alors le rôle central qu'elles jouent dans la documentation de Lucien : au sein du système d'activité de Lucien en classe, nous avons repéré comment Lucien a exploité les affiches tout au long de la séquence, ce qui a induit en retour une évolution de ses PCK, de ses règles d'action et de ses orientations pour les DI. Hors classe, au sein du système d'activité de Lucien avec ses collègues du lycée, nous avons repéré que le principal objet vers lequel sont orientées les interactions collectives relève de la réflexion sur l'activité des élèves à partir des affiches. En outre, une règle qui réside dans la discussion sur le travail des élèves après la mise en œuvre de ressource-fille, discussion qui semble basée sur les affiches, a été inférée. Ceci reflète ainsi l'importance accordée aux affiches dans le travail collectif de Lucien avec ses collègues. Plus précisément encore, nous inférons que le travail sur les affiches croise les systèmes d'activité de Lucien impliquant la communauté de classe, la communauté du lycée et la communauté GFEN. Nous interprétons ce croisement en termes d'interférence qui s'effectue au niveau des ressources, des règles et du style de pensée. Nous allons expliquer comment à travers la triangulation de nos données nous avons pu dégager ces inférences.

Dans le système d'activité de Lucien en classe orienté vers la mise en œuvre de ressource-fille, les affiches produites par les élèves émergent comme un résultat de cette mise en œuvre. Ce résultat est transformé en un outil dans le système d'activité de Lucien orienté vers la révision de la ressource-fille après usage en classe ou, autrement dit, vers la réflexion sur l'activité des élèves, un objet qui apparaît essentiel, comme nous l'avons montré, au sein de la communauté du lycée. Lucien et ses collègues discutent alors du travail des élèves en s'appuyant sur les affiches, celles-ci sont de ce fait mobilisées en tant qu'outils. Ceci traduit donc une interférence qui s'effectue au niveau des ressources entre le système d'activité de Lucien impliquant la communauté de classe et son système d'activité au sein de la communauté du lycée (voir Figure 72). Nos données montrent que cette interférence entraîne un effet producteur de connaissances professionnelles dans la mesure où les conceptions, les difficultés d'apprentissage des élèves et les stratégies d'enseignement sont discutées.

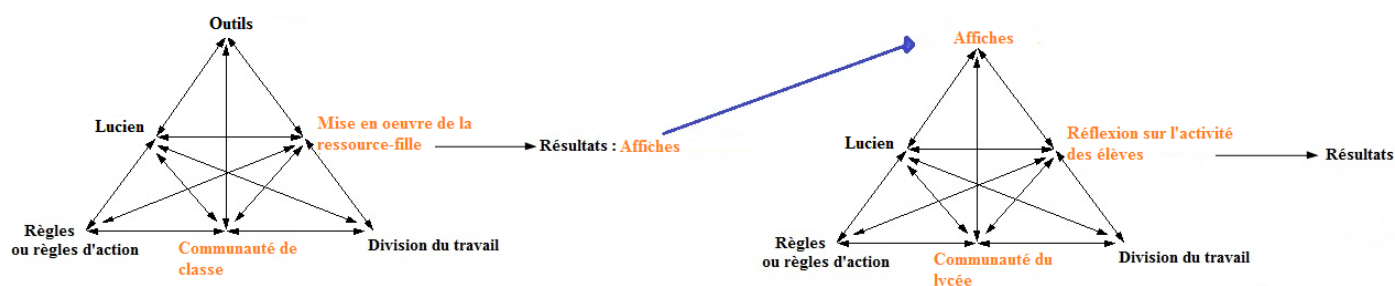


Figure 72. Interférence des systèmes d'activité de Lucien au niveau des ressources

Par ailleurs, les affiches ne croisent pas les systèmes d'activité de Lucien en classe et avec ses collègues du lycée au niveau des ressources seulement. Nous pouvons relever à travers la mise en relation de nos données une autre interférence qui a lieu entre ces systèmes d'activité au niveau des règles. D'une part, nous avons remarqué qu'au sein du système d'activité en classe, Lucien organise une discussion et une mise en débat, au moyen des affiches, des différentes stratégies de réponses élaborées par les élèves. Donc ceci traduit une règle de ce système d'activité qui consiste à discuter des démarches proposées par les élèves à travers les affiches. De ce fait, ce travail avec les affiches en classe est susceptible d'influer sur les connaissances des élèves dans la mesure où ceux-ci pourraient apprendre en prenant appui sur le raisonnement de leurs pairs. D'autre part, nous avons relevé une règle qui régit le système d'activité de Lucien avec ses collègues du lycée et qui consiste à discuter sur le travail des élèves à partir des affiches. Donc nous pouvons inférer que la discussion sur les productions des élèves apparaît comme une règle commune aux systèmes d'activité de Lucien en classe et avec ses collègues du lycée. Le travail collectif de ces enseignants hors classe et le travail collectif des élèves en classe semblent de ce fait liés à travers les affiches. Nous interprétons cette relation comme une interférence qui a lieu au niveau des règles (voir Figure 73). Ainsi, ce travail sur les affiches semble développer à la fois le système d'activité de Lucien en classe et son système d'activité au sein de la communauté de son lycée.



Figure 73. Interférence des systèmes d'activité de Lucien au niveau des règles

Nous avons, par ailleurs, mis en évidence à travers nos analyses une interférence au niveau du style de pensée entre le système d'activité de Lucien en classe et son système d'activité au sein du GFEN (§ 5.2.4), et plus largement encore une interférence qui s'effectue aussi au niveau du style de pensée entre le système d'activité de Lucien au sein de sa communauté du lycée et son système d'activité à l'intérieur du GFEN (§ 5.2.2). Nous avons

montré que ces interférences sont liées au travail avec les affiches et plus profondément à la pratique d'auto-socio-construction qui fonde le style de pensée du GFEN.

Par conséquent, le travail avec les affiches articule les systèmes d'activité de Lucien en classe, avec ses collègues et avec le GFEN. Ainsi, nous pouvons mettre en évidence une évolution du système d'interactions de Lucien du fait de l'évolution de ses systèmes d'activités et des liens qui les articulent. Cette évolution apparaît étroitement liée au développement, dans la perspective de DI, du système documentaire de Lucien. Ce développement est essentiellement du, comme nous l'avons montré, aux interactions collectives de Lucien à l'intérieur de la communauté du GFEN.

Dans ce qui suit, nous nous centrons sur les évolutions que nous avons pu saisir à travers notre suivi de Lucien sur deux ans.

5.3. Conclusion du chapitre : quelles évolutions dans la documentation et le système d'interactions ?

Nous avons développé dans les deux parties précédentes nos analyses par rapport à la documentation et au système d'interactions de Lucien au cours de la première (§ 5.1) et de la deuxième année de son suivi (§ 5.2). Il s'agit dans cette partie, qui se veut une conclusion de l'ensemble de ces analyses, de mettre plus particulièrement en lumière les évolutions que nous avons pu saisir d'une année à une autre.

Dans un premier temps, nous abordons l'évolution du système de ressources de Lucien (§ 5.3.1). Dans un second temps, nous décrivons l'évolution de ses systèmes d'activité (§ 5.3.2). Enfin, nous rendons compte de l'évolution de ses PCK et de ses orientations pour les DI (§ 5.3.3).

5.3.1. Evolution du système de ressources de Lucien

A travers notre suivi de Lucien sur deux années consécutives, nous avons relevé que ses archives et ses échanges avec ses collègues restent les principales ressources qui alimentent son travail documentaire ; ils constituent, de ce fait, le *cœur* de son système de ressources. Nous avons également inféré une *osmose* entre le système de ressources de Lucien et ceux de ses collègues. En outre, nous avons identifié une dynamique de ce système de ressources induite par de nouvelles ressources qui y sont intégrées, mais aussi par le recyclage de ses ressources-filles d'une année à une autre comme nous l'avons montré par rapport au thème de la quantité de matière.

Les nouvelles ressources qui ont été intégrées dans le système de ressources de Lucien sont dues d'une part à ses interactions collectives avec le GFEN : il s'agit plus particulièrement des affiches et de ce qu'il qualifie de « littérature pédagogique ». D'autre part, elles émanent de son travail collectif au sein de la communauté de ses collègues de SPC du lycée : il s'agit notamment de ressources portant sur l'évaluation des élèves. D'ailleurs, en comparant les deux RSSR tracées par Lucien au cours des deux années consécutives (voir

Figure 74 et Figure 75), on retrouve ces nouvelles ressources, mais également des invariants : la conception de ressources-filles reste le cœur du travail documentaire de Lucien, elle est alimentée par ses archives, ses échanges avec ses collègues, la « réflexion générale » (Figure 74) ou ce qu'il appelle « théorisation des pratiques » (Figure 75). Les revues scientifiques et ce qu'il nomme « livres documentaires », notés dans la Figure 74, se trouvent dans la RSSR tracée pendant la deuxième année de suivi (Figure 75), en particulier dans les « archives perso » de Lucien qui a distingué, parmi la liste de ses archives, ce qu'il appelle les « ressources documentaires ». En outre, les deux RSSR mettent en exergue une interférence, qui se situe au niveau des ressources, entre les systèmes d'activité de Lucien au sein de sa communauté du lycée et de sa communauté de classe (§ 5.1.1 et 5.2.1).

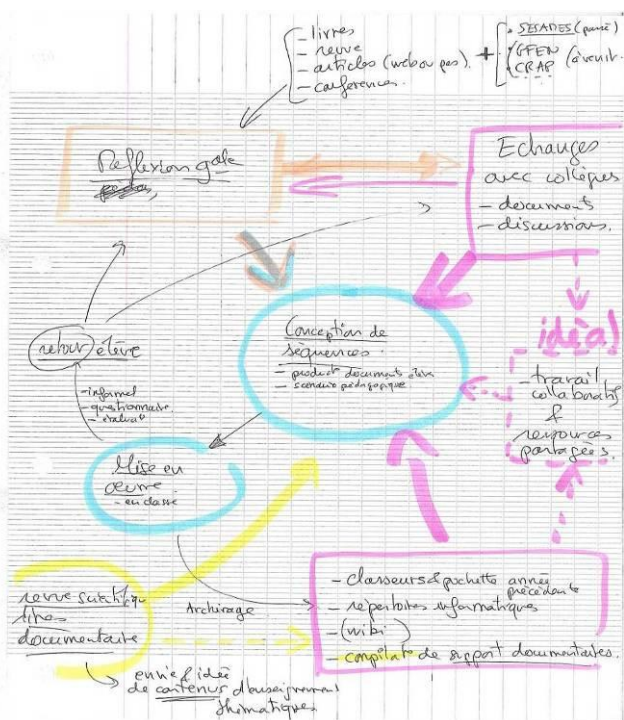


Figure 74. RSSR de Lucien, année n

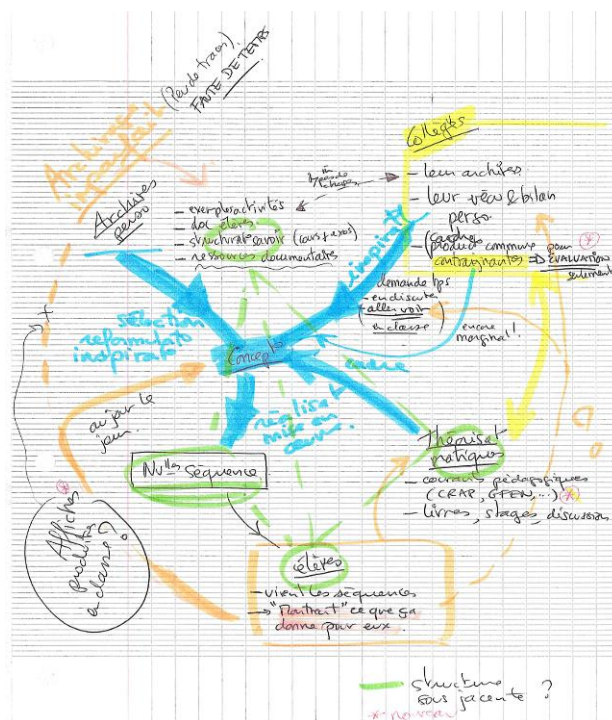


Figure 75. RSSR de Lucien, année n+1

Par conséquent, le système de ressources de Lucien a subi une *réorganisation* induite par son travail collectif avec la communauté de son lycée, d'un côté, et la communauté du GFEN de l'autre. Nos données montrent que la réorganisation du système de ressources de Lucien identifiée est inhérente à l'introduction et l'exploitation des affiches qui se sont avérées une ressource cruciale pour Lucien dans son travail en classe avec ses élèves et dans la conception de ses ressources-filles, mais aussi dans le cadre de son travail collectif avec ses collègues du lycée. Nous avons pu identifier que le travail collectif de Lucien constitue un *appui* pour son système de ressources, il semble intervenir au niveau de plusieurs étapes du cycle de vie d'un document : la recherche de ressources pour un objectif d'enseignement, la conception de ressources-filles et la révision de celles-ci après leur mise en œuvre en classe. Ceci nourrit en retour la documentation de Lucien.

5.3.2. Evolution des systèmes d'activité de Lucien

Le suivi de Lucien sur deux années consécutives nous a permis de mettre en évidence une évolution de ses systèmes d'activité. Si les interactions collectives de Lucien au cours de la première année de son suivi se font essentiellement au sein de la communauté de ses collègues de SPC du lycée où une relation de travail profonde apparaît plus particulièrement avec sa collègue Pauline, la deuxième année de son suivi révèle en plus des interactions collectives fortes avec son collègue Jean et la communauté du GFEN. D'ailleurs, la comparaison des RSTC tracées au cours des deux années de suivi de Lucien (voir Figure 76 et 77) appuie l'idée de cette *genèse du collectif* : de nouvelles interactions avec le GFEN et un équilibre entre Pauline et Jean en termes d'échanges se sont établis. Plus précisément encore, nous avons repéré que cette évolution des systèmes d'activité de Lucien est plus particulièrement tournée vers les DI ; une participation à un projet commun qui privilégie l'implémentation de DI ou ce que Lucien appelle « démarche d'auto-socio-construction » apparaît d'ailleurs patente sur la Figure 77. En outre, nous avons relevé que ce projet commun, centré sur les DI, entre Lucien et ses collègues du lycée s'adosse au style de pensée du GFEN. Ceci a été traduit par une interférence, au niveau du style de pensée, entre le système d'activité de Lucien au sein de sa communauté du lycée et son système d'activité à l'intérieur du GFEN.

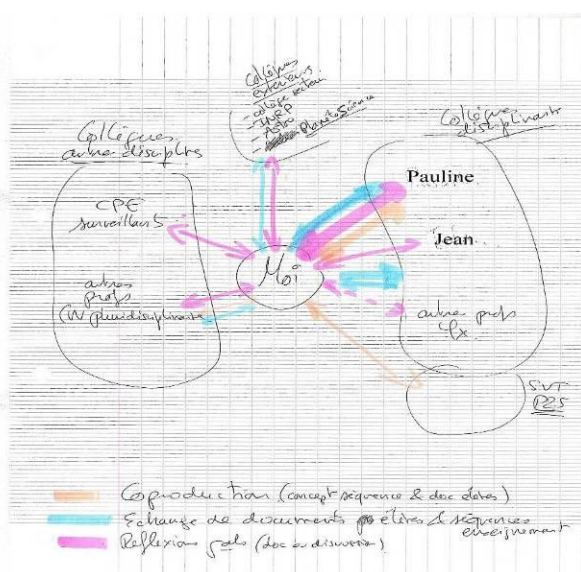


Figure 76. RSTC de Lucien, année n

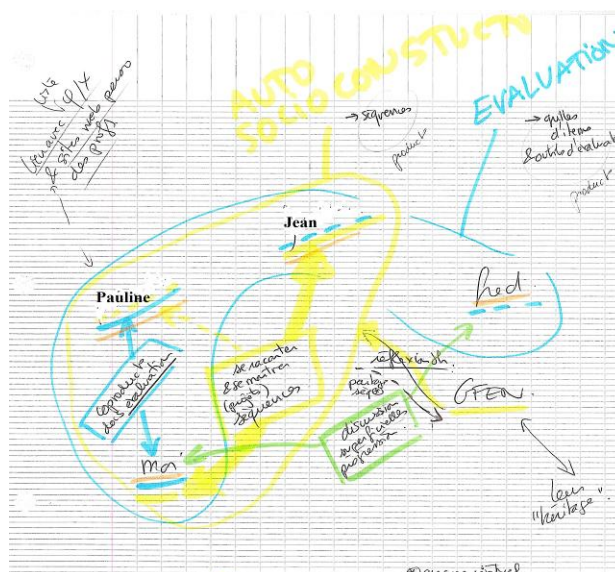


Figure 77. RSTC de Lucien, année n+1

En outre, nous avons montré que l'évolution des systèmes d'activité de Lucien est sous-tendue par une évolution des objets, des règles qui régissent ses interactions collectives au sein des communautés, mais aussi de ressources s'inscrivant dans la perspective de DI. Des nouveautés, qui touchent le travail collectif de Lucien au sein de la communauté de ses collègues du lycée, ont été identifiées ; elles sont liées en particulier à l'intégration des affiches comme une ressource essentielle pour discuter et mener une réflexion sur le travail des élèves après la mise en œuvre de ressource-fille en classe. D'ailleurs, ce travail sur les affiches se révèle un travail sur des ressources qui croisent le travail de Lucien dans la

communauté de classe, son travail au sein de la communauté de ses collègues du lycée, mais aussi au sein du GFEN dans la mesure où l'intégration de ces affiches est due aux interactions avec le GFEN. Nous avons interprété ce croisement en termes d'interférence qui a lieu au niveau des ressources, des règles et du style de pensée (§ 5.2.5).

Ainsi, cette évolution des systèmes d'activité de Lucien ainsi que les interférences que nous avons pu mettre en évidence entre les systèmes d'activité de Lucien tant au niveau des ressources qu'au niveau du style de pensée et des règles marque une évolution du système d'interactions de Lucien. Cette évolution semble enrichir le système de ressources de Lucien et contribuer plus profondément à son développement professionnel dans la perspective de DI.

5.3.3. Evolution des PCK et des orientations de Lucien pour les DI

Nous présentons ici notre analyse au sujet de l'évolution des PCK et des orientations de Lucien pour les DI. Comme ces connaissances professionnelles ont été inférées à partir de l'analyse de ressource-fille, d'une part, et de l'analyse des observations de classe, d'autre part, nous nous attachons dans cette partie à aborder l'évolution de la ressource-fille de Lucien d'une année à une autre ainsi que l'évolution de ses connaissances professionnelles repérée à travers les observations de classe.

Evolution de la ressource-fille fondée sur les DI

Nous avons montré que la ressource-fille conçue par Lucien au cours de sa deuxième année de suivi (que nous désignons par la suite par « RF-2 ») prend sa source dans celle qui a été élaborée par lui l'année précédente (désignée par « RF-1 ») et qui est devenue, de ce fait, une ressource-mère impliquée dans un nouveau cycle de vie.

Nous pouvons repérer des modifications de la ressource-fille d'une année à une autre au regard de plusieurs aspects : d'abord, l'objectif de RF-2 consiste à introduire la notion de quantité de matière que les élèves n'ont pas donc déjà apprise alors que RF-1 vise à exploiter et réinvestir les connaissances des élèves vis-à-vis de cette notion. Donc le calcul de la quantité de matière et les notions chimiques s'y rapportant (par exemple la masse molaire, la concentration molaire), qui constituent dans RF-1 le cœur de la démarche théorique que les élèves doivent mener, sont absents dans RF-2.

En outre, nous avons mis en évidence que dans RF-2 une situation de départ s'inscrivant dans la perspective de DI a été introduite. Plus particulièrement, nous relevons une évolution de RF-2 par rapport à l'*origine du questionnement* dans la mesure où le problème est à construire par les élèves, il n'est plus apporté par l'enseignant comme dans RF-1 ; les élèves doivent être ainsi amenés à passer de la situation proposée à une reformulation du problème en mobilisant des connaissances qui ne relèvent que du domaine de la chimie. Cela donne donc une responsabilité plus importante à l'élève vis-à-vis des savoirs en jeu.

D'ailleurs, si l'on examine la formulation du problème telle qu'elle a été proposée par Lucien dans RF-1 et RF-2, on remarque que la question dans RF-2 sous-tend la problématisation de l'étude de la transformation chimique entre l'acide chlorhydrique et la soude (espèces chimiques présentes à l'état initial et final, réactifs, produits, réactif en excès

ou en défaut, réaction chimique), une problématisation qui n'est pas assez explicite dans RF-1. Ceci s'explique par le fait que RF-2 se situe dans la continuité d'une séquence portant sur la transformation chimique ; donc l'objectif de Lucien à travers la problématisation de l'étude de la transformation chimique est de réinvestir les connaissances déjà abordées vis-à-vis de ce thème chimique. C'est pourquoi les formules chimiques des deux réactifs (l'acide et la soude) ainsi que la réaction chimique ne sont pas données dans l'énoncé de la RF-2 alors qu'elles figurent dans RF-1.

Nous constatons également que dans RF-2 la tâche est plus ouverte et aucune indication n'est donnée aux élèves concernant le matériel à utiliser. En effet, Lucien n'a pas proposé deux types de réponses aux élèves (une approche théorique et une approche expérimentale et une confrontation entre elles) comme il l'a fait dans RF-1 pour ne pas cadrer la démarche attendue. Nous avons montré que l'objectif de Lucien qui sous-tend ces changements réside dans sa volonté de privilégier la confrontation collective à travers le travail sur les affiches et la mise en débat des différentes stratégies de réponses élaborées par les élèves. Donc c'est bien l'introduction et l'exploitation des affiches, comme une nouvelle ressource dans le travail de Lucien en classe, qui semblent être à l'origine de ces changements. De ce fait, la responsabilité de la solution appartient entièrement à l'élève. Celui-ci doit être amené à construire et structurer lui-même la méthode et la démarche qu'il juge pertinente pour résoudre le problème. Ainsi, l'évolution de la ressource-fille quant à la *nature du problème* révèle des aspects importants des DI, les élèves sont plus autonomes face à un problème plus ouvert.

Par conséquent, tout ce qui précède nous permet de mettre en évidence une évolution de la ressource-fille vis-à-vis de l'origine du questionnement, de la nature du problème voire de la responsabilisation des élèves dans la conduite de l'investigation. Cette évolution, qui sous-tend un développement des connaissances professionnelles de Lucien, semble donc davantage tournée vers les DI. Nous avons d'ailleurs montré que l'évolution de la ressource-fille au regard de l'origine du questionnement est due aux interactions collectives de Lucien avec son collègue Jean. Quant à l'évolution relevant de la nature du problème, elle apparaît inhérente au travail avec les affiches. En d'autres mots, elle prend sa source dans la notion et la pratique d'auto-socio-construction, concept clé du style de pensée du GFEN. De ce fait, tout ceci débouche sur une responsabilité plus importante laissée aux élèves dans la construction de leurs savoirs. Ainsi, nous constatons que les interactions collectives de Lucien semblent contribuer à l'évolution de sa ressource-fille et plus largement au développement de son système documentaire.

Evolution des PCK et des orientations de Lucien pour les DI repérée à travers les observations de classe

Le suivi de Lucien au cours de deux années consécutives nous a permis d'inférer des évolutions de ses PCK et de ses orientations pour les DI. Ces évolutions vont dans le sens d'une plus grande responsabilité laissée aux élèves. Lucien développe une attention aux procédures des élèves, à leurs erreurs, à leurs difficultés et à l'exploitation qui peut en être faite en classe, et ce à travers le travail avec les affiches. Nous pointons également des

évolutions relatives à l'attention au savoir en jeu, celles-ci ne concernent pas seulement le choix de la situation de départ, mais aussi la mise en œuvre du savoir en classe, en particulier ce qui relève de la gestion des débats, qui est comme nous l'avons montré, adossée aussi au travail avec les affiches.

En effet, nos données montrent que l'évolution des PCK, des règles d'action et des orientations de Lucien pour les DI est fortement liée à l'exploitation des affiches et, plus profondément, aux interactions collectives de Lucien avec le GFEN. Nous avons relevé que les affiches étaient mobilisées par Lucien d'une séance à une autre retraçant ainsi le cheminement des élèves et donc la construction progressive de leurs connaissances tout au long de la séquence. Chaque groupe d'élèves prépare, à travers ce qu'il produit dans son affiche, la réflexion d'un autre groupe d'élèves et c'est de cette façon que le savoir avance dans la classe. De ce fait, les élèves construisent leurs connaissances en prenant appui sur d'autres élèves. Bien que le suivi de la première année de Lucien révèle l'importance que celui-ci accorde à la dimension collective de l'apprentissage, la confrontation des points de vue au sein de la classe était restreinte aux élèves d'un même groupe. En revanche, à travers la mise en commun des affiches, Lucien a davantage mis l'accent sur cette dimension collective qui semble aller bien au-delà des interactions entre les élèves d'un même groupe pour concerner les échanges entre tous les groupes d'élèves.

Nous avons mis en exergue que ce travail avec les affiches traduit une nouvelle orchestration instrumentale qui redéfinit le rôle de l'enseignant et des élèves en classe. Comme nous pouvons l'inférer, cette orchestration instrumentale ne se limite pas à l'exploitation des affiches comme de simples artefacts, mais aussi elle prend en compte le savoir chimique, en particulier ce qui touche à la façon dont Lucien regroupe les affiches ou les numérote. Nous avons également relevé des évolutions des connaissances professionnelles et des règles d'action de Lucien liées à la pratique de la métacognition et au développement de l'argumentation des élèves. Nous avons de fait inféré que ces évolutions tirent parti du style de pensée du GFEN dont la pratique de l'auto-socio-construction (avec ses différents moments : travail avec les affiches, argumentation et débat, métacognition) constitue le fondement. Nous avons interprété ceci comme une interférence au niveau du style de pensée entre le système d'activité de Lucien en classe et son système d'activité au sein du GFEN. En effet, comme nous avons déjà explicité que ce que le GFEN appelle « démarche d'auto-socio-construction » va dans le sens proposé dans les DI (§ 5.2.2), nous considérons alors que les évolutions des connaissances professionnelles de Lucien sont tournées vers les DI.

Si l'on compare les deux représentations graphiques des niveaux de règles d'action qui ont guidé l'activité de Lucien lors de la mise en place des DI au cours des deux années consécutives (voir Figure 78 et Figure 79), nous pouvons mettre en évidence des évolutions dans l'espace à six dimensions où nous avons situé les orientations de Lucien pour les DI. Nous repérons des évolutions par rapport à l'origine du questionnement, à la nature du problème, à la responsabilisation des élèves dans le processus d'investigation ; ce sont d'ailleurs des évolutions que nous avons pu saisir, comme nous l'avons précédemment montré, à travers l'évolution de ressource-fille. Quant aux évolutions relatives à l'explicitation des savoirs acquis, à l'argumentation scientifique voire à la responsabilisation des élèves au

cours des DI, elles sont liées à la pratique de la métacognition et à la mise en débat des démarches proposées par les élèves à partir des affiches.

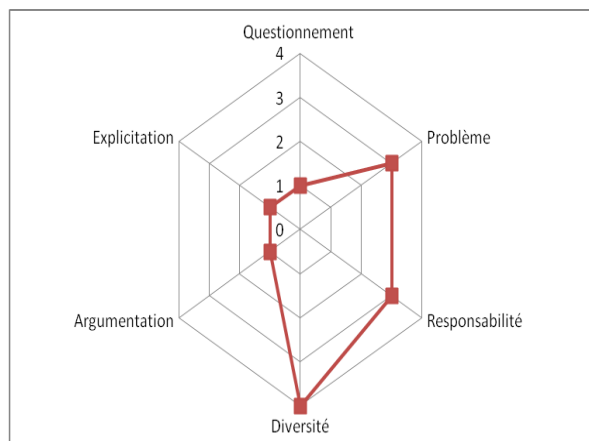


Figure 78. Représentation graphique des niveaux de règles d'action de Lucien, année n

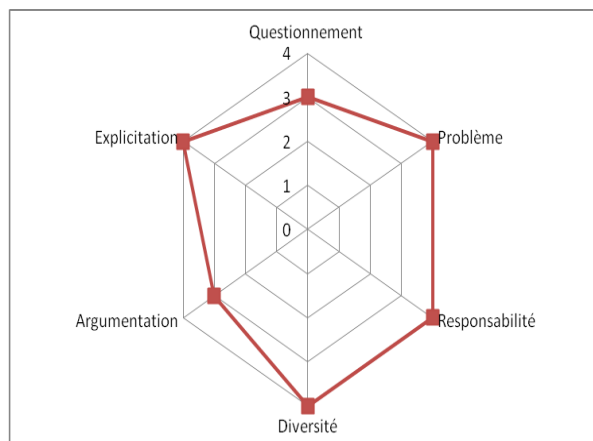


Figure 79. Représentation graphique des niveaux des règles d'action de Lucien, année n+1

Ainsi, nous avons mis en lumière les évolutions des PCK, des règles d'action et des orientations de Lucien pour les DI. Ces évolutions semblent étroitement associées aux interactions collectives de Lucien avec la communauté GFEN. Plus particulièrement, elles sont générées par cette interférence que nous avons relevée au niveau du style de pensée entre le système d'activité de Lucien impliquant la communauté de classe et son système d'activité à l'intérieur du GFEN. Pour autant, comme nous avons mis en évidence à travers l'analyse de nos données, ces évolutions tirent également leur origine du travail collectif de Lucien au sein de la communauté de son lycée, en particulier avec ses collègues Jean et Pauline. D'ailleurs, nos analyses montrent que la communauté du lycée et celle du GFEN sont en interaction ; plus précisément, nous avons repéré une interférence au niveau du style de pensée entre le système d'activité de Lucien au sein de sa communauté du lycée et son système d'activité au sein du GFEN. C'est bien le style de pensée du GFEN qui est donc intégré dans le style de pensée de la communauté du lycée et qui semble dominant. Ceci nous permet ainsi de comprendre encore plus le poids que prend le GFEN dans la documentation de Lucien.

Chapitre 6. Analyse des données relatives à Sarah

Ce chapitre, qui est consacré à l'analyse des données concernant Sarah, se veut un éclairage complémentaire du chapitre précédent, en ce sens qu'il s'attache à mettre en question les résultats tirés de l'analyse des données relatives à Lucien dans une nouvelle situation, mais aussi à approfondir notre questionnement. Sarah est une professeure en chimie depuis quinze ans (§ 3.3.3). Les résultats d'analyse de ses réponses à l'enquête portant sur les DI (§ 4.3) nous ont permis de comprendre la façon dont elle définit et pense les DI. Il s'agit ici de dépasser ce niveau déclaratif pour analyser, entre autres, ce qu'elle fait effectivement en classe lors de la mise en place des DI. Rappelons que nous avons suivi le travail documentaire et les interactions collectives de Sarah pendant une seule année (§ 3.3.3).

Nous commençons par l'analyse du système de ressources de Sarah (§ 6.1) puis nous analysons ses systèmes d'activité (§ 6.2). Nous continuons par l'analyse d'une étape du cycle de vie d'un document, à savoir la conception par Sarah de ressources-filles fondées sur les DI (§ 6.3). Ensuite, nous abordons l'analyse des PCK et des orientations de Sarah pour les DI (§ 6.4). Nous présentons enfin une conclusion de ces analyses (§ 6.5).

6.1. Analyse du système de ressources de Sarah

Il s'agit dans cette partie d'analyser le système de ressources de Sarah en exploitant l'entretien général (EG) que nous avons conduit avec elle, la visite guidée de ses ressources effectuée au cours de cet entretien ainsi que la représentation schématique de son système de ressources (RSSR). Nous nous attachons à travers cette analyse à croiser ce que dit Sarah avec ce que nous donnent à voir la RSSR et la visite guidée de ses ressources.

Le travail documentaire de Sarah se nourrit d'une diversité de ressources. Pour concevoir son enseignement, Sarah utilise ses ressources anciennes qu'elle qualifie d'« archives » (EG) et qui consistent en des cours et des TP qui découlent de son expérience d'enseignement au fil des années. Notons que ce terme d'« archives » a été également évoqué par Lucien pour rendre compte de ses ressources anciennes émanant de son enseignement au cours des années précédentes (§ 5.1.1). Sarah a recours aussi à ce qu'elle appelle des « documents glanés » (EG) : « *ce que j'appelle les documents glanés c'est tout ce que je trouve, alors tout ce que me donnent mes collègues c'est-à-dire que j'ai récupéré de tout part. Je vais aussi pas mal me promener sur le net et à chaque fois que je trouve un document qui me paraît intéressant, hop je le mets dans un coin et je le range dans mes documents glanés. Donc documents glanés c'est vraiment très vaste,*

quand je vais en stage, je rencontre des gens et là aussi je glane les documents voilà » (EG). Les « documents glanés » de Sarah renferment ainsi des ressources récupérées sur Internet ou provenant de ses collègues ou d'autres sources comme les stages. De ce fait, ils consistent en des ressources disponibles dans son système de ressources et susceptibles d'être mobilisables comme ressources-mères pour la conception de ses ressources-filles. Les échanges de Sarah avec ses collègues constituent une ressource importante de son système de ressources comme en témoigne sa réponse : « il y a la ressource, bah les collègues, elle est très importante pour moi parce que effectivement, on échange beaucoup avant de prévoir un TP, on discute, on pose des questions et ça éclaire beaucoup les idées » (EG). Sarah a aussi recours à des logiciels de simulations et à des manuels scolaires. Le retour des élèves et ses interactions avec eux au cours des séances constituent également une ressource pour sa propre documentation : « bon, effectivement comme ressource il ya l'interactivité avec les élèves c'est-à-dire que parfois, on prévoit quelque chose, on a l'impression que ça va marcher puis on se rend compte à travers le retour des élèves que, en fait, on a été complètement à côté » (EG). Cependant, parmi toutes ces ressources, Sarah accorde une grande importance à ses discussions et ses échanges avec ses collègues. Ceci apparaît clairement quand elle dit : « je pense que c'est la communication avec mes collègues qui est la plus importante. Je trouve que la confrontation cinq minutes après un TP, alors qu'est-ce que t'en as pensé, qu'est-ce qui c'était bien, qu'est-ce qui a bien fonctionné pour toi, tu l'as géré comment, je trouve que finalement c'est ce qui fait le plus réfléchir. Donc la communication avec mes collègues à chaud surtout leur évaluation, mon évaluation, ça m'a fait réfléchir sur des trucs auxquels j'avais pas pensé et je pense que c'est ça le plus important » (EG).

En analysant l'organisation des ressources de Sarah au moment de la visite guidée, nous repérons que ses ressources sont d'abord structurées par niveau scolaire et par année d'enseignement. Il y a donc une classification chronologique qui caractérise bien la façon dont Sarah range ses ressources : *« en général je pars de l'existant et chaque année je module un petit peu. Voilà tout ça c'est une ressource plutôt informatique que j'utilise d'année en année, que je recycle un peu » (EG).* Ceci suggère que, d'une année à une autre, le système de ressources de Sarah est toujours en état de restructuration et de réorganisation ; les ressources-filles sont « recyclées », elles sont donc susceptibles de devenir des ressources-mères impliquées dans un nouveau cycle de vie pour donner matière à de nouvelles ressources-filles. Soulignons que ce terme de « recyclage » des ressources a été également évoqué par Lucien pour rendre compte des modifications qu'il effectue sur ses ressources d'une année à une autre (§ 5.3.1).

Des articulations apparaissent au niveau matériel lorsque nous considérons les ressources de Sarah : papier et numérique sont associés ; Sarah dispose sur son ordinateur d'une version électronique de ses ressources papier. Cependant, à la suite de la mise en œuvre d'une ressource-fille en classe, Sarah note sur la version papier de cette ressource les modifications qu'elle doit effectuer pour l'année prochaine en fonction des réactions et du retour des élèves : *« j'ai aussi une version papier que je garde parce que sur la version papier, je note chaque année ce qui m'a paru pas bien fonctionné en fait, ce qu'il faut modifier [...]. J'essaie à chaque fois de noter et je le fais sur la version papier parce que j'ai pas le temps de remodifier tout de suite mon document informatique » (EG).* La version papier des ressources-filles de Sarah intègre donc ses remarques par rapport au déroulement de la séance ou, autrement dit, une révision après usage qui se nourrit plus particulièrement des effets observés en classe.

Nous repérons que pour chaque niveau scolaire, les ressources sont rangées en dossiers et sous-dossiers sur l'ordinateur. Chaque dossier correspond aux ressources relatives à l'enseignement d'un thème précis du programme : on y trouve un sous-dossier renfermant des cours qui consistent en des fiches d'activité et des présentations sous format power point qui alimentent ses cours, un sous-dossier comprenant les TP et un autre contenant les contrôles (devoirs surveillés DS). Les « documents glanés » de Sarah sont rangés dans deux sous-dossiers : le premier renferme les « documents glanés » récupérés sur Internet et le deuxième ceux provenant de ses collègues. Sarah distingue donc les ressources de ses collègues d'autres ressources, elle les « glane » puis les range dans un dossier à part. Quant à ses ressources papier, Sarah les range dans des pochettes dont chacune correspond à un niveau scolaire. Comme sur son ordinateur, on retrouve des pochettes pour les cours, les TP, les DS. Dans les pochettes de TP de Sarah, outre la ressource-fille qui a été mise en œuvre en classe, nous repérons toutes les ressources qui ont été mobilisées pour la conception de cette ressource-fille ou, en d'autres mots, les ressources-mères. Donc dans la structuration des pochettes de Sarah, ressources-mères et ressources-filles sont toujours associées. Ainsi, toutes ces organisations visibles au niveau matériel apparaissent clairement liées à la structure des activités professionnelles de Sarah.

Ce que dit Sarah des ressources qu'elle mobilise pour organiser son enseignement correspond à la RSSR qu'elle a tracée au cours de l'entretien général (Figure 80). Si nous comparons cette RSSR avec ce que nous avons observé de l'organisation et de la structure du système de ressources de Sarah, nous constatons que cette RSSR n'est pas qu'un simple schéma qui donne à voir les ressources de Sarah : elle reflète une mise en relation entre ses ressources, son activité et son travail collectif. Quatre types de ressources apparaissent ainsi comme nourrissant son activité d'enseignement : les « *manuels* », les « *contacts collègues* », les « *interactions élèves* » et les « *ressources numériques* ». Par des flèches, Sarah met en relation les ressources et les différentes activités liées à son enseignement : Sarah mobilise les manuels scolaires pour concevoir ses activités de cours et ses TP. Les interactions avec les élèves sont, pour Sarah, une source pour « *l'évaluation du TP* » (EG). Sarah évalue donc ses TP après usage en fonction du retour et des réactions des élèves au cours des séances.

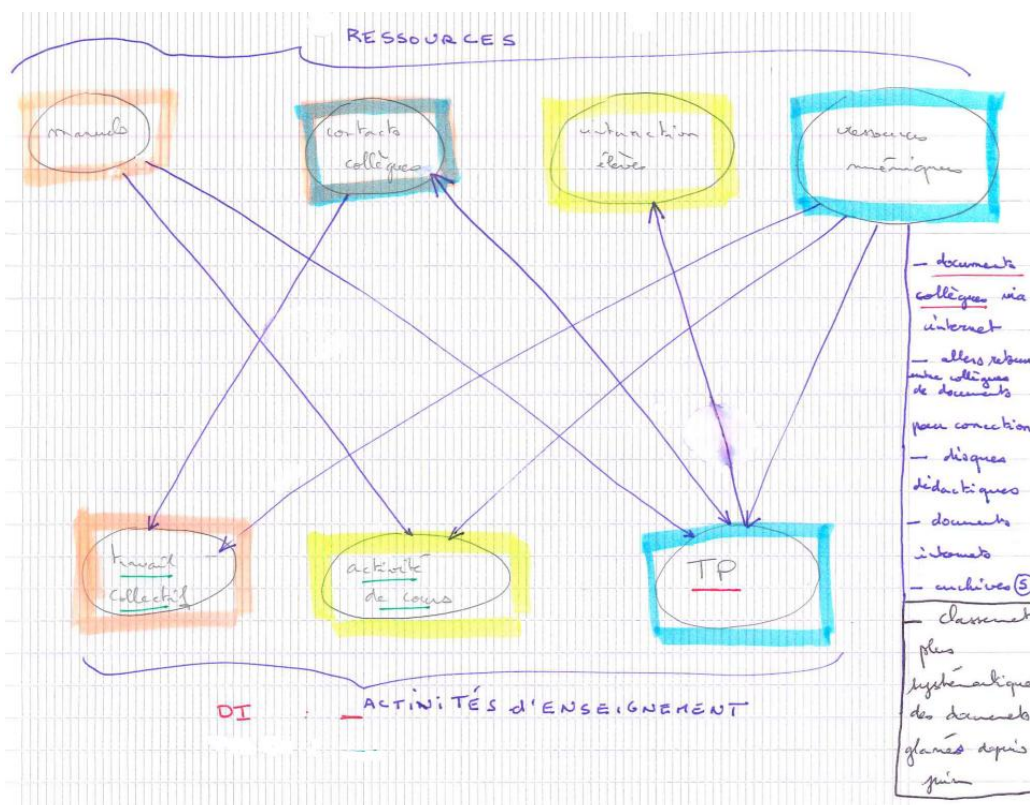


Figure 80. RSSR de Sarah

Par ailleurs, nous constatons que les collègues de Sarah apparaissent dans cette RSSR suivant plusieurs niveaux : il y a les « contacts avec les collègues » qui prennent principalement la forme d'interactions formelles ou informelles qui alimentent la conception de ses TP et la mise en place d'un travail collectif, mais il y a aussi les ressources de ses collègues qui sont, en grande partie, des « ressources numériques ». Ceci confirme d'ailleurs l'importance que Sarah accorde à ses échanges avec ses collègues dans son travail documentaire en ce sens que « collègues » apparaissent à plusieurs endroits dans cette RSSR tantôt à travers les ressources et tantôt à travers des contacts directs. Par une flèche à double sens qui part de « contacts collègues » et arrive vers « TP », Sarah indique que ses interactions collectives avec ses collègues participent à la conception de ses TP, mais également à la révision du TP après sa mise en œuvre en classe : « alors les contacts collègues, là il va y avoir un aller-retour c'est-à-dire qui servent à faire le TP et qui servent aussi à évaluer le TP, c'est une flèche dans les deux sens, c'est important, évaluer le TP après coup, c'est-à-dire le retour » (EG). Ceci nous donne donc à voir que le travail collectif de Sarah avec ses collègues intervient au niveau de deux étapes du cycle de vie d'un document : la conception de la ressource-fille et la révision de cette ressource-fille après usage en classe. Sarah considère d'ailleurs que son travail collectif est une activité liée à son enseignement, c'est ce qui explique la place du « travail collectif » dans ce qu'elle appelle dans sa RSSR « activités d'enseignement » : « le travail collectif c'est-à-dire l'évolution des ressources, le travail collectif c'est ça essentiellement puisqu'on discute des ressources. Le travail collectif c'est une activité liée à mon enseignement » (EG). Nous inférons donc de la réponse de Sarah qu'elle considère le travail collectif comme un appui pour faire évoluer ses ressources tant au moment de la conception qu'au moment qui suit la mise en œuvre de ces ressources pour alimenter celles-ci des effets observés.

Comme le note Sarah sur sa RSSR, ses « *ressources numériques* » contiennent les ressources de ses collègues du lycée qu'elle récupère sur un site à travers lequel Sarah et ses collègues mutualisent leurs ressources (§ 6.2.1), mais aussi les ressources qui sont mises en commun par des échanges de mails à travers des allers-retours entre Sarah et ses collègues lors de la conception de ressources-filles. Il s'agit en l'occurrence d'échanger et de discuter des versions intermédiaires d'une ressource-fille afin d'aboutir à une version finale qui sera mise en œuvre en classe. Ceci appuie davantage l'idée que le travail collectif de Sarah avec ses collègues du lycée intervient au niveau de la conception de ses ressources-filles. Par ailleurs, outre les ressources de ses collègues, Sarah précise que ses « *ressources numériques* » renferment des ressources récupérées sur Internet, ses archives et ce qu'elle appelle des « *disques didactiques* » qui consistent principalement en des simulateurs. Par des flèches qui partent de « *ressources numériques* » et arrivent vers toutes les « *activités d'enseignement* » figurant sur sa RSSR, Sarah illustre que l'ensemble de ses ressources numériques alimentent la conception de ses TP, de ses cours, mais aussi la mise en place d'un travail collectif avec ses collègues. Comme elle le mentionne, ses « documents glanés » font partie de ses ressources numériques et depuis l'arrivée du nouveau programme, elle s'attache à les classer de façon plus systématique.

Par ailleurs, Sarah pointe sur sa RSSR les ressources qu'elle mobilise pour élaborer des ressources-filles basées sur les DI qui sont principalement des TP. Par un tiret de couleur rouge qui désigne les TP basés sur les DI, Sarah indique qu'elle utilise essentiellement les ressources de ses collègues pour la conception et la mise en œuvre des DI. Ceci corrobore d'ailleurs ses propos lors de l'entretien général lorsqu'elle a considéré ses échanges avec ses collègues comme étant la ressource la plus importante pour organiser son enseignement.

Ainsi, l'analyse de l'entretien général, de la visite guidée des ressources et de la RSSR met en évidence la variété des ressources auquel le travail documentaire de Sarah s'alimente. La composition de ces ressources semble porter la trace d'échanges multiples. Les ressources provenant des collègues du lycée de Sarah et ses échanges avec eux constituent le *cœur* de son système de ressources, ils semblent constituer une ressource majeure en particulier pour la conception et la mise en œuvre de ses ressources-filles fondées sur les DI. Il apparaît d'ailleurs que le système de ressources de Sarah est fortement nourri et réorganisé par son travail collectif avec ses collègues ; ce travail semble intervenir à la fois au niveau de la conception et de la révision de la ressource-fille après sa mise en œuvre en classe.

6.2. Analyse des systèmes d'activité de Sarah

Nous présentons dans cette partie l'analyse des systèmes d'activité de Sarah. Pour ce faire, nous exploitons différents outils méthodologiques que nous croisons entre eux : l'entretien général (EG), la représentation schématique du travail collectif (RSTC), le journal d'interactions (JI) et l'entretien portant sur les données renseignées dans le JI (EJI) ainsi que notre observation du travail collectif de Sarah au sein de la communauté de son lycée.

Dans un premier temps, nous explicitons les systèmes d'activité de Sarah à travers le croisement de l'analyse de l'entretien général et de l'observation du travail collectif (§ 6.2.1). Dans un second temps, nous nous attachons à analyser plus finement ces systèmes à travers le traitement des données de la RSTC et du JI (§ 6.2.2). Bien entendu, nous croisons ces analyses avec celles qui les précèdent. Enfin, nous analysons l'impact des interactions collectives de Sarah sur sa documentation en nous basant sur l'entretien général et l'entretien portant sur le JI (§ 6.2.3).

6.2.1. Systèmes d'activité de Sarah : croisement de l'analyse de l'entretien général et de l'observation du travail collectif

Nous présentons ici l'analyse des systèmes d'activité de Sarah que nous avons identifiés à travers le traitement des données de l'entretien général que nous avons conduit avec Sarah et de notre observation de son travail collectif. Plus précisément encore, nous nous attachons à croiser ce que dit Sarah et ce que nous avons observé au cours de son travail collectif au sein de la communauté de son lycée.

Comme nous venons de le montrer, le système de ressources de Sarah comporte une diversité de ressources dont la composition est marquée par des interactions collectives avec ses collègues (§ 6.1). L'analyse de l'entretien général montre que ces interactions ont lieu essentiellement au sein de la communauté de ses collègues de SPC du lycée. Celle-ci est formée de cinq enseignants dont Sarah.

Les échanges de Sarah avec ses collègues se font à travers des échanges de mails, des discussions informelles au laboratoire ou au cours de réunions formelles. Celles-ci se déroulent une fois par période, une période étant relative à l'intervalle de temps situé entre deux vacances scolaires. Notre observation de certaines de ces réunions révèle que celles-ci sont l'objet de discussions entre Sarah et ses collègues sur la progression de leur enseignement et plus particulièrement des TP. En effet, nous avons repéré qu'au cours de ces réunions, les enseignants construisent un planning de leurs TP et discutent du contenu et des objectifs visés dans chaque TP ; un plan approximatif et une mise au point de la démarche choisie (DI ou non) dans chaque TP sont, de ce fait, élaborés. Cette discussion s'appuie sur des ressources que ces enseignants mobilisent au cours de ces réunions, en particulier les manuels scolaires, leurs ressources anciennes et le classeur du laboratoire qui contient tous les TP que ces enseignants ont déjà mis en œuvre au cours des années précédentes ainsi que le programme officiel de SPC afin de repérer les notions à étudier, les connaissances et les capacités et attitudes visées pour chaque thème d'enseignement. En outre, une discussion aura lieu entre ces enseignants sur la progression des séances de cours qui seront mises en relation avec les séances de TP. Ainsi, tout ceci nous permet d'inférer que ces réunions sont un lieu où une ébauche des ressources-filles commence à émerger ; en d'autres mots, ces réunions s'avèrent une source d'*épanouissement* des *germes* des ressources-filles.

Plus précisément encore, nous avons repéré que, lors de ces réunions, une *division du travail* (§ 2.4.3) entre ces enseignants est également mise en place : pour chaque TP, un enseignant dit « référent » est choisi ; cet enseignant est responsable de la conception de ce TP tout en tenant compte des discussions qu'il a eues avec ses collègues et des propositions

élaborées lors des réunions. Avec le référent, un autre enseignant est aussi choisi pour accompagner le processus de conception du TP. Cet enseignant se charge de suivre de plus près l'élaboration du TP et échange avec le référent : un travail d'aller-retour de versions intermédiaires du TP entre cet enseignant et le référent a lieu jusqu'à aboutir à une version finale du TP qui prend en compte les propositions de modifications que cet enseignant suggère au référent, mais aussi celles qui ont été discutées avec les autres collègues. Une fois la version finale du TP est élaborée, elle sera envoyée à tous les collègues pour être mise en œuvre en classe avec les élèves au cours de la même semaine. Tous les enseignants de la communauté des collègues de SPC de Sarah font donc les mêmes TP. Ainsi, nous pouvons inférer que le germe d'une ressource-fille, qui a émergé au cours des réunions, se développe ensuite à travers le travail collectif du référent avec ses collègues. Il est intéressant, cependant, de noter que le choix du référent ne s'impose pas aux enseignants, mais il se fait à travers une discussion collective au cours des réunions où chaque enseignant précise les TP qu'il veut concevoir en tant que référent et un ou plusieurs enseignants proposent de collaborer avec lui tout au long de ce processus de conception ; d'ailleurs, le nom du référent de chaque TP sera marqué dans le planning des TP. Par conséquent, notre suivi du travail collectif de Sarah au sein de la communauté de ses collègues de SPC du lycée nous permet d'inférer une *règle* régissant les interactions collectives au sein de cette communauté et qui consiste à élaborer une progression commune des TP et à choisir un enseignant référent pour chaque TP.

La façon dont le travail est organisé au sein de cette communauté nous permet de constater que le travail collectif de Sarah avec ses collègues intervient fortement au niveau de la conception de ses ressources-filles. Cependant, comme nous pouvons inférer de la réponse de Sarah, ce travail intervient également au niveau de la révision de la ressource-fille après sa mise en œuvre en classe : *« après la mise en œuvre du TP, alors l'évaluation du TP se fait de façon très informelle, disons qu'on est chacun responsable d'un TP. Donc effectivement quand on finit le TP, on a forcément une idée de comment ça s'est passé, ce qu'on a aimé, ce qu'on n'a pas aimé et en général, on va voir la personne référent en lui disant j'ai trouvé que c'était long, j'ai trouvé cette partie là super, les élèves étaient intéressés ou ils avaient des difficultés. Voilà donc effectivement c'est informel, mais c'est le fait d'avoir une personne référent, quelqu'un qui s'occupe vraiment du TP, c'est elle qui va prendre tous les ressentis quoi »* (EG). Donc c'est avec le référent de chaque ressource-fille que les enseignants révisent la ressource-fille qui a été mise en œuvre, et discutent du travail des élèves. C'est effectivement le référent qui prend alors en charge le processus de développement de la ressource-fille depuis sa conception jusqu'à sa révision après usage pour la nourrir des effets observés et du retour des différents collègues. Mais comme nous l'avons remarqué, ce n'est pas le référent qui s'en occupe tout seul, ses collègues collaborent aussi avec lui tant au niveau de la conception de ressource-fille, qui s'amorce lors des réunions générant le germe de cette ressource-fille, qu'au niveau de la révision de cette ressource-fille après sa mise en place en classe. Ceci nous permet également d'inférer une *règle* qui régit les interactions collectives de Sarah au sein de la communauté de ses collègues du lycée et qui consiste à discuter sur le travail des élèves après la mise en œuvre de la ressource-fille.

D'ailleurs, ce que relate Sarah de son expérience de référent pour la conception d'une ressource-fille appuie nos inférences relativement aux règles et à la division au sein de cette

communauté, mais aussi aux modalités d'intervention du travail collectif au niveau des étapes du cycle de vie d'un document : « *par exemple le TP fibroscopie c'était moi le référent, j'en ai parlé plusieurs fois avec mes collègues, j'ai essayé des manipes, j'avais à chaque fois des retours de mes collègues. Puis finalement avant une semaine du TP, j'avais proposé un document qui me paraissait presque finalisé quoi, les collègues m'ont envoyé leurs retours et en fonction de ça j'ai revu un petit peu mon document et puis ça se termine comme ça. Ensuite, il reste la fin de l'évaluation c'est-à-dire après le TP, on voit comment ça s'est fonctionné avec moi et avec les collègues et à ce moment là, on essaye de regarder, on va essayer de modifier quoi en fonction des impressions des uns et des autres* » (EG). Soulignons que l'analyse de la RSSR corrobore aussi nos inférences quant aux étapes du cycle de vie d'un document dans lesquelles intervient le travail collectif de Sarah avec ses collègues (§ 6.1). Ainsi, notre suivi de Sarah au sein de cette communauté nous a permis d'inférer l'existence d'un travail collectif fort entre les membres de cette communauté en ce sens que tous les enseignants font les mêmes TP au cours de la même semaine et que, encore plus, ils conçoivent collectivement ces TP.

Par ailleurs, les enseignants de cette communauté ont mis en place un site box.net afin de mutualiser leurs ressources, ceci a été également repéré à travers l'analyse de la RSSR de Sarah (§ 6.1). Il s'agit précisément d'un site où les enseignants déposent en ligne leurs ressources qui seront alors mises en partage par la communauté. Ce site, qui constitue un outil de cette communauté, est donc un répertoire de ressources qui traduit l'intérêt fort des enseignants de cette communauté pour l'utilisation et le développement de ressources communes ; il témoigne, de fait, de la richesse du travail collectif. Sarah souligne d'ailleurs que ses collègues mettent en commun leurs ressources de façon systématique sur ce site et que, pour sa part, elle propose également des ressources : « *on n'est pas obligé d'envoyer un mail à quelqu'un, on met nos ressources et puis ensuite c'est à disposition de tous les collègues, on va voir les documents, ça permet d'aller vachement plus vite d'avoir un support. Donc en fait ça donne des idées quoi, donc moi je mets mes documents, ce que je fais, et je vais aller voir aussi les documents de mes collègues. On met nos TP, nos fiches d'activité de cours et les DS [devoirs surveillés]* » (EG). Ceci montre que la frontière entre le système de ressources de Sarah et celui de ses collègues s'estompe. De ce fait, nous pouvons parler d'une *circulation continue* de ressources entre les systèmes de ressources. Ceci traduit également une *règle* suivie par les enseignants de cette communauté et qui consiste à échanger leurs ressources pour que chacun puisse y avoir accès.

Ainsi, les règles de la communauté, la division du travail et la mise en place d'un outil, à savoir le site, nous permettent de relever que le *style de pensée* porté par cette communauté semble « ouvert » et étroitement attaché au travail collectif. En effet, notre année de suivi de Sarah correspond effectivement à la première année de son enseignement dans ce lycée, ou en d'autres mots c'est la première année de son engagement dans un travail collectif au sein de cette communauté. L'année précédente, Sarah enseignait dans un autre lycée et se trouvait donc en contact avec une autre communauté. D'ailleurs, au cours de son expérience professionnelle, Sarah a travaillé dans quatre lycées, donc elle a connu une diversité de communautés dont chacune, comme elle le mentionne, « *a son identité* » (EG). Cependant, la particularité de la nouvelle communauté à l'intérieur de laquelle nous avons suivi la documentation de Sarah repose, comme elle le précise, sur l'existence d'un travail collectif fort et sur un grand intérêt porté vis-à-vis de la mise en place des DI : « *dans le lycée où j'étais avant, on échangeait très peu, chacun faisait sa sauce dans son coin, mais il y avait pas du tout*

d'échanges sur le travail, c'était vraiment très individuel. Dans le lycée où je suis actuellement, il y a plus une mise en commun et ça fait plus réfléchir, il y a un travail d'équipe qui est très fort je trouve, c'est-à-dire le fait de faire tous les même TP, ça m'est jamais arrivé, moi je faisais toujours mes TP et puis chacun faisait son TP. Alors on faisait des TP qui étaient comparables mais il n'y avait pas cette contrainte là de faire tous la même semaine le même TP. Donc ça c'est vraiment une nouveauté pour moi, j'ai jamais vu ça. Je trouve aussi que mes collègues sont très ouverts justement sur la démarche d'investigation, donc ça c'est aussi une nouveauté pour moi. L'année dernière j'étais dans un lycée où c'était pas du tout l'esprit, on ne parlait pas du tout de démarche d'investigation, on faisait des TP, enfin les collègues et puis moi du coup je faisais comme eux aussi, je faisais des TP classiques un peu à l'ancienne. Là c'est la première année que je mets en œuvre des démarches d'investigation, je trouve que là les collègues sont vachement intéressés et ouverts aux démarches d'investigation, ils ont envie d'essayer, donc voilà c'est ça la nouveauté pour moi » (EG). Ceci appuie davantage l'inférence que nous venons d'avancer quant au style de pensée de la communauté des enseignants de SPC du lycée dans lequel Sarah enseigne actuellement, mais nous permet aussi d'inférer une autre caractéristique de ce style de pensée qui se manifeste par une tendance forte à mettre en place des DI.

Plus précisément encore, ceci nous permet de constater que le style de pensée de la communauté influence la mise en place des DI. Il apparaît que Sarah a commencé cette année à mettre en œuvre des DI parce qu'elle a fait partie d'une communauté qui s'intéresse à la pratique des DI, ce qui n'était pas le cas l'année précédente où le style de pensée de la communauté avec laquelle elle interagissait n'était pas du tout orienté vers la mise en place de ce type de démarches. L'appartenance à une communauté ayant un style de pensée « ouvert » à la mise en place des DI semble, de ce fait, un facteur déterminant dans l'implémentation des DI par Sarah. L'évolution de la pratique de Sarah tournée vers les DI est donc fortement induite par son travail collectif au sein de la communauté de son lycée, elle est étroitement liée au style de pensée porté par cette communauté. D'ailleurs, si l'on revient au cas de Lucien dans le chapitre précédent, nous avons pu mettre en évidence une évolution de sa documentation, dans la perspective des DI, due en grande partie à ses interactions collectives avec la communauté GFEN et au poids que cette communauté et son style de pensée ont pris dans sa documentation. Or nous avons vu que le style de pensée du GFEN était fondé sur la notion et la pratique de démarches d'auto-socio-construction, démarches qui, comme nous l'avons montré, vont dans le sens des DI. Dans nos analyses de l'étude de cas de Lucien, nous avons plus particulièrement interprété son développement professionnel tourné vers les DI comme une conséquence de son travail collectif au sein de la communauté de son lycée et de celle du GFEN. L'étude de cas de Sarah vient ici pour confirmer ce résultat, mais aussi pour l'éclairer davantage et l'affiner en lui donnant une autre forme qui met, encore plus, l'accent sur le style de pensée de la communauté vis-à-vis des DI : c'est parce que la communauté du GFEN est une communauté particulière « ouverte » aux DI et structurée par une compréhension profonde des DI et c'est parce que le style de pensée de la communauté du lycée de Lucien est entré en interférence avec celui du GFEN à l'égard des DI, que Lucien s'est approprié le style de pensée du GFEN et qu'il a développé sa pratique dans la perspective de DI.

Ainsi, dans les deux études de cas, la communauté apparaît comme un appui pour le développement des DI, mais l'étude de Sarah met davantage en lumière l'impact du style de

pensée de la communauté : il semble crucial de tenir compte de ce style de pensée comme un facteur qui conditionne la mise en place des DI et par conséquent l'évolution de la documentation des enseignants dans la perspective de DI. L'implémentation des DI semble ainsi soumise au style de pensée relatif aux DI et dominant dans la communauté.

6.2.2. Systèmes d'activité de Sarah repérés à travers l'analyse de la RSTC et du journal d'interactions

Il s'agit ici d'analyser plus finement les systèmes d'activités de Sarah à travers l'analyse de la représentation schématique du travail collectif (RSTC) qu'elle a tracée au cours de l'entretien général et de son journal d'interactions (JI) qu'elle a renseigné pendant six mois (voir le JI de Sarah dans l'annexe 19). Nous nous attachons à croiser les données issues de ces deux outils méthodologiques. Nous commençons d'abord par l'analyse de la RSTC et nous explicitons ensuite les systèmes d'activité repérés à travers l'analyse du JI.

Analyse de la RSTC

L'analyse de la RSTC de Sarah nous donne à voir les interactions collectives de Sarah avec la communauté de ses collègues de SPC du lycée (Figure 81). Plus qu'une description du travail collectif, cette RSTC révèle la nature des échanges de Sarah avec chacun de ses collègues d'une part, et plus généralement avec l'ensemble de la communauté, d'autre part. Elle met également en évidence les différents types d'activité qui motivent ces échanges, mais aussi ce qui en découle.

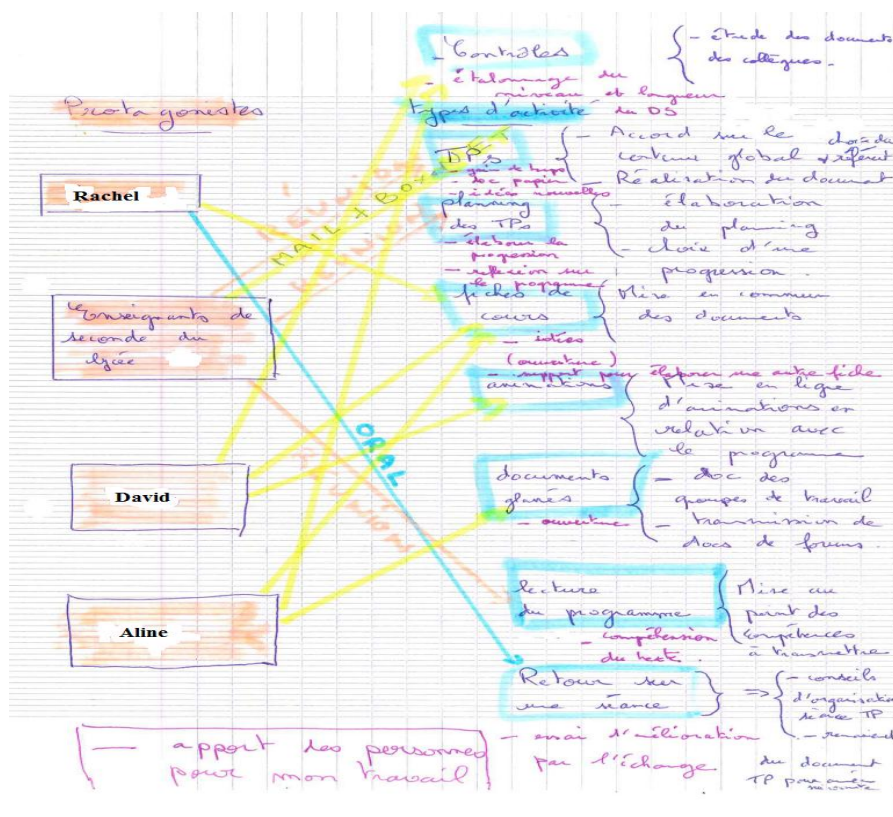


Figure 81. RSTC de Sarah (les noms des enseignants désignés par Sarah sur cette RSTC ont été changés pour conserver l'anonymat)

Nous repérons d'abord sur cette RSTC quatre protagonistes avec lesquelles Sarah interagit. Il s'agit de ses collègues de SPC du lycée : Rachel, David et Aline et plus globalement de la communauté dont ces enseignants et une autre collègue, Hélène, qui n'apparaît pas explicitement sur cette RSTC, font partie (la communauté des collègues de SPC de Sarah étant formée de cinq enseignants dont Sarah). D'ailleurs, en traçant le dessin, Sarah signale qu'elle entretient des relations de travail fortes avec deux de ses collègues : Rachel et Aline. Par des flèches de couleur différente, Sarah précise sur sa RSTC les modalités d'échanges avec ces protagonistes : la couleur orange renvoie à des échanges qui se font à travers des réunions, la couleur jaune illustre des modalités d'échanges par mail ou via le site box.net et la couleur bleue représente les interactions orales s'inscrivant dans un contexte informel.

Bien que les interactions collectives de Sarah avec chacun de ses collègues Rachel, Aline et David soient orientées, comme le montre la RSTC, vers la mutualisation de leurs « *fiches de cours* » et de leurs « *contrôles* » à travers des échanges de mails ou une mise en commun sur le site box.net, des spécificités des interactions de Sarah avec chacun de ces enseignants apparaissent aussi sur la RSTC. Par exemple, Sarah échange à propos des animations avec son collègue David parce qu'il maîtrise, comme elle le rapporte, des outils informatiques. Avec Rachel, Sarah effectue plus particulièrement un « *retour sur une séance* » qui a lieu avant que Sarah mette en œuvre sa ressource-fille dans sa classe, ce qui lui permet d'anticiper certaines réactions des élèves et d'améliorer l'usage de sa propre ressource-fille : « *avec Rachel, c'est retour sur une séance parce que c'est elle qui fait la séance du TP juste avant moi. Moi et Rachel, on est les deux à commencer les TP et Rachel fait son TP juste avant moi. Donc c'est un retour oral, une discussion orale et ça donne lieu à des conseils d'organisation de la séance du TP et puis remaniement du TP pour l'année suivante* » (EG). Soulignons d'ailleurs que, à travers notre suivi de Sarah et nos visites fréquentes à son lycée, nous avons été témoin de ce type d'échanges entre elle et sa collègue Rachel.

Par ailleurs, la RSTC révèle que les interactions collectives de Sarah avec Aline alimentent son système de ressources, en particulier ses « *documents glanés* » : « *alors documents glanés, c'est essentiellement Aline, elle propose beaucoup de ressources, c'est aussi par mail et box.net. Donc elle, c'est aussi des documents de groupes de travail dans lesquelles elle fait partie. Je crois qu'elle est aussi dans un forum de sciences physiques et chimiques, elle reçoit des trucs et elle nous les envoie quand c'est intéressant, donc voilà transmission aussi de documents de forums* » (EG). Donc nous repérons ici un rôle particulier joué par Aline à l'intérieur de la communauté de ses collègues du lycée qui influe sur le système de ressources de Sarah et plus largement sur le répertoire de ressources communes mises en partage par cette communauté : du fait de son appartenance à diverses communautés, Aline est une source de liaison « *implicite* » entre ces communautés à travers les ressources en ce sens qu'elle transfère des ressources des communautés extérieures à son lycée à celle de son lycée. Sarah « *glane* » alors les ressources proposées par Aline qui constituent, comme elle le souligne, des pistes, une ouverture et un support pour l'élaboration d'autres ressources-filles.

Comme nous pouvons le remarquer sur la RSTC, Sarah discute au cours des réunions avec la communauté de ses collègues de SPC du lycée du « *planning des TP* » où il s'agit d'élaborer collectivement un planning et une progression commune et de réfléchir sur les

contenus et les objectifs visés dans chaque séance de TP. Cette réflexion suppose une « *lecture du programme* » qui s'effectue aussi lors des réunions dans le but de mettre au point les notions à transmettre et les capacités et attitudes visées. Comme l'illustre Sarah sur sa RSTC, il en résulte un accord sur le contenu global des « *TP* » et une organisation du travail qui réside dans le choix du référent en vue de concevoir des ressources-filles. Ceci appuie davantage l'idée que les germes des ressources-filles émanent des réunions de Sarah avec ses collègues (§ 6.2.1). Une fois élaborées, ces ressources-filles seront mises en commun sur le site box.net et envoyées par mail aux autres collègues.

Ainsi, ce que Sarah illustre dans sa RSTC correspond tout à fait à ce que nous avons observé concrètement au cours de son travail collectif au sein de la communauté de ses collègues de SPC du lycée (§ 6.2.1). Ceci étaye d'ailleurs les règles que nous avons inférées et qui régissent les interactions de Sarah à l'intérieur de cette communauté, en particulier la règle qui consiste à élaborer une progression commune des TP et à choisir un enseignant référent pour chaque TP ainsi que la règle qui consiste à échanger des ressources pour que chaque enseignant de cette communauté puisse y avoir accès (§ 6.2.1). En outre, cette RSTC semble confirmer le fait que le travail collectif de Sarah avec ses collègues intervient considérablement au niveau de la conception de ses ressources-filles. Plus encore, le nombre important des flèches de couleur jaune, qui partent de chaque protagoniste avec lequel Sarah interagit et touchent différents types d'activités, renforce nos inférences quant à la circulation continue des ressources et la très forte interaction entre le système de ressources de Sarah et ceux de ses collègues (§ 6.2.1). Cette interaction est, comme l'atteste la RSTC, largement appuyée par la mise en commun des ressources sur le site box.net. Nous qualifions ainsi d'*osmose* (§ 5.1.2) cette profonde interaction repérée entre les systèmes de ressources.

Analyse du JI

L'analyse du JI renseigné par Sarah nous donne à voir ses échanges avec plusieurs personnes ou communautés dans la perspective de DI. Il s'agit dans cette section d'explicitier les interactions collectives de Sarah en nous basant sur la méthodologie d'analyse du JI que nous avons développée (§ 3.4.4). Rappelons que, suivant cette méthodologie, nous nous attachons à mettre à l'épreuve les critères d'analyse du JI, qui ont été identifiés à travers le dépouillement du JI de Lucien, sur les données renseignées dans le JI de Sarah. De ce fait, nous considérons que l'existence des critères d'analyse communs qui s'appliquent à la fois aux données rapportées dans le JI de Lucien et de celui de Sarah reflète bien des caractéristiques communes des systèmes d'activité de ces deux enseignants au sein des communautés avec lesquelles ils interagissent. En revanche, les nouveaux critères qui vont émerger de l'analyse du JI de Sarah marquent une spécificité des systèmes d'activité de cette enseignante par rapport à ceux de Lucien.

Le sous-système « sujet-communauté-objet »

En nous appuyant sur la méthodologie d'analyse du JI (§ 3.4.4), nous présentons ici l'analyse du sous-système « sujet-communauté-objet » (Sarah étant le sujet) à partir des données renseignées dans le JI. Dans un premier temps, seront identifiées les personnes ou les

communautés avec lesquelles Sarah a interagi pendant six mois. Dans un second temps, seront explicités les *objets* vers lesquels est orientée l'activité de Sarah.

Les communautés ou les personnes avec lesquelles Sarah interagit

Comme nous avons procédé dans l'analyse du JI de Lucien (§ 5.2.2), il s'agit d'abord dans une première analyse du JI de Sarah de s'appuyer sur les personnes ou les groupes qu'elle note dans son JI. Nous partons ensuite de cette structure vers l'identification des communautés ; nous regroupons de fait plusieurs personnes que Sarah distingue dans son JI au sein d'une communauté particulière.

L'analyse du JI met en évidence un fort degré d'interactions de Sarah avec sa collègue Rachel (10 interactions correspondant à des échanges avec Rachel toute seule), puis simultanément avec tous les collègues de SPC du lycée de Sarah : Rachel, Aline, David et Hélène (6 interactions identifiées). Nous repérons aussi des interactions de Sarah avec les laborantines (3 interactions), puis avec Aline toute seule (2 interactions), David tout seul (2 interactions) et enfin avec Hélène toute seule (1 interaction) (Figure 82). Aucune interaction n'a été identifiée avec des enseignants ou des groupes en dehors de son lycée, ceci n'est pas surprenant dans la mesure où Sarah a déclaré au cours de l'entretien général que ses interactions collectives se font principalement avec ses collègues du lycée (§ 6.2.1). L'essentiel de son travail collectif s'effectue donc à l'intérieur de la communauté de son lycée.

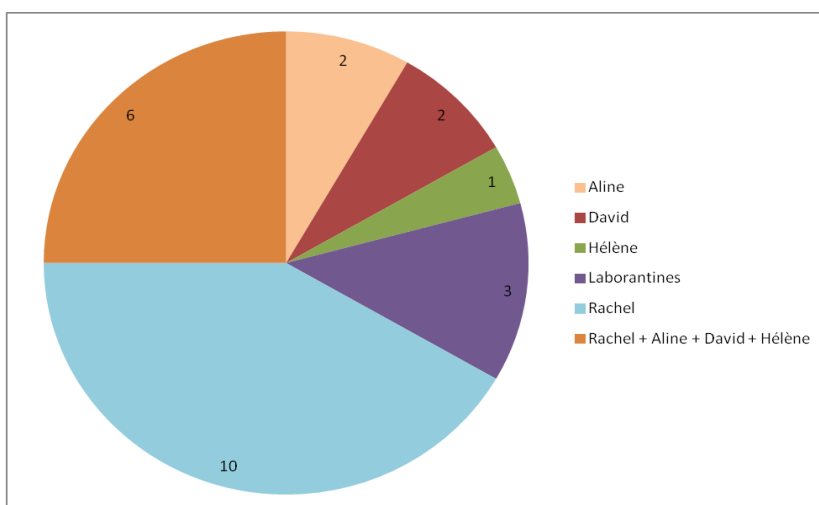


Figure 82. Nombre d'interactions de Sarah avec chaque communauté ou personne pendant six mois

Donc au niveau de ses interactions collectives avec ses collègues du lycée pendant les six mois renseignés dans le JI, nous relevons que Sarah interagit le plus souvent avec sa collègue Rachel. Nous pourrions expliquer ceci par deux raisons. D'une part, la RSTC de Sarah nous a donné à voir une particularité des échanges de Sarah avec Rachel qui réside dans le retour et la discussion sur les séances avant la mise en œuvre par Sarah de la ressource-fille dans sa classe, ce qui pourrait alors donner lieu à des interactions fréquentes entre ces deux enseignantes. D'autre part, nous repérons que les interactions de Sarah avec Rachel notées dans le JI correspondent précisément au moment de la conception et de la mise en œuvre d'une séquence que nous avons observée en classe (§ 6. 3) et qui se rapporte au thème de la

quantité de matière, en particulier à la réaction chimique. Or pour la préparation des ressources-filles de cette séquence, Sarah était choisie comme référent et Rachel jouait le rôle de l'enseignant qui collabore avec Sarah et suit de près la conception des ressources-filles à travers des échanges et des allers-retours de versions intermédiaires, ce qui peut donc expliquer ce fort degré d'interactions avec Rachel repéré dans le JI. D'ailleurs, comme nous avons suivi l'élaboration de cette séquence et observé sa mise en œuvre en classe, nous étions en copie de tous les échanges de mail entre Sarah et Rachel concernant la préparation de cette séquence, ce qui permet aussi d'étayer les données renseignées par Sarah dans son JI.

Tout ce qui précède nous a permis de repérer les enseignants avec lesquels Sarah a interagi pendant six mois, mais il rend également possible de regrouper plusieurs personnes au sein d'une communauté spécifique : Rachel, Aline, David et Hélène sont les collègues de SPC du lycée de Sarah, donc nous nous proposons de regrouper chacun de ces enseignants dans une seule communauté que nous nommons « communauté collègues du lycée » (donc quand Sarah interagit avec un ou plusieurs de ces enseignants, nous considérons que la communauté en jeu est « collègues du lycée »). Nous proposons également de regrouper les laborantines au sein d'une communauté que nous désignons par « communauté personnel du laboratoire ». Celle-ci est donc spécifique du système d'activité de Sarah au laboratoire.

Nous identifions donc deux communautés que nous présentons dans la Figure 83 (voir ci-dessous) avec le degré d'interactions de Sarah avec chacune au cours de six mois. Il est tout à fait logique de voir sur cette figure que les interactions de Sarah avec la communauté de ses collègues du lycée sont beaucoup plus nombreuses.

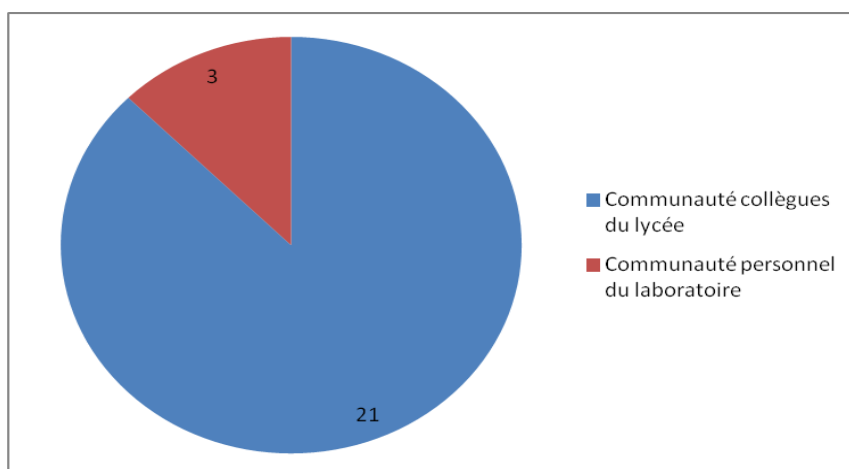


Figure 83. Les différentes communautés identifiées avec lesquelles Sarah a interagi pendant six mois

Objets des interactions collectives de Sarah au sein des communautés identifiées

Nous présentons ici les objets vers lesquels est orientée l'activité de Sarah au sein des communautés que nous avons identifiées. Certains objets que nous allons repérer ont été identifiés suivant notre méthodologie d'analyse (§ 3.4.4) à partir du dépouillement du JI de Lucien ; de ce fait, ils sont communs aux systèmes d'activité de Sarah et Lucien. Les autres objets qui ne figurent pas dans les critères d'analyse présents dans cette méthodologie et que nous allons inférer à partir de l'analyse du JI de Sarah sont donc spécifiques des systèmes d'activité de cette enseignante.

Dans un premier temps, nous présentons les différents objets que nous avons identifiés à partir des données renseignées par Sarah dans son JI. Dans un deuxième temps, nous mettons ces objets en relation avec les deux communautés avec lesquelles Sarah interagit et nous distinguons ensuite au sein de ces communautés les personnes avec lesquelles Sarah a échangé en vue d'atteindre ces objets. Rappelons que toutes les données renseignées dans le JI concernent plus particulièrement les DI, ce qui signifie que tous les objets repérés sont liés aux DI.

Deux principaux objets vers lesquels Sarah dirige son activité apparaissent à travers l'analyse du JI. Il s'agit de la production de ressources-filles (O1) et de la réflexion sur l'activité des élèves (O4) ; ces objets semblent donc constituer un aspect collectif crucial du travail documentaire de Sarah. D'autres objets ont été également identifiés : la réflexion sur une démarche d'enseignement d'un thème donné (O3), la mise au point du contenu et des objectifs visés des TP (O8) et la mise au point du dispositif expérimental des TP (O9) ; ces objets semblent aussi des éléments importants des interactions de Sarah avec ses collègues. En outre, un autre objet a été repéré à travers l'analyse du JI de Sarah, à savoir l'échange de ressources (O6).

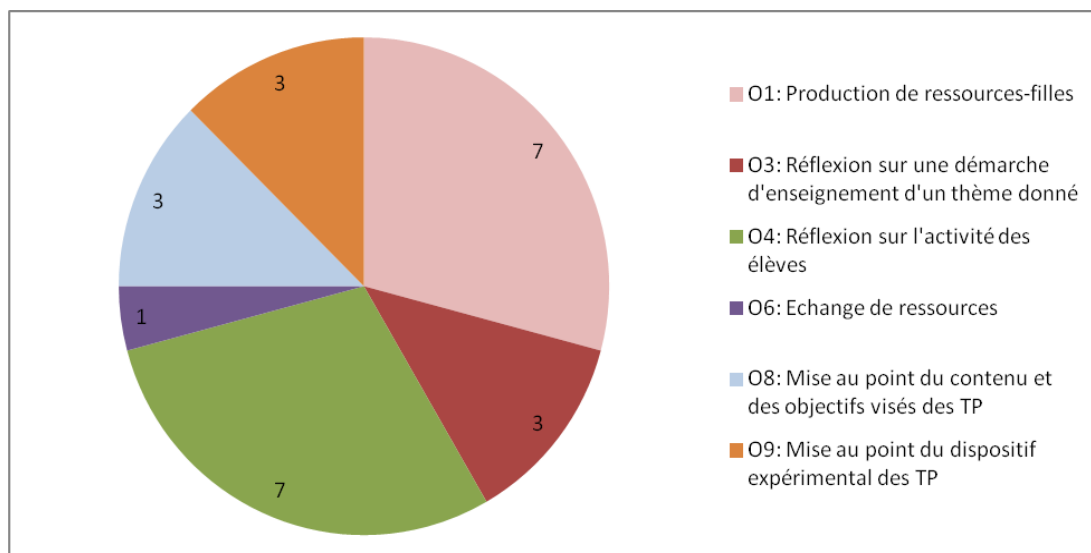


Figure 84. Les objets repérés et leur fréquence sur les six mois

Par ailleurs, dans la Figure 85, nous montrons les communautés avec lesquelles Sarah interagit en vue d'atteindre chacun des objets identifiés. Nous inférons que les objets O1, O3, O4, O6 et O8 concernent les interactions de Sarah avec la communauté de ses collègues de SPC du lycée. En revanche, pour mettre au point le dispositif expérimental des TP (O9), Sarah échange plus particulièrement avec la communauté formée du personnel de laboratoire. Cet objet fait donc écho au rôle du laboratoire (organiser les séances de TP de l'ensemble des classes du lycée, préparer et gérer le matériel de laboratoire, mettre au point de nouvelles expériences à proposer aux élèves). Il est donc spécifique du système d'activité de Sarah relatif à l'organisation des séances de TP.

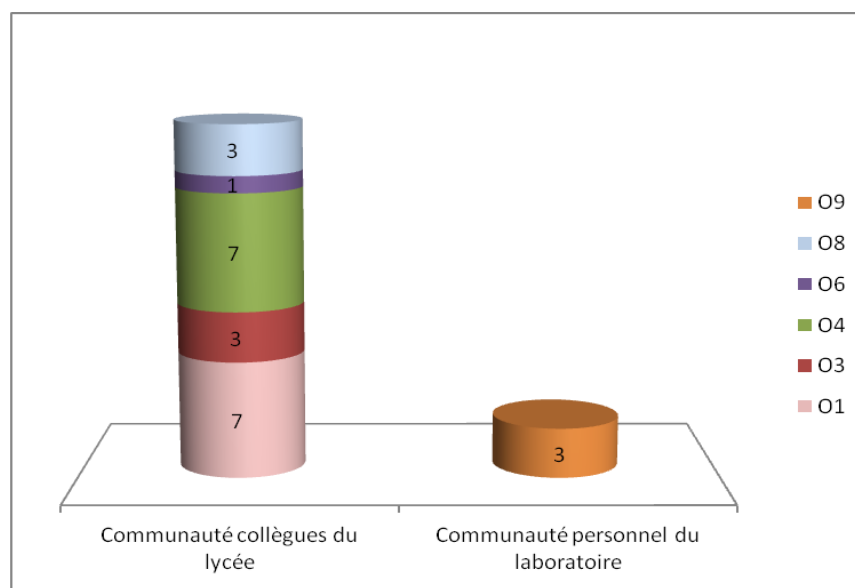


Figure 85. Communautés avec lesquelles Sarah interagit pour chaque objet repéré

Afin de mettre en relation ces objets avec les personnes faisant partie de chacune des deux communautés, nous proposons de faire un zoom à l'intérieur des communautés (Figure 86), ce qui nous permet d'approcher plus finement les interactions de Sarah, avec chacun de ses collègues, dirigées vers les objets repérés à travers l'analyse du JI.

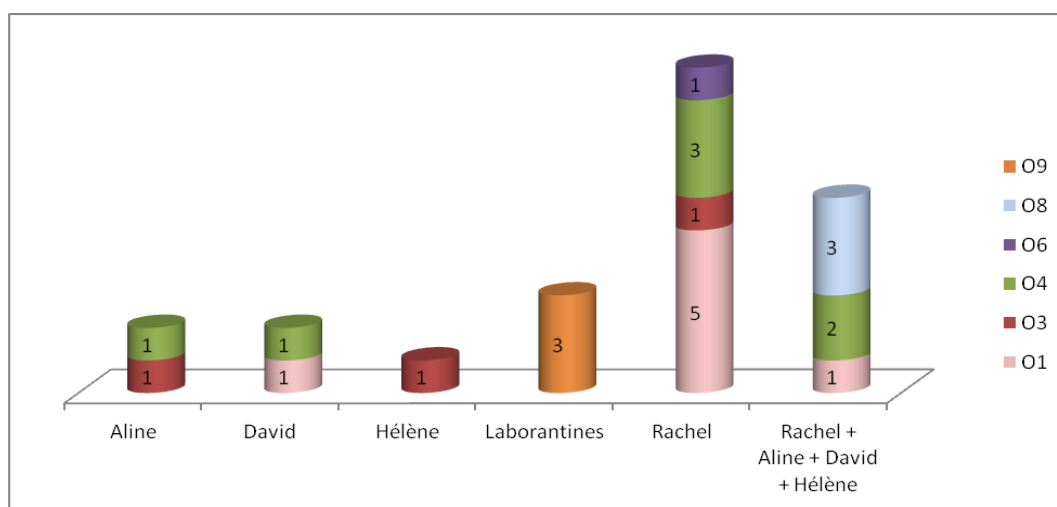


Figure 86. Zoom à l'intérieur des communautés et interactions de Sarah avec les personnes pour les objets repérés

Nous remarquons d'après la Figure 86 que, pour mettre au point le contenu et les objectifs visés des TP (O8), Sarah interagit simultanément avec tous ses collègues de SPC du lycée : Rachel, Aline, David et Hélène. Ceci a lieu au cours des réunions où il est aussi question d'élaborer un planning des TP et une progression commune. D'ailleurs, ceci a été mis en évidence dans la RSTC que Sarah a tracée, mais aussi à travers notre observation de son travail collectif au cours de ces réunions. Nous repérons également que, pour mener une réflexion sur l'activité des élèves (O4), Sarah échange en même temps avec tous ses collègues de SPC du lycée, mais aussi avec chacun d'eux de façon individuelle. Ceci reflète bien l'importance de cet objet vers lequel Sarah oriente son activité. Or comme cette réflexion s'effectue après la mise en œuvre de la ressource-fille en classe où il s'agit pour Sarah et ses

collègues de discuter sur cette mise en œuvre et sur le retour des élèves, nous pouvons donc en inférer que le travail collectif de Sarah intervient au niveau de la révision de la ressource-fille après usage. Par ailleurs, comme nous pouvons le voir sur la Figure 86, la production de ressources-filles (O1) implique à la fois tous les collègues de SPC de Sarah, mais semble davantage concerner les interactions collectives de Sarah avec sa collègue Rachel où nous identifions cinq fois d'échanges avec elle dans le but de concevoir des ressources-filles destinées à être mises en œuvre dans sa classe. Cette production de ressources-filles est d'ailleurs tournée vers les DI dans la mesure où toutes les données renseignées dans le JI concernent plus particulièrement les DI. Nous repérons également cet objet dans les interactions de Sarah avec David mais dans une moindre mesure (une seule fois). Nous remarquons aussi que certaines interactions collectives de Sarah avec ses collègues Rachel, Hélène et Aline se déroulent autour de la réflexion sur une démarche d'enseignement d'un thème donné (O3). Nous relevons, en outre, des interactions de Sarah avec Rachel qui se centrent sur l'échange de ressources (O6). Avec les laborantines, Sarah échange essentiellement à propos de la mise au point du dispositif expérimental (O9).

Synthèse de l'analyse du sous-système « sujet-communauté-objet »

L'analyse du JI révèle que les interactions collectives de Sarah s'effectuent essentiellement dans le cadre de son travail avec ses collègues du lycée. Deux communautés avec lesquelles Sarah interagit ont été identifiées : la première communauté est formée de ses collègues de SPC du lycée et la deuxième implique le personnel de laboratoire ; les interactions sont d'ailleurs beaucoup plus nombreuses au sein de la première communauté. Il apparaît que Sarah collabore avec tous ses collègues de SPC, mais un fort degré d'interactions a été plus particulièrement repéré avec sa collègue Rachel. Nous avons également inféré que la production de ressources-filles et la réflexion sur le travail des élèves constituent des objets essentiels des systèmes d'activité de Sarah au sein de la communauté de ses collègues de SPC du lycée. Ceci traduit bien des modalités d'intervention du travail collectif de Sarah au niveau de deux étapes du cycle de vie d'un document : la conception de ressources-filles et la révision de celles-ci après usage en classe. A ce titre, l'apport du travail collectif de Sarah est donc un *apport productif* au niveau des ressources qui touche en particulier l'élaboration voire l'évolution de ressources-filles dans la perspective de DI. Cet apport entraîne sans aucun doute une *réorganisation* du système de ressources de Sarah dans la mesure où c'est la première année qu'elle conçoit et met en œuvre dans sa classe des ressources-filles s'inscrivant dans des DI.

Plus précisément encore, comme le note Sarah dans son JI, cette production de ressources-filles dans la perspective de DI s'accompagne d'interactions collectives autour de stratégies et d'activités spécifiques qui peuvent être introduites et mises en place pour l'enseignement de contenus chimiques spécifiques. Donc il s'agit bien ici de PCK/stratégie qui sont en jeu et qui sont mobilisées et développées au cours de ces interactions. Outre l'apport de nouvelles ressources-filles tournées vers les DI, les interactions collectives de Sarah avec ses collègues, dirigées en particulier vers la réflexion sur l'activité des élèves, lui ont permis de réfléchir sur les réactions et les difficultés d'apprentissage des élèves. En effet, comme le révèle le JI de Sarah, après la mise en œuvre de ressources-filles en classe, Sarah et

ses collègues échangent à propos des difficultés des élèves qu'ils ont repérées en classe, mais aussi des modifications possibles dans ces ressources-filles en fonction des effets observés. Ceci engendre donc un développement des connaissances professionnelles de Sarah, en particulier de ses PCK/compréhension des élèves. Par conséquent, nous inférons un apport du travail collectif de Sarah au niveau de ses connaissances professionnelles ; c'est un *apport constructif* qui touche ses PCK.

Par ailleurs, l'analyse du JI de Sarah nous a permis de mettre en évidence deux nouveaux objets qui ne sont pas inclus dans les critères figurant dans la méthodologie d'analyse du JI et déterminés à partir du dépouillement du JI de Lucien (voir méthodologie d'analyse, § 3.4.4). Il s'agit de la mise au point du contenu et des objectifs visés des TP (O8) et de la mise au point du dispositif expérimental des TP (O9). Ces objets sont donc spécifiques des systèmes d'activité de Sarah et n'ont pas été identifiés comme objets vers lesquels Lucien oriente son activité au sein des communautés avec lesquelles il interagit. En revanche, l'analyse du JI de Lucien met également en évidence des objets spécifiques des systèmes d'activité de Lucien à l'intérieur des communautés dont il fait partie (§ 5.2.2) et qui ne caractérisent donc pas l'activité de Sarah. Nous avons en particulier identifié un système d'activité de Sarah au laboratoire qui est relatif à l'organisation des séances de TP et impliquant le personnel du laboratoire. Cependant, ce qui semble commun aux systèmes d'activité de Sarah et Lucien c'est le fait que la réflexion sur l'activité des élèves (O4) apparaît comme le principal objet vers lequel ces deux enseignants orientent leurs interactions au sein de leurs communautés du lycée. Nous avons d'ailleurs montré, à travers ce que nous a donné à voir l'analyse du JI de Sarah et Lucien, que leurs interactions collectives dirigées vers cet objet semblent contribuer au développement de leurs PCK. De même, la production de ressources-filles (O1), la réflexion sur une démarche d'enseignement d'un thème donné (O3) et l'échange de ressources (O6) semblent des objets communs aux systèmes d'activité de ces deux enseignants. Ainsi, l'apport du travail collectif s'est révélé pour ces deux enseignants un apport à la fois *productif* et *constructif*.

Le sous-système « sujet-communauté-règles »

Nous venons d'identifier dans la partie précédente les communautés avec lesquelles Sarah interagit. Dans cette partie, nous nous centrons sur les règles régissant les interactions de Sarah au sein de ces communautés. Certaines règles que nous allons repérer ont été identifiées suivant notre méthodologie d'analyse (§ 3.4.4) à partir du dépouillement du JI de Lucien ; de ce fait, elles sont communes aux systèmes d'activité de Sarah et Lucien. Les autres règles qui ne figurent pas dans les critères d'analyse présents dans cette méthodologie et que nous allons inférer à partir de l'analyse du JI de Sarah sont donc spécifiques des systèmes d'activité de cette enseignante.

A travers l'analyse du JI, nous avons inféré deux règles qui ont piloté les interactions collectives de Sarah pendant six mois, et ce au sein de la communauté de ses collègues de SPC du lycée (Figure 87). La première règle consiste à discuter sur le travail et les productions des élèves après la mise en œuvre de ressource-fille (Rg3). Cette règle traduit bien le fait que le travail collectif de Sarah intervient au niveau d'une étape du cycle de vie d'un document, à savoir la révision de la ressource-fille après usage en classe pour la nourrir

des effets observés et du retour des élèves. Ceci appuie davantage l'idée que la discussion sur le travail des élèves est un aspect collectif crucial du travail documentaire de Sarah. Quant à la deuxième règle, elle consiste à élaborer une progression commune des TP et à choisir l'enseignant référent pour chaque TP (Rg6). D'ailleurs, ces deux règles ont été repérées à partir de l'analyse de l'entretien général et de l'observation du travail collectif de Sarah au sein de la communauté de son lycée (§ 6.2.1), la deuxième règle étant également corroborée à travers l'analyse de la RSTC.

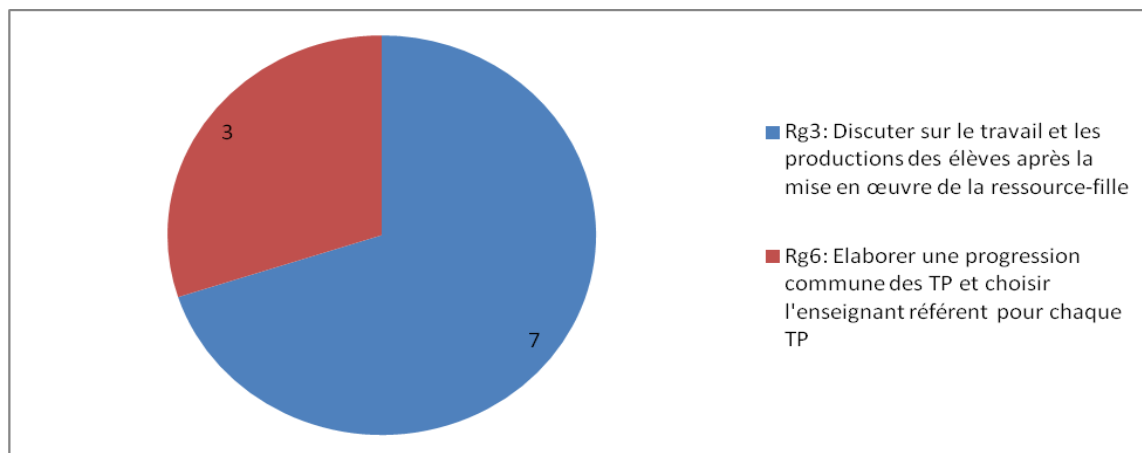


Figure 87. Les règles repérées et leur fréquence sur les six mois

Par ailleurs, l'analyse du JI de Sarah a permis de repérer une nouvelle règle qui ne fait pas partie des critères se trouvant dans la méthodologie d'analyse du JI et identifiés à partir du dépouillement du JI de Lucien (voir méthodologie d'analyse, § 3.4.4). Il s'agit de la règle qui consiste à élaborer une progression commune des TP et à choisir l'enseignant référent pour chaque TP. Donc cette règle est spécifique du système d'activité de Sarah au sein de la communauté de ses collègues de SPC du lycée. Elle est étroitement liée à la nature du travail collectif qui existe au sein de cette communauté. En revanche, l'analyse du JI de Lucien nous a également permis de mettre en évidence des règles spécifiques des systèmes d'activité de Lucien à l'intérieur des communautés avec lesquelles il interagit (§ 5.2.2) et qui ne caractérisent donc pas l'activité de Sarah au sein de la communauté de ses collègues de SPC. Cependant, la règle qui semble commune aux systèmes d'activité de Lucien et de Sarah réside dans la discussion sur le travail des élèves après la mise en œuvre de ressources-filles, ce qui montre que cette discussion constitue un aspect collectif essentiel et déterminant du travail documentaire de Lucien et de Sarah. Plus encore, ceci montre que le travail collectif de ces deux enseignants intervient au niveau de la révision de la ressource-fille après sa mise en œuvre en classe pour l'alimenter du retour des élèves.

Le sous-système « sujet-communauté-outils »

Il est question dans l'analyse de ce sous-système d'identifier les outils qui ont été employés au sein des communautés avec lesquelles Sarah a interagi pendant six mois. Rappelons que les outils qui nous intéressent ici et qui ont été demandées d'être notées dans le JI sont essentiellement les ressources.

L'analyse du JI nous donne à voir trois types de ressources utilisées par Sarah (Figure 88) : les ressources de ses collègues (R2) semblent les plus avoir été mobilisées, ensuite les ressources personnelles de Sarah (R1) et enfin les ressources provenant des productions d'élèves (R3). Ces ressources ont été plus particulièrement utilisées à l'intérieur de la communauté de ses collègues de SPC du lycée.

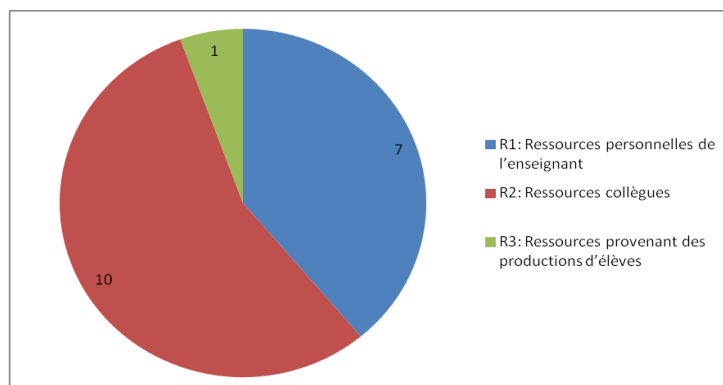


Figure 88. Les différentes ressources mobilisées et leur fréquence sur les six mois

Donc nous inférons qu'au cours de ses échanges avec ses collègues du lycée, Sarah mobilise tant ses ressources personnelles que celles de ses collègues.

Les ressources issues des interactions collectives

L'analyse du JI de Sarah met en évidence deux types de ressources qui ont été produites à l'issue de ses interactions collectives avec ses collègues (Figure 89) : des ressources-filles basées sur les DI, spécifiques d'un thème d'enseignement et à destination des élèves en classe (RP1) ainsi que des ressources fondées sur les DI, spécifiques d'un thème d'enseignement et censées être impliquées ultérieurement comme ressources-mères dans le processus de conception de ressources-filles (RP2).

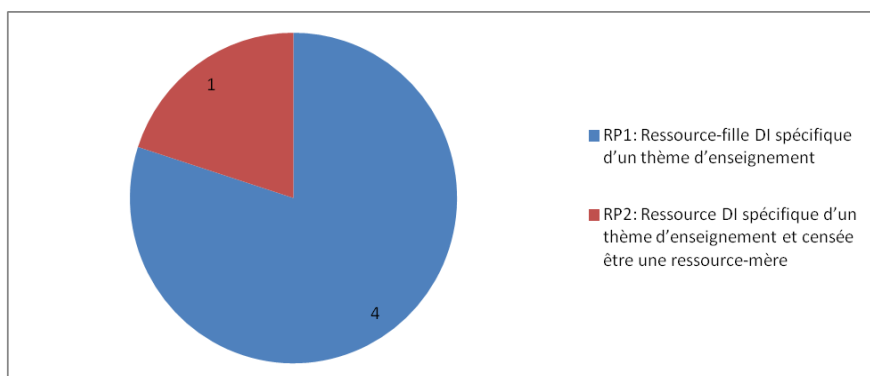


Figure 89. Les ressources produites pendant six mois

Nous constatons cependant que les ressources résultantes des interactions collectives de Sarah sont essentiellement du type RP1. Ces ressources sont issues du travail collectif de Sarah au sein de la communauté de ses collègues de SPC du lycée. Elles reflètent bien le fait que ce travail engendre une production de ressources dans la perspective de DI. Ceci appuie davantage l'idée que l'apport du travail collectif de Sarah est un apport productif.

Ainsi, à travers l'analyse du JI de Sarah, nous avons identifié les communautés avec lesquelles cette enseignante interagit, les objets, les règles, les ressources utilisées et celles issues des interactions collectives ainsi que l'apport du travail collectif pour sa propre documentation. Nous avons relevé que le travail collectif de Sarah a lieu au sein de son lycée où deux communautés ont été délimitées : la communauté formée de ses collègues de SPC et la communauté du personnel de laboratoire. Au sein de cette dernière, un système d'activité de Sarah au laboratoire, spécifique de l'organisation des séances de TP, a été mis en évidence. Parmi ses collègues du lycée, un fort degré d'interactions a été repéré avec sa collègue Rachel.

Nous avons également montré que l'apport du travail collectif pour la propre documentation de Sarah est à la fois un apport productif, qui vise la production et l'évolution de ressources-filles dans la perspective de DI, et un apport constructif qui engendre un développement de ses PCK. En outre, nous avons mis en évidence le fait que le travail collectif de Sarah intervient au niveau de deux étapes du cycle de vie d'un document : la conception de ressources-filles et la révision de celles-ci après usage en classe en fonction du retour des élèves. Ceci appuie davantage l'idée que ce travail nourrit fortement le système de ressources de Sarah et corrobore ainsi ce que nous avons relevé à travers l'analyse de la RSSR (§ 6.1). Plus précisément encore, ce système de ressources semble *restructuré* par le travail collectif de Sarah qui a favorisé la conception et la mise en œuvre, pour la *première* fois, de ressources-filles tournées vers les DI.

6.2.3. Impact des interactions collectives de Sarah

En nous basant sur l'entretien général (EG) et sur l'entretien portant sur le journal d'interactions (EJI), nous analysons ici l'impact des interactions collectives de Sarah, au sein de la communauté de ses collègues de SPC du lycée, sur sa propre documentation.

Comme nous l'avons précédemment précisé, l'année au cours de laquelle nous avons suivi la documentation de Sarah correspond à la première année de son enseignement dans ce lycée et de son travail collectif au sein de cette communauté (§ 6.2.1). A propos de cette expérience de travail collectif, Sarah souligne : *« je crois que c'est ici que j'ai vécu la meilleure expérience de travail collectif. J'ai vécu plusieurs expériences, dans mon précédent lycée chacun travaillait dans son coin. Le seul échange qui pouvait y avoir c'est un échange de documents sans aucune communication autour du document »* (EG). Donc la spécificité de la communauté du lycée dans lequel Sarah enseigne actuellement tient au fait de la dynamique du travail collectif qui y règne. Sarah signale d'ailleurs que ses interactions collectives au sein de cette communauté lui ont permis de bénéficier de nouvelles ressources fondées sur les DI, mais aussi de faire évoluer ses ressources, notamment à travers la révision des ressources-filles après leur mise en œuvre en classe. Ceci apparaît clairement quand elle dit : *« les discussions avec les collègues amènent de ressources nouvelles, en fait mes collègues m'ont apporté beaucoup de ressources qui vont dans le sens de démarches d'investigation et ça m'a amené et m'a donné envie d'essayer, c'est un apport d'idées en fait, ça donne plein d'idées pour faire ma séance. Ces échanges étaient effectivement intéressants dans la mise en place des démarches d'investigation parce que pour moi c'était pas encore naturel. Donc ils m'ont apporté une ouverture et un retour sur ce que j'ai fait c'est-à-dire des évolutions possibles »* (EG). Les aspects collectifs du travail documentaire de

Sarah contribuent donc à enrichir son système propre de ressources. Mais plus qu'un enrichissement, la réponse de Sarah témoigne aussi d'une *réorganisation* de ce système, à travers l'intégration de nouvelles ressources basées sur les DI, due à ses interactions collectives avec ses collègues. Nous avons d'ailleurs mis en évidence cette réorganisation à travers l'analyse du JI qui corrobore le fait que l'apport du travail collectif de Sarah consiste en un apport productif qui touche l'élaboration et l'évolution de ses ressources-filles dans la perspective de DI (§ 6.2.2).

En effet, au cours de l'année qui a précédé son suivi, Sarah enseignait dans un lycée impliquant une communauté dont le style de pensée n'était pas ouvert à la mise en place des DI. De ce fait, elle n'avait pas pratiqué préalablement les DI. C'est au sein de la communauté du lycée où nous avons suivi sa documentation que Sarah a conçu et mis en place pour la *première* fois des ressources-filles fondées sur les DI. Ceci a été induit par son travail collectif qui semble constituer donc un appui pour la conception et la mise en œuvre de ses ressources-filles dans la perspective de DI : *« les collègues ont vraiment joué un rôle important dans la mise en place des démarches d'investigation cette année. Spontanément je pense à mon avis si je travaillais toute seule dans mon coin et j'ai vu l'année dernière si je fais toute seule, je ne suis pas sûre que j'aurai mis en œuvre des TP démarche d'investigation, mais là effectivement avec mes collègues je me suis dit je vais essayer, c'est motivant mais je l'aurai pas fait sans mes collègues clairement. Donc ça me modifie complètement mon comportement, et au départ ce sont mes collègues qui m'ont poussé à faire des démarches d'investigation »* (EG). La dynamique du travail collectif de Sarah est donc entrelacée avec la dynamique de son développement professionnel tourné vers les DI. Son travail collectif semble de fait jouer un rôle majeur dans l'évolution de son système documentaire. Le style de pensée de la communauté de ses collègues de SPC orienté vers la mise en place des DI semble d'ailleurs constituer un facteur déterminant de cette évolution.

Plus qu'un apport productif, les interactions collectives de Sarah relèvent d'un apport constructif qui vise le développement de ses connaissances professionnelles comme en témoigne sa réponse : *« mes interactions avec mes collègues m'ont aidé à réfléchir je pense sur la démarche d'investigation et notamment à réfléchir sur la façon dont se comportaient les élèves puisque moi j'avais un échantillon de trente élèves et que effectivement c'est pas représentatif quoi. Donc elles m'ont aidé à comprendre l'impact sur les élèves surtout. En amont, elles m'ont aidé aussi à définir ce que c'était puisqu'on a conçu des TP ensemble, notamment avec Rachel, on a pas mal réfléchi à la façon d'ouvrir les questions de façon à impliquer effectivement une démarche d'investigation voilà. Donc je pense que ce sont les deux choses importantes : donc avoir plus de représentativité parce que plus d'élèves concernés et deuxièmement effectivement essayer de recadrer pour être plus dans la démarche d'investigation lors de la conception en amont du TP »* (EJI). Donc les interactions collectives de Sarah l'ont aidé à comprendre ce que sont les DI, d'une part, et à réfléchir sur l'activité des élèves et à analyser et comprendre leur travail au cours de la mise en place des DI en classe, d'autre part. Ceci est d'ailleurs corroboré à travers l'analyse du JI dans la mesure où la réflexion sur l'activité des élèves apparaît comme un objet principal du système d'activité de Sarah qui reflète un apport constructif du travail collectif touchant ses PCK (§ 6.2.2). En outre, les interactions collectives de Sarah l'ont aidé à concevoir des ressources-filles s'inscrivant dans la perspective de DI. Comme le souligne Sarah, cette conception était accompagnée d'une discussion sur la gestion de la séance et la gestion des élèves au cours des DI, ce qui l'a aidé aussi à mettre en œuvre des DI dans sa classe. Donc ce

ne sont pas seulement des textes qui sont co-élaborés, mais aussi des usages de ressources-filles.

Ainsi, il apparaît que le travail collectif de Sarah contribue à développer sa documentation dans la perspective de DI. Ce développement sous-tend une évolution de ses connaissances professionnelles, notamment de ses PCK/compréhension des élèves et de ses PCK/stratégie.

6.2.4. Synthèse de l'analyse des systèmes d'activité de Sarah

Le traitement des données provenant de différents outils méthodologiques montre que le travail collectif de Sarah se fait essentiellement au sein de son lycée, autrement dit, au sein de communautés « naturelles » (§ 2.4.3). Deux communautés avec lesquelles Sarah interagit ont été identifiées : la communauté formée de ses collègues de SPC du lycée et celle impliquant le personnel de laboratoire. Au sein de cette dernière, un système d'activité de Sarah au laboratoire, spécifique de l'organisation des séances de TP, a été identifié. En effet, nous avons mis en évidence une circulation continue de ressources entre le système de ressources de Sarah et ceux de ses collègues à travers des échanges de mail et surtout via le site box.net. Nous avons qualifié d'osmose cette forte interaction repérée entre les systèmes de ressources. La documentation de Sarah apparaît ainsi basée sur la mutualisation et la co-production de ressources-filles.

Nous avons, par ailleurs, identifié des règles qui régissent le système d'activité de Sarah au sein de sa communauté du lycée. Nous avons aussi caractérisé le style de pensée porté par cette communauté comme étant ouvert au travail collectif et orienté vers la mise en place des DI. Nous avons d'ailleurs montré que le style de pensée d'une communauté semble constituer un facteur qui conditionne l'implémentation des DI et par conséquent l'évolution de la documentation du professeur tournée vers les DI. C'est parce que Sarah a fait partie d'une communauté qui s'intéresse à la pratique des DI qu'elle a commencé à concevoir et mettre en œuvre, pour la première fois, des ressources-filles fondées sur les DI.

Nous avons également identifié des modalités d'intervention du travail collectif de Sarah au niveau de deux étapes du cycle de vie d'un document : la conception de ressources-filles et la révision de celles-ci après usage en classe. En outre, nous avons montré que l'apport de son travail collectif consiste en un apport à la fois productif et constructif. L'évolution associée des PCK de Sarah témoigne d'ailleurs de la dimension constructive de ce travail. Ainsi, il apparaît que le développement professionnel de Sarah tourné vers les DI est en liaison étroite avec son travail collectif.

6.3. Analyse d'une étape du cycle de vie d'un document : la conception par Sarah de ressources-filles fondées sur les DI

Nous analysons dans cette partie une étape du cycle de vie d'un document qui correspond à la conception par Sarah de ressources-filles fondées sur les DI. Cette analyse prend également en compte deux étapes précédentes de ce cycle, à savoir la recherche de ressources

et la sélection et mise au travail de ces ressources. Pour ce faire, nous exploitons différents outils méthodologiques que nous croisons entre eux : l'entretien précédant les observations de classe (EPO), le journal d'interactions (Annexe 19), la RSSR et la RSTC que Sarah a retouchées au cours de cet entretien.

Dans un premier temps, nous décrivons les ressources-mères mobilisées par Sarah pour élaborer ses ressources-filles dans la perspective de DI (§ 6.3.1). Nous analysons, dans un second temps, les interactions collectives de Sarah qui ont accompagné et appuyé la conception et la mise en œuvre de ces ressources-filles (§ 6.3.2).

6.3.1. Ressources-mères mobilisées

Nous abordons ici les ressources-mères mobilisées par Sarah pour concevoir une séquence d'enseignement basée sur les DI. Nous exploitons en particulier l'entretien précédant les observations de classe (EPO) et la RSSR retouchée.

Pour concevoir et mettre en œuvre un enseignement portant sur le thème de la quantité de matière en classe de seconde, Sarah a élaboré une séquence que nous avons observée en classe et qui relève plus particulièrement de l'enseignement de la réaction chimique. En effet, au sein de la communauté de ses collègues de SPC du lycée, Sarah jouait le rôle de référent pour la conception de cette séquence. Celle-ci s'étale sur quatre séances de TP et de cours : le premier TP exploite la notion de quantité de matière pour décrire un système chimique et suivre son évolution et le deuxième concerne l'étude des effets thermiques de transformations physico-chimiques. Ces deux TP sont fondés sur des DI. Les deux séances de cours portent, quant à elles, sur l'étude de quelques exemples de systèmes chimiques et de leur évolution.

Pour construire cette séquence et plus particulièrement les TP, Sarah a fait appel à des ressources-mères de diverses natures : des manuels scolaires et des ressources en ligne, notamment pour le choix de simulations. Elle a également eu recours à des ressources socioculturelles qui se traduisent par des échanges et des discussions avec ses collègues du lycée, en particulier avec Rachel. Ceci apparaît clairement dans ce qu'elle dit : *« j'ai beaucoup réfléchi avec Rachel sur ce qu'on mettait dans nos TP sur la réaction chimique, donc quelles sont les compétences qu'on va cibler dans chaque TP et donc effectivement sur ça on a travaillé sur qu'est-ce qu'on faisait avant et comment le modifier. Donc on s'est mis d'accord effectivement sur un TP où la notion de l'évolution du système chimique apparaît et sur un autre TP c'était quels sont les effets d'une réaction chimique, notamment les effets thermiques »* (EPO).

Ce que dit Sarah des ressources qu'elle a mobilisées pour concevoir cette séquence correspond à la RSSR qu'elle a retouchée (Figure 90). En effet, nous repérons sur cette RSSR que Sarah a utilisé des manuels, des ressources numériques ou des ressources en ligne pour trouver des simulations. Elle a également échangé avec sa collègue Rachel suivant plusieurs niveaux, comme le montre la RSSR. En effet, Rachel a d'abord envoyé à Sarah ses ressources relatives à l'enseignement du thème chimique, objet de la séquence. Il y a eu ensuite un *« contact avec Rachel »* au cours d'une réunion au lycée pour discuter de la structure des TP, des contenus et des objectifs visés dans chaque séance de TP ; ce travail collectif de Sarah concerne donc l'élaboration des ressources-filles, il est illustré par une flèche qui part de *« contact avec Rachel »* et arrive vers *« TP »*. Sarah indique sur sa RSSR que des allers-retours

de versions intermédiaires des ressources-filles ont eu lieu entre elle et Rachel, ces échanges ont abouti à une version finale des ressources-filles co-produite par les deux enseignantes et destinée à être mise en œuvre en classe. Par une flèche qui part de « TP » et arrive à « contact avec Rachel », Sarah illustre qu'elle a également échangé avec Rachel après la mise en œuvre des séances de TP en classe dans le but de réviser les ressources-filles en fonction du retour des élèves. Donc la flèche à double sens qui lie « contact avec Rachel » avec « TP » renseigne sur le fait que le travail collectif de Sarah avec Rachel intervient à la fois au moment de la conception des ressources-filles fondées sur les DI et de la révision de celles-ci après usage en classe.

Ainsi, plus qu'une simple énonciation de ressources, cette RSSR met en évidence les différentes phases du travail collectif de Sarah qui a débouché sur la production de ressources-filles basées sur les DI. Cette RSSR rend donc compte d'une mise en relation entre les ressources de Sarah, son activité et son travail collectif.

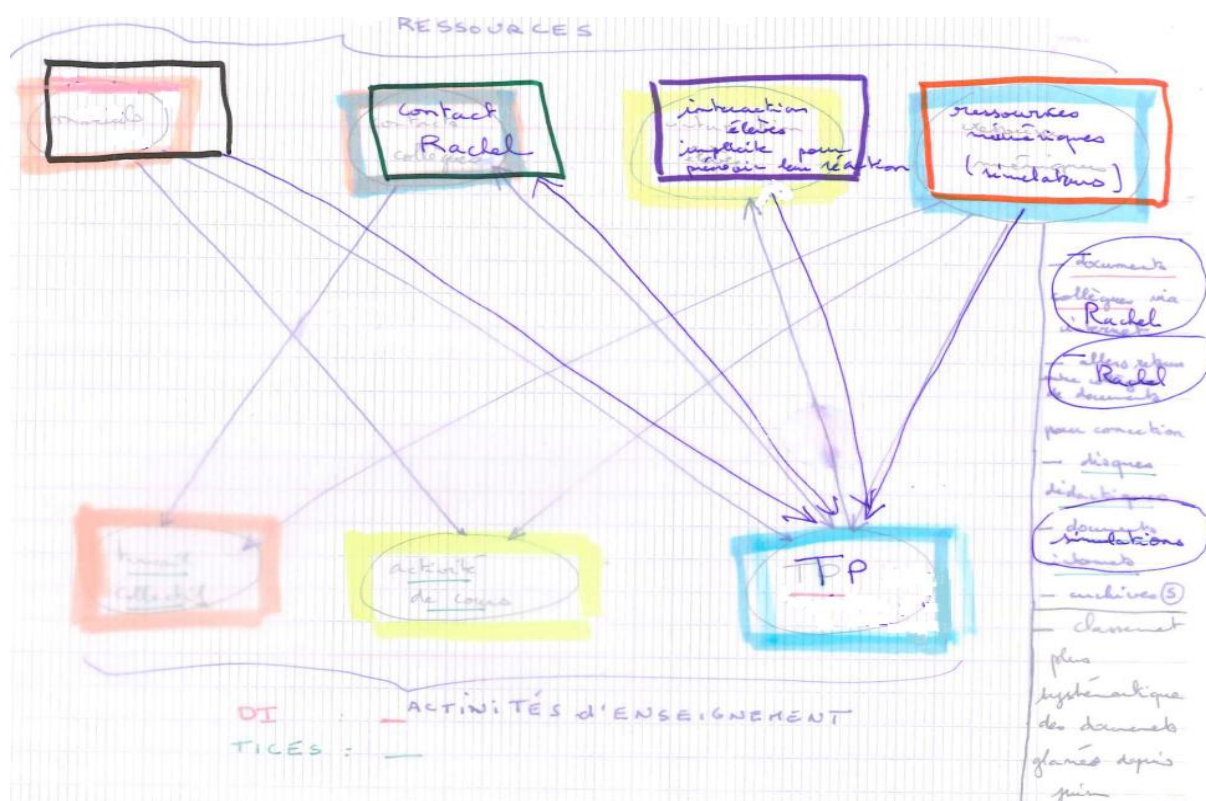


Figure 90. RSSR retouchée de Sarah

Dans ce qui suit, nous détaillons les interactions collectives de Sarah en vue de préparer la séquence basée sur les DI que nous avons observée en classe, et plus particulièrement les deux TP portant sur l'évolution d'un système chimique et sur l'étude des effets thermiques de transformations physico-chimiques.

6.3.2. Interactions collectives de Sarah

Nous présentons ici les interactions collectives de Sarah, dirigées vers la conception d'une séquence basée sur les DI, au sein de son système d'activité impliquant la communauté de ses collègues de SPC du lycée, en particulier sa collègue Rachel. Nous explicitons d'abord

les interactions qui ont accompagné le processus de conception et de mise en œuvre de la première ressource-fille fondée sur les DI qui consiste en un TP portant sur l'évolution d'un système chimique. Nous abordons ensuite les échanges de Sarah orientés vers l'élaboration d'un deuxième TP basé sur les DI et concernant l'étude des effets thermiques de transformations physico-chimiques. Pour mener ces analyses, nous exploitons l'entretien précédant l'observation de classe (EPO), le JI et la RSTC retouchée.

Interactions collectives de Sarah pour la conception et la mise en œuvre de la première ressource-fille basée sur les DI

A partir de l'analyse de l'entretien général, de la RSSR (§ 6.1), et de la RSTC (§ 6.2.2), nous avons relevé que le travail documentaire de Sarah est fortement nourri par ses interactions collectives avec la communauté de ses collègues de SPC du lycée. Nous avons d'ailleurs inféré une osmose entre son système de ressources et ceux de ses collègues. A travers l'analyse du JI, nous avons en plus identifié un fort degré d'interactions de Sarah avec sa collègue Rachel (§ 6.2.2). Cette forte interaction s'est traduite par une co-production d'une séquence basée sur les DI et portant sur la réaction chimique. La première ressource-fille s'inscrivant dans cette séquence consiste en un TP fondé sur les DI et intitulé « Evolution d'un système chimique » (voir Annexe 20).

Une première discussion autour de l'élaboration de cette ressource-fille a eu lieu au cours d'une réunion de la communauté des collègues de SPC de Sarah. Lors de cette réunion, Sarah et ses collègues ont discuté du contenu et des notions visés dans cette ressource-fille. Plus précisément, ils ont échangé leurs points de vue sur la nécessité ou non d'introduire la notion d'avancement d'une transformation chimique, un outil de description et d'analyse de l'évolution d'un système chimique, qui n'apparaît pas dans le nouveau programme de SPC de la classe de seconde alors qu'elle était présente dans l'ancien programme. A l'issue de ces échanges, ils ont fait le choix d'aborder cette notion dans la ressource-fille et surtout que dans les programmes de première et de terminale scientifiques, la maîtrise de cette notion est exigée. Les interactions collectives de Sarah avec ses collègues au cours de cette réunion ont donc débouché sur une mise au point des notions à transmettre aux élèves. Ainsi, nous pouvons parler d'un *germe* de ressource-fille qui en émane.

Un travail collectif entre Sarah et Rachel a été ensuite mis en place en vue de développer ce germe et de concevoir donc cette ressource-fille. Le traitement des données montre que ce travail s'est déroulé en plusieurs phases. Au cours de la première phase, Sarah et Rachel ont décidé d'introduire une simulation qui permet de mettre en évidence l'évolution d'un système chimique et de la confronter aux observations expérimentales. En effet, l'idée était d'amener les élèves à mettre en œuvre une expérience qui permet de déterminer le volume de gaz formé avec deux systèmes chimiques ayant des compositions initiales différentes et de confronter ensuite cette expérience et ce que les élèves observent avec la simulation. Pour trouver une simulation qui serait pertinente, Sarah a échangé avec son collègue David qui lui a alors proposé deux simulations. Soulignons que les échanges de Sarah avec son collègue David, centrés sur le choix des simulations, corroborent ce qu'elle a tracé dans sa RSTC quand elle a spécifié ses interactions avec David autour des animations (§ 6.2.2).

Par ailleurs, la deuxième phase du travail collectif de Sarah avec Rachel s'est déroulée lors d'une réunion entre ces deux enseignantes au lycée. Au cours de cette réunion, Sarah et Rachel ont sélectionné une simulation parmi celles proposées par David. Comme le souligne Sarah, le choix d'une simulation particulière n'était pas lié à sa « qualité », mais à leur objectif de départ qui consiste à confronter la simulation aux observations expérimentales. C'est pourquoi elles ont choisi une simulation avec une réaction chimique exploitable en TP. En outre, pendant cette réunion, Sarah et Rachel ont fait le choix de l'étude de la réaction chimique entre l'hydrogénocarbonate de sodium et l'acide éthanoïque contenu dans le vinaigre. En effet, c'est Rachel qui a proposé à Sarah cette situation expérimentale. Plus précisément encore, ces deux enseignantes ont co-élaboré un plan du TP ; elles ont discuté du problème à poser comme en témoigne la réponse de Sarah : *« on a fait un plan du TP, donc le plan du TP c'était le problème qu'on a élaboré : si je mets tant d'hydrogénocarbonate et tant de vinaigre et puis tant d'hydrogénocarbonate et je modifie le vinaigre, donc je mets vinaigre en défaut, vinaigre en excès donc là on s'est dit par exemple quatre fois plus et on pose la question aux élèves : d'après vous, combien de fois j'aurai plus de produits. Donc on s'attend à ce qu'ils répondent de façon naïve quatre fois plus et donc on va faire la manip et là on se rend compte en faisant la manip qu'on n'a pas quatre fois plus, on a à peine deux fois plus. Donc est-ce que c'est dû à de mauvaises manipulations, des erreurs expérimentales ou est-ce qu'on peut imaginer un modèle qui va pouvoir effectivement expliquer, justifier la non corrélation entre ce qu'on attend et ce qui se passe réellement. Donc on va travailler ensuite sur la simulation donc ils ne découvrent pas le modèle, on leur donne, ils essaient de comprendre et de voir si c'est un peu plus en accord avec leurs observations expérimentales. Donc c'était ça l'idée, on a discuté de tout ça et on s'est mis d'accord là-dessus »* (EPO). Ainsi, lors de cette réunion, Sarah et Rachel ont mené une réflexion sur la manière dont elles envisagent d'aborder ce TP, elles ont de ce fait co-construit le problème à résoudre. Elles ont choisi d'étudier l'évolution de deux systèmes chimiques, ayant des compositions initiales différentes en vinaigre, et d'amener les élèves d'une part, à mettre en œuvre un protocole expérimental qui permet de vérifier si ces deux systèmes évoluent de la même façon et produisent la même quantité de gaz et, d'autre part, à confronter leurs observations expérimentales avec ce que leur donne à voir la simulation. De ce fait, nous considérons que Sarah a développé une PCK, induite par son travail collectif, concernant les connaissances des stratégies d'enseignement et des activités spécifiques qui sont utiles et susceptibles d'être mises en place afin d'aider les élèves à comprendre le savoir chimique en jeu. Nous proposons de formuler cette PCK/stratégie de la façon suivante : *« l'enseignante sait que pour aider les élèves à décrire un système chimique et son évolution, il est intéressant d'utiliser une simulation d'une réaction chimique et d'amener les élèves à confronter leurs observations expérimentales avec ce que montre cette simulation »*.

A l'issue de la réunion qui a abouti à délimiter le problème à poser et l'organisation de la séance de TP, Sarah a repris les idées discutées avec sa collègue Rachel et leur a donné une forme en préparant une ressource-fille qui reflète les différentes étapes du travail des élèves établies collectivement : l'hypothèse formulée par les élèves à la question posée, l'expérience à mener et le travail sur le simulateur. De ce fait, Sarah a envoyé une première version de ce TP à Rachel qui l'a reprise en effectuant des modifications ; nous avons, de fait, suivi ces allers-retours à travers les échanges de mail entre les deux enseignantes et nous avons repéré que la principale modification apportée par Rachel réside dans la reformulation de la question

posée. En effet, Sarah a formulé une question « fermée » (voir Tableau 44) qui ne donne pas aux élèves la possibilité de développer des justifications les aidant à résoudre la tâche qui leur a été confiée.

On souhaite étudier l'évolution de 2 systèmes chimiques qui ont des compositions initiales différentes :

	Groupe 1	Groupe 2
Hydrogénocarbonate de sodium	1,0 g	5 mL
Vinaigre (acide éthanoïque à 1 mol/L)	1,0 g	20 mL

Le système 2 est composé de 4 fois plus d'acide éthanoïque que le système 1. A priori, si l'on obtient 100 mL de gaz carbonique avec le système 1, quel volume devrait-on obtenir avec le système 2 ?

Tableau 44. Question formulée par Sarah dans la première version de la ressource-fille

En réponse à cette question, nous supposons que les élèves vont spontanément considérer que le volume de gaz carbonique obtenu avec le système 2 devrait être quatre fois plus grand que celui obtenu avec le système 1 en raison du volume d'acide éthanoïque qui est quatre fois plus grand dans le système 2 que dans le système 1. Donc la question formulée par Sarah ne permet pas aux élèves de s'engager dans leur propre réflexion ; elle fait allusion à la réponse, elle fournit même une réponse aux élèves. En revanche, la modification effectuée par Rachel rend la question *ouverte* (voir Tableau 45) et favorise diverses stratégies et réponses des élèves. De ce fait, la question proposée par Rachel suscite davantage la pensée critique des élèves et provoque leur propre réflexion. D'ailleurs, ceci apparaît clairement dans ce que Sarah dit quand elle commente les modifications apportées par Rachel : « *Rachel m'a apporté des modifications à cette version, notamment elle pensait que dans le cadre de la démarche d'investigation, j'étais trop directive là-dessus puisque moi ce que je leur disais : d'après vous, on va avoir quatre fois plus. Donc Rachel voulait qu'effectivement les élèves formulent des hypothèses, donc leur laisser le champ libre pour faire leurs hypothèses et après peut être qu'on aura des élèves qui vont peut être arriver à la bonne hypothèse, donc laisser le champ libre là. Donc voilà ça c'était la grosse modification faite par Rachel. De fait, elle m'a ramené dans le droit chemin lorsqu'elle m'a corrigé ma version 1 où j'étais pas trop partie sur une démarche d'investigation* » (EPO). Nous repérons donc que c'est l'autonomie des élèves dans l'élaboration de leurs hypothèses qui a présidé à la reformulation du questionnement. En d'autres mots, le travail collectif de Sarah avec Rachel a débouché sur un questionnement laissant « *le champ libre* » aux élèves dans la formulation de leurs hypothèses et leur travail en classe, ce qui va dans le sens des DI. Nous en inférons une caractéristique du *style de pensée* porté par ces deux enseignantes qui est fondée sur l'autonomie des élèves et la nécessité de les laisser élaborer leurs propres hypothèses et développer leurs propres arguments. Nous pouvons d'ailleurs dire que ce style de pensée met l'accent sur la *réticence didactique* de l'enseignant dans la mise en œuvre de la ressource-fille.

On souhaite étudier l'évolution de 2 systèmes chimiques qui ont des compositions initiales différentes :

	Système 1	Système 2
Hydrogénocarbonate de sodium	1,0 g	1,0 g
Vinaigre (acide éthanoïque à 1 mol/L)	5 mL	20 mL

Le système 1 va-t-il évoluer de la même façon que le système 2, c'est-à-dire produire notamment la même quantité de gaz CO_2 ? Formuler une hypothèse précise.

Tableau 45. Modification de la question effectuée par Rachel

Ainsi, dans la mesure où les élèves sont reconnus, au cours d'un enseignement fondé sur les DI, comme les personnes qui créent activement leurs propres connaissances, le questionnement judicieux de l'enseignant joue un rôle vital dans ce contexte puisqu'il aide les élèves à s'engager dans leur réflexion et à établir des liens entre les idées et à acquérir une nouvelle compréhension. A ce titre, l'apport de Rachel et plus globalement le travail collectif de Sarah avec sa collègue semble constituer un appui pour la conception de sa ressource-fille fondée sur les DI et plus profondément pour le développement des connaissances professionnelles de Sarah, notamment de ses orientations pour les DI.

Par ailleurs, une autre modification a été effectuée à la première version de ressource-fille préparée par Sarah, elle concerne plus particulièrement le dispositif expérimental. En effet, Sarah a d'abord proposé une expérience où les élèves introduisent dans l'erlenmeyer une masse d'hydrogénocarbonate de sodium et préparent dans une éprouvette graduée le volume de vinaigre correspondant pour le verser ensuite sur l'hydrogénocarbonate. Comme le rapporte Sarah, elle a discuté ce dispositif expérimental avec les laborantines qui l'ont mis en œuvre et qui ont trouvé que l'emploi d'une burette graduée au lieu d'une éprouvette graduée est nettement mieux ; dans ce cas les élèves ont à verser le volume de vinaigre sur la masse d'hydrogénocarbonate, placée dans un flacon, à l'aide de la burette graduée. Ainsi, à l'issue de cette discussion avec les laborantines, orientée vers la mise au point du dispositif expérimental, Sarah a fait des modifications au niveau de la manipulation du TP. De ce fait, Sarah a intégré les remarques des laborantines ainsi que les modifications suggérées par Rachel pour reprendre sa ressource-fille et construire une version finale qui sera mise en œuvre en classe. Cette version a été ensuite mise en partage sur le site box.net pour qu'elle soit accessible à tous les collègues.

Si l'on examine ce que Sarah a noté dans son JI, nous pouvons retracer l'histoire de conception de la ressource-fille fondée sur les DI que nous venons d'explicitier à partir de ce que Sarah a évoqué au cours de l'entretien précédant les observations des séances de classe et à partir de notre suivi de ses échanges avec Rachel (voir Tableau 46).

Type d'activité de DI qui motive les échanges	Personnes ou groupes avec qui vous échangez	Type d'interactions collectives	Objectif	Modalités d'échange	Lieu précis et date	Ressources utilisées Provenance (de qui, d'où ?)	Ressources produites (précisez si c'est une production individuelle ou collective-coproduction avec qui ?)	Apport du collectif
TP sur l'évolution d'un système chimique avec DI et TICEs	David	Envoi de deux simulateurs sur la modélisation d'un bilan de matière	Choix d'un simulateur	email	18/2/2011	internet		Simulateurs exploitables pour le TP
TPs sur la réaction chimique	Rachel	réflexion collective sur la préparation de l'enseignement	Faire un plan des Tps sur la réaction chimique	Réunion au lycée	2/4/2011	Manuels scolaires, ressources personnelles et programme de la classe de seconde	Plan approximatif des séances en coproduction avec Rachel	Clarification des objectifs fixés.
TP évolution d'un système chimique	Rachel	une réflexion collective sur l'enseignement et une sorte de co-production de TP à travers les échanges de mail.	Envoi pour correction de la v0.	email	8/4/2011	manuel	Fiche TP évolution	
TP évolution d'un système chimique	Rachel	une réflexion collective sur l'enseignement et une sorte de co-production de TP à travers les échanges de mail.	Retour corrigé par Rachel	email	12/4/2011			Modifications fiche TP évolution : au départ, ouvrir plus la question d'investigation
TP évolution d'un système chimique	Rachel	une réflexion collective sur l'enseignement et une sorte de co-production de TP à travers les échanges de mail.	Retour de la v1 par moi.	email	13/4/2011	Remarques de Rachel		Modifications fiche TP évolution : Evolution vers une démarche plus investigatrice.
TP évolution d'un système chimique	Hélène	Relecture du programme et définition des limites.	Discussion sur la nécessité ou non d'introduire la notion d'avancement (notion	oral	14/4/2011			clarification des raisons qui nous ont conduites à conserver la notion d'avancement. : - On systématise le

			pas explicite ment au programme)					tableau d'avancement : c'est plus facile pour les élèves. - On ne s'arrête pas au milieu de la démarche : on peut trouver l'évolution d'un système grâce à une méthode mise au point par les chimistes. - On les prépare à la première.
TP évolution d'un système chimique	laborantines	Mise au point du protocole élève définitif	Vérification du matériel et prévision de la gestion de la manip en classe	laboratoire	14/4/2011			Modification légère du dispositif : utilisation d'une burette au lieu d'une éprouvette graduée.
TP évolution d'un système chimique	Rachel	Discussion et réflexion à la suite de la mise en œuvre du TP.		oral	15/4/2011		Analyse de la séance	- Le TP est trop long (page 3 à faire ultérieurement en classe) - Les élèves aiment bien travailler avec la simulation et répondent sans problème aux questions. (on avait des doutes) - Les résultats expérimentaux sont assez reproductibles.
TP évolution d'un système chimique	équipe	discussion	Evaluation du TP et pistes pour l'améliorer	oral	18/4/2011	réaction d'élèves et CR corrigés		Bilan sur les aménagements possibles de la séance : possibilité de ne pas faire la page 3 du tout (même pas en classe)

Tableau 46. Extrait 2 du JI de Sarah

Ce que nous voulons souligner à travers l'extrait du JI de Sarah c'est précisément deux inférences : d'abord du point de vue de l'apport du travail collectif de Sarah au regard de la

conception de la ressource-fille (le TP « Evolution d'un système chimique »), nous relevons dans ce que Sarah a noté une évolution de cette ressource-fille « *vers une démarche plus investigatrice* », ce qui va dans le sens des DI. C'est ce que nous avons d'ailleurs montré à travers notre analyse du travail collectif de Sarah et des modifications suggérées par sa collègue Rachel. En outre, cet extrait du JI nous donne à voir non seulement le processus de conception de cette ressource-fille, mais aussi il met en évidence que le travail collectif de Sarah intervient au niveau de la révision de cette ressource-fille après sa mise en œuvre en classe pour la nourrir des effets observés. Ceci est bien patent dans l'extrait du JI à travers les interactions collectives de Sarah avec Rachel d'une part, et avec la communauté de ses collègues de SPC du lycée, d'autre part. Ainsi, ceci corrobore ce que nous avons inféré à travers l'analyse de la RSSR retouchée, en particulier du point de vue de l'intervention du travail collectif de Sarah au niveau de la révision de la ressource-fille après usage en classe (§ 6.3.1). En outre, ceci nous permet d'étayer nos inférences quant à la règle que nous avons inférée et qui consiste à discuter du travail des élèves après la mise en œuvre de la ressource-fille, mais aussi ceci nous permet de mettre en évidence une interférence au niveau des ressources entre le système d'activité de Sarah au sein de la communauté de ses collègues de SPC et son système d'activité en classe (Figure 91) : le système d'activité de Sarah au sein de sa communauté du lycée impliquant sa collègue Rachel qui est orienté vers l'*objet* « concevoir une ressource-fille », une étape du cycle de vie d'un document, engendre comme *résultat* une ressource-fille. Celle-ci est intégrée dans le système d'activité de Sarah en classe qui est dirigé vers un autre objet correspondant à une autre étape du cycle de vie d'un document : la mise en œuvre de la ressource-fille. Dans ce système d'activité, la ressource-fille qui était, à l'origine, un résultat du système d'activité de Sarah au sein de la communauté de son lycée apparaît en tant qu'outil intégré, avec d'autres, par Sarah en classe. Le retour élève qui ressort comme résultat du système d'activité de Sarah en classe est transformé en une autre entité, en particulier en un outil mobilisé par Sarah au sein de son système d'activité impliquant la communauté de son lycée et orienté vers la révision de la ressource-fille après sa mise en œuvre en classe. Il apparaît de fait que cette interférence engendre un effet producteur de ressources, mais aussi de connaissances professionnelles.

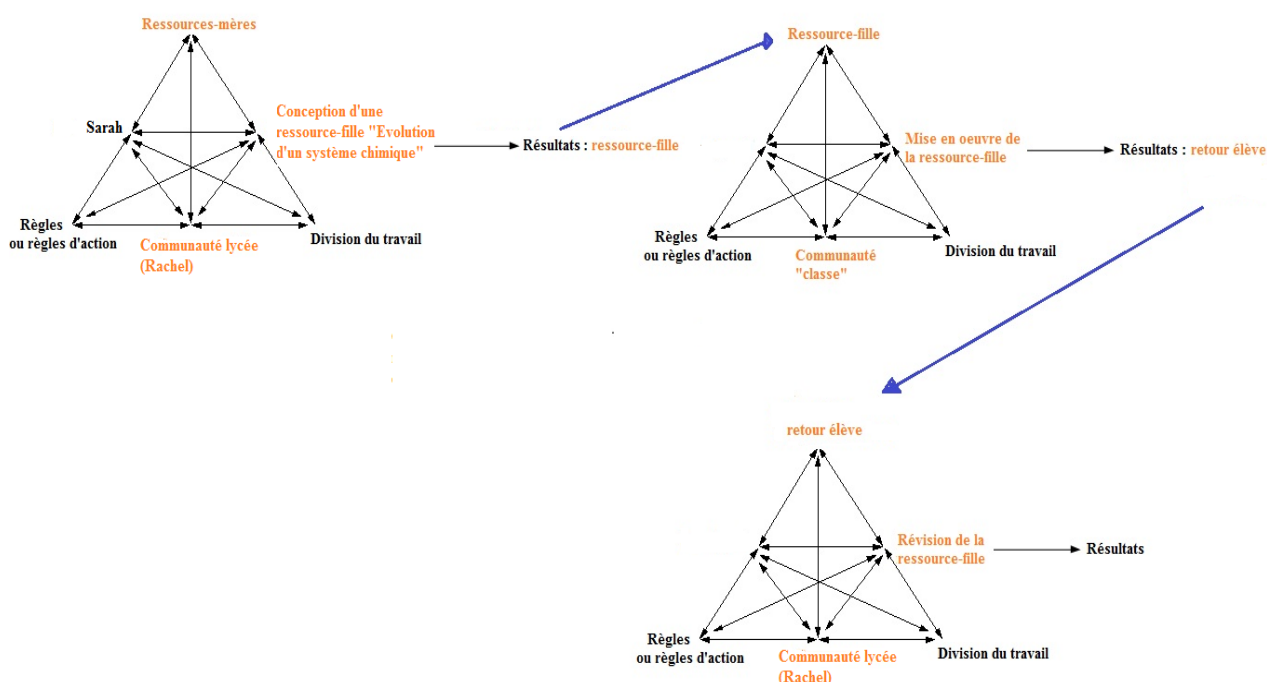


Figure 91. Interférence au niveau des ressources entre les systèmes d'activité de Sarah, cas de la première ressource-fille « Evolution d'un système chimique »

Ainsi, à travers cette analyse, nous avons montré comment le travail collectif de Sarah a constitué un appui pour la conception et la mise en œuvre de sa ressource-fille dans la perspective de DI. Nous avons aussi mis en évidence que ce travail collectif intervient au niveau des deux étapes du cycle de vie d'un document : la conception d'une ressource-fille et la révision de cette ressource-fille après usage en classe. Nous avons également inféré une interférence entre les systèmes d'activité de Sarah en classe et au lycée, une interférence qui semble induire un effet producteur de ressources et de connaissances professionnelles.

Interactions collectives de Sarah pour la conception et la mise en œuvre de la deuxième ressource-fille basée sur les DI

La deuxième ressource-fille, qui fait partie de la séquence basée sur les DI co-produite par Sarah et Rachel, consiste en un TP portant sur l'étude des effets thermiques de transformations physico-chimiques et intitulé « Effets de la transformation d'un système » (voir Annexe 21). Comme la première ressource-fille que nous venons d'évoquer, cette ressource-fille a été le fruit du travail collectif de Sarah avec sa collègue Rachel. D'ailleurs, le processus de conception de cette ressource-fille est très semblable à celui de la première ressource-fille.

Au cours de la réunion de travail de Sarah avec Rachel qui a eu lieu au lycée en vue de préparer la séquence concernant l'enseignement de la réaction chimique, ces deux enseignantes ont discuté des contenus et des objectifs visés dans cette deuxième ressource-fille. Comme le rapporte Sarah, elles ont mené une réflexion sur la manière dont elles envisagent d'aborder cette ressource-fille et elles ont plus particulièrement examiné les manuels scolaires et la façon dont ceux-ci introduisent les effets thermiques. De fait, elles ont relevé deux manières différentes d'aborder ce contenu : soit à travers une approche

quantitative où il s'agit de mesurer la chaleur de réaction liée à une combustion et de calculer la quantité d'énergie en joules, soit à travers un TP plus simple où il est question de mettre en évidence l'effet thermique en parlant de réaction exothermique, endothermique et athermique sans introduire de vraies mesures quantitatives. Entre ces deux manières, Sarah et Rachel ont opté pour la deuxième comme en témoigne la réponse de Sarah : *« on a trouvé le fait de monter une réaction de combustion, de mesurer la chaleur de la réaction dans un calorimètre, c'est lourd pour une seconde donc il fallait faire un TP très directif quoi, ça nous paraît moins intéressant. Du coup, on s'est dit que le plus simple effectivement est d'utiliser des composés ioniques, donc ça on l'avait comme idée depuis le départ »* (EPO). Ces deux enseignantes ont donc fait le choix de l'étude des effets thermiques de la dissolution des composés ioniques et elles ont orienté la conception de la ressource-fille dans la perspective des DI comme le souligne Sarah : *« alors concernant les démarches d'investigation, on l'a conçu directement comme ça puisque c'était notre but. Tout de suite, on a évacué du coup l'idée de mesurer la chaleur d'une réaction de combustion parce que là on s'est dit le protocole doit être tellement précis et qu'il ne faut pas qu'on leur donne le protocole et qu'ils suivent parce que ça ne s'inscrit plus dans une démarche d'investigation. Du coup, on a choisi une manip simple orientée vers les démarches d'investigation »* (EPO). Ainsi, ceci nous permet d'inférer une PCK stratégie, générée par le travail collectif de Sarah, que nous formulons de la façon suivante : *« l'enseignante sait que pour aider les élèves à mettre en évidence, au moyen de démarches d'investigation, les effets thermiques de la transformation d'un système, il est intéressant de faire une dissolution des composés ioniques »*. Nous inférons d'ailleurs à partir des propos de Sarah que l'autonomie des élèves dans l'élaboration et la mise en œuvre d'un protocole expérimental est l'aspect qui a présidé à la construction de cette ressource-fille.

A la suite de cette réunion qui a conduit à élaborer le problème à traiter, des allers-retours de versions intermédiaires de la ressource-fille entre Sarah et Rachel ont eu lieu. En effet, nous avons suivi ces échanges qui concernent plus particulièrement la façon d'organiser la séance : dans la première version de la ressource-fille préparée par Sarah, celle-ci a proposé de faire l'exemple de la bouillote chimique dans la troisième partie du TP (après les deux parties « expérience » et « paramètres influant sur la quantité d'énergie échangée lors de la dissolution d'un composé ionique »). En revanche, Rachel a proposé à Sarah d'utiliser la bouillote chimique comme un exemple d'application qui vient pour conclure la séance de TP : *« j'ai fait la version zéro mais il n'y avait pas eu beaucoup de changements entre moi et Rachel puisqu'on s'est mis d'accord avant sur tout ce qu'on va proposer. Elle m'a dit de mettre la bouillote chimique à la fin puisque finalement c'était un petit peu secondaire et on voulait insister davantage sur cette partie là, en fait c'est ça qui nous intéresse la première et la deuxième partie »* (EPO). Les suggestions de Rachel ont donc porté essentiellement sur le déroulement de la séance.

En outre, des échanges entre Sarah et Rachel sur le dispositif expérimental à mettre en place lors de la séance du TP se sont déroulés ; ces deux enseignantes ont discuté en particulier du matériel qu'il faut utiliser (le tube à essai ou le bécher) pour faire la dissolution des composés ioniques. Alors dans le but de mettre au point le dispositif expérimental et de trancher entre l'utilisation du tube à essai ou du bécher, Sarah a ensuite échangé avec les laborantines et elle leur a demandé d'essayer la manipulation pour pouvoir choisir le matériel, d'une part, et pour vérifier l'effet thermique de la dissolution des composés ioniques proposés dans la ressource-fille, d'autre part. Après la vérification et la mise en place de la

manipulation par les laborantines, celles-ci ont proposé à Sarah un dispositif expérimental avec l'emploi de petits tubes à essais.

Ce que Sarah a noté dans son JI correspond au processus d'élaboration de la ressource-fille que nous venons de retracer à partir des déclarations de Sarah et de notre suivi de ses échanges avec sa collègue Rachel (Tableau 47).

Type d'activité de DI qui motive les échanges	Personnes ou groupes avec qui vous échangez	Type d'interactions collectives	Objectif	Modalités d'échange	Lieu précis et date	Ressources utilisées Provenance (de qui, d'où ?)	Ressources produites (précisez si c'est une production individuelle ou collective-coproduction, avec qui ?)	Apport du collectif
TPs sur la réaction chimique	Rachel	réflexion collective sur la préparation de l'enseignement	Faire un plan des Tps sur la réaction chimique	Réunion au lycée	2/4/2011	Manuels scolaires, ressources personnelles et programme de la classe de seconde	Plan approximatif des séances en coproduction avec Rachel	Clarification des objectifs fixés.
TP effets thermiques	Rachel	coproduction du Tp à travers des échanges mail.	Envoi pour correction	email	14/4/2011	manuels Internet pour la simulation Bouillote chimique et son mode d'emploi.	Fiche TP effets thermiques	
TP effets thermiques	Rachel	coproduction du TP avec Rachel	Retour corrigé Par Rachel	email	18/4/2011			Modifications fiche TP effets thermiques
TP effets thermiques	laborantines		Vérification de la faisabilité des manip : dissolution d'un composé ionique	email	19/4/2011	TP effet thermique		Proposition d'une liste de matériel pour rendre ce TP faisable avec des élèves.
TP effets thermiques	Rachel	coproduction du TP avec Rachel	Retour corrigé de la version 0 par moi	email	19/4/2011			Modifications fiche TP effets thermiques proposées par Rachel : sens de déroulement de la séance (bouillote à la fin) en guise d'exemple et tiroir au niveau du temps.

TP effets thermiques	Rachel	discussion et réflexion sur la séance	Analyse à vif de la séance	Labo après la séance	22/4/2011			Trop long : essayer de modifier la progression pour raccourcir
TP effets thermiques	équipe	recupérer les impressions des profs après la séance	Bilan de la séance	Labo entre deux couloirs de façon informelle	semaine du 9 au 13 mai 2011			Bilan sur les aménagements possibles de la séance : Simulation pour faire varier les paramètres Supprimer la deuxième expérience et utiliser la simulation pour faire varier les paramètres Ou Faire les deux expériences et enlever tout le reste.

Tableau 47. Extrait 3 du JI de Sarah

Outre les interactions collectives de Sarah orientées vers la conception de la ressource-fille avec Rachel et l'apport du travail collectif à ce niveau, cet extrait du JI met en évidence des interactions collectives de Sarah avec Rachel, d'une part, et avec les autres collègues de SPC, d'autre part, centrées sur la révision de cette ressource-fille après sa mise en œuvre en classe. Ceci rejoint d'ailleurs les inférences que nous avons précédemment relevées au regard de la première ressource-fille « Evolution d'un système chimique » et nous permet donc, d'un côté, d'appuyer encore plus nos inférences quant à la règle qui régit les interactions de Sarah au sein de sa communauté du lycée et qui consiste à discuter du travail des élèves après l'usage de la ressource-fille en classe. D'un autre côté, ceci nous permet d'inférer, comme dans le cas de la première ressource-fille, une interférence au niveau des ressources entre le système d'activité de Sarah en classe et son système d'activité au sein de la communauté de ses collègues de SPC (Figure 92) : la ressource-fille « Effets de la transformation d'un système » issue comme *résultat* du système d'activité de Sarah impliquant sa communauté du lycée, en particulier sa collègue Rachel, est transformée en une autre entité, notamment en un *outil*, au sein du système d'activité de Sarah en classe orienté vers la mise en œuvre de cette ressource-fille. Pour réviser cette ressource-fille après sa mise en œuvre en classe, Sarah et ses collègues du lycée discutent du retour élève qui résulte initialement du système d'activité au sein de la communauté de classe.

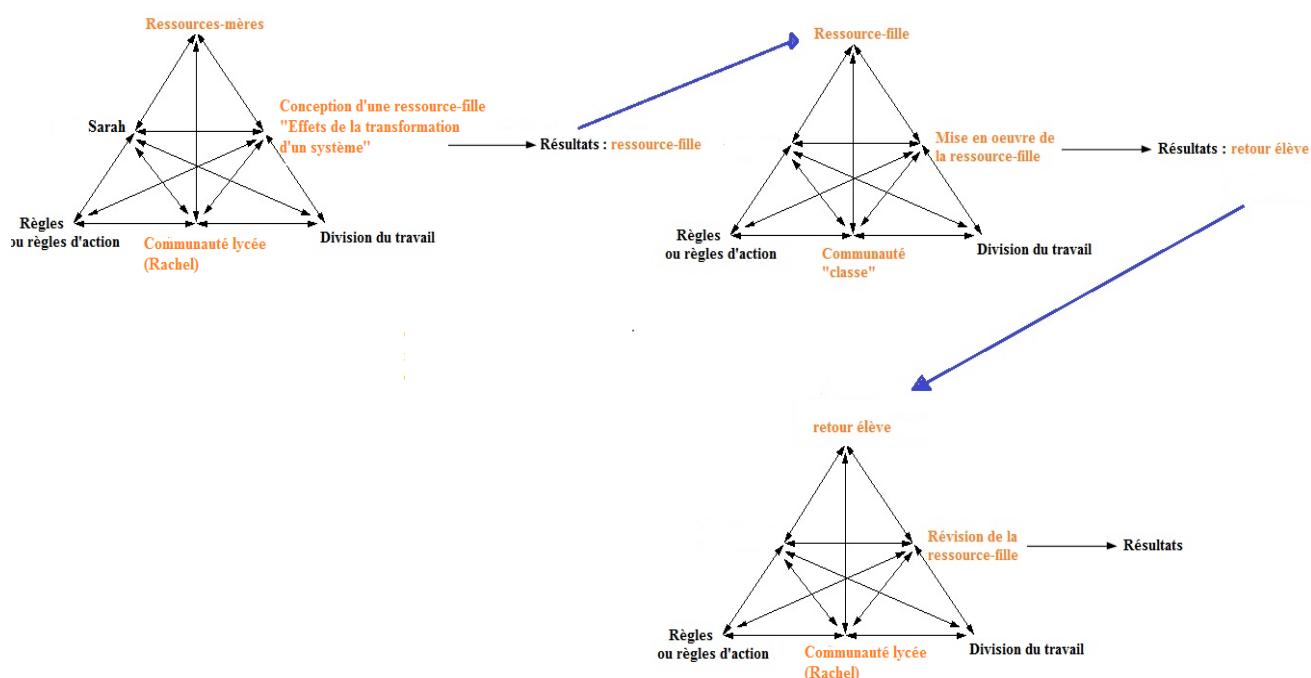


Figure 92. Interférence au niveau des ressources entre les systèmes d'activité de Sarah, cas de la deuxième ressource-fille « Effets de la transformation d'un système »

Analyse de la RSTC retouchée

La RSTC que Sarah a retouchée au cours de l'entretien précédant les observations de classe met en évidence les différents protagonistes avec lesquels Sarah a interagi afin de concevoir la séquence d'enseignement basée sur les DI (Figure 93).

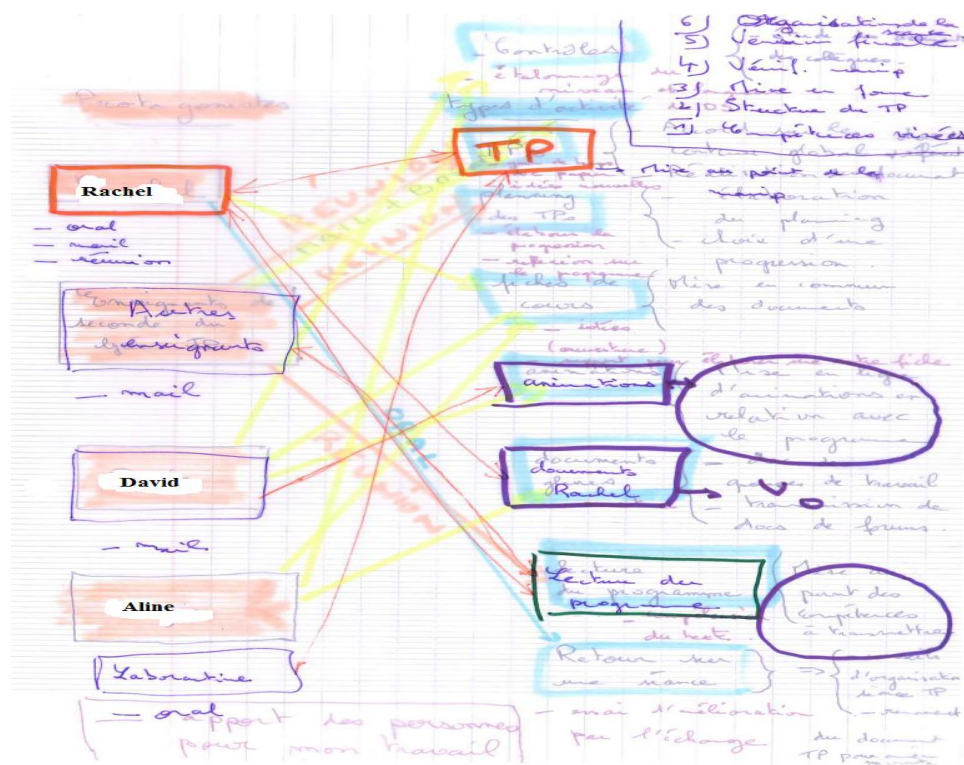


Figure 93. RSTC retouchée de Sarah (les noms des enseignants désignés par Sarah sur cette RSTC ont été changés pour conserver l'anonymat)

Quatre protagonistes sont identifiés sur cette RSTC retouchée : il s'agit de « Rachel », « des autres enseignants » de SPC, de « David » et des « laborantines ». D'ailleurs, ces protagonistes sont les mêmes que nous avons précédemment repérés à travers l'analyse de l'entretien précédant les observations de classe et du journal d'interactions. On voit sur cette RSTC, que pour concevoir les TP, Sarah a plus particulièrement échangé avec Rachel. Ceci est illustré par des rectangles de couleur rouge que Sarah associe uniquement à « Rachel » et à « TP » indiquant ainsi que l'élaboration de ces TP a été essentiellement nourrie par ses interactions collectives avec Rachel, en présentiel ou à distance à travers les échanges de mails : « *j'ai travaillé la séquence de réaction chimique avec Rachel. On s'est mis d'accord sur le choix du contenu et sur la progression et on a réalisé le document, elle m'a donné aussi les documents de départ pour la conception des TP* » (EPO). Avec les autres collègues de SPC de son lycée, y compris Rachel, Sarah a également échangé à propos du programme et de la mise au point des notions à étudier, en particulier pour ce qui concerne la nécessité ou non d'introduire la notion d'avancement qui n'apparaît pas dans le nouveau programme de SPC en seconde : « *il y a eu aussi une lecture du programme, il y a eu en fait une grosse discussion avec les autres collègues, notamment sur la notion d'avancement* » (EPO). Par ailleurs, nous repérons sur cette RSTC des échanges de Sarah avec David centrés sur des animations. On voit aussi apparaître sur cette RSTC retouchée un protagoniste qui ne figurait pas initialement sur la RSTC (§ 6.2.2) : il s'agit des laborantines avec lesquelles Sarah a interagi afin de mettre au point le dispositif expérimental ; donc ceci caractérise plus particulièrement le système de Sarah au laboratoire relatif à l'organisation des séances de TP.

Par six points qu'elle note en haut de sa RSTC, Sarah synthétise l'apport du travail collectif pour sa propre documentation : ce travail lui a permis de mettre au point les « *compétences visées* » dans les TP, d'assurer une « *structure* » et une « *mise en forme* » des TP, de vérifier et de mettre au point la manipulation et d'aboutir à une « *version finale* » des TP et à une « *organisation des séances* », notamment du point de vue des DI.

Ainsi, cette RSTC corrobore les déclarations faites par Sarah lors de l'entretien précédant les observations de classe ainsi que les données qu'elle a renseignées dans le journal d'interactions en montrant les interactions collectives qui ont entraîné et favorisé la conception et la mise en œuvre de la séquence fondée sur les DI.

6.3.3. Synthèse de l'analyse de la conception par Sarah de ressources-filles fondées sur les DI

Le croisement de l'analyse de l'entretien précédant les observations de classe, du journal d'interactions, de la RSSR et de la RSTC retouchées, et de notre suivi du travail collectif de Sarah montre que ce travail intervient au niveau de plusieurs étapes du cycle de vie d'un document : au moment de la recherche de ressources pour un objectif relatif à l'enseignement de la réaction chimique, de la conception de ressources-filles fondées sur les DI et de la révision de celles-ci après leur mise en œuvre en classe. Ce travail collectif semble alimenter donc le système de ressources de Sarah. Plus précisément encore, il entraîne une *réorganisation* de ce système dans la mesure où il a favorisé le *premier* développement d'une séquence fondée sur les DI pour l'enseignement du thème de la quantité de matière et plus

particulièrement de la réaction chimique. En effet, les ressources-filles de cette séquence sont tout à fait de nouvelles ressources qui ont été élaborées et mises en place, pour la première fois, dans le but d'enseigner ce contenu chimique ; elles sont le fruit du travail collectif de Sarah et viennent donc s'intégrer dans son système de ressources et peuvent être ainsi considérées comme un indice d'une restructuration de ce système.

Plus qu'une réorganisation du système de ressources, nous avons mis en évidence que le travail collectif de Sarah induit une évolution de son système documentaire et plus particulièrement un développement de ses PCK et de ses orientations pour les DI. L'interférence au niveau des ressources que nous avons montrée entre le système d'activité de Sarah en classe et son système d'activité avec ses collègues du lycée, en particulier avec Rachel, atteste de cette évolution du système documentaire en ce sens qu'elle génère un effet producteur de ressources et de connaissances professionnelles. Ainsi, l'impact du travail collectif de Sarah semble manifeste et constitue vraiment un appui pour la conception et la mise en œuvre de ressources-filles dans la perspective de DI. D'ailleurs, Sarah relève au cours de l'entretien l'importance de son travail collectif avec sa collègue Rachel pour sa propre documentation : *« ça change complètement parce que j'ai jamais fait ces TP avec des démarches d'investigation. Rachel elle avait une idée de ce qu'elle voulait faire donc effectivement la mise en commun fait que finalement on est arrivé à quelque chose plus abouti et puis les corrections qu'elle m'a faites je trouve c'est très intéressant puisqu'on a un œil extérieur, ça m'a fait réfléchir sur le déroulement de la séance et maintenant j'ai une idée bien précise de ce que j'aimerais faire passer donc ça a clarifié donc mes idées. A la suite de la réunion avec Rachel, je sortais et je sais exactement ce qu'on voulait mettre dans chaque TP comme compétences alors qu'avant c'était complètement flou. Aussi, ça m'a aidé à définir ce que c'était les démarches d'investigation en préparant les TP ensemble parce que pour moi c'était pas encore naturel, donc notamment du point de vue des questions à poser, ouvrir en fait les questions pour impliquer les élèves dans une démarche d'investigation, voilà »* (EPO). Ainsi, le travail collectif de Sarah induit une évolution de sa documentation dans la perspective de DI.

6.4. Analyse des PCK et des orientations de Sarah pour les DI

Il s'agit dans cette partie d'analyser les PCK et les orientations de Sarah pour les DI. Ces connaissances sont inférées à partir de l'analyse des ressources-filles, d'une part, et de la mise en œuvre de ces ressources-filles en classe, d'autre part.

Nous commençons d'abord par l'analyse de la première ressource-fille intitulée « Evolution d'un système chimique » (§ 6.4.1) suivie de celle de la deuxième « Effets de la transformation d'un système » (§ 6.4.2). Ensuite, nous nous centrons sur le système d'activité de Sarah en classe orienté vers la mise en œuvre de ces ressources-filles et nous inférons des PCK et des orientations de Sarah pour les DI en nous appuyant sur des extraits des séances de classe observées (§ 6.4.3).

6.4.1. Analyse de la première ressource-fille basée sur les DI

Nous analysons ici, en nous appuyant sur la méthodologie d'analyse que nous avons développée (§ 3.4.5), la première ressource-fille faisant partie de la séquence que nous avons observée en classe et qui est basée sur les DI (voir Annexe 20). Cette ressource-fille correspond à un TP intitulé « Evolution d'un système chimique ».

Pour amener les élèves à décrire un système chimique et son évolution, Sarah a choisi l'étude de la réaction chimique entre l'hydrogénocarbonate de sodium et l'acide éthanóique présent dans le vinaigre. Nous repérons que, du point de vue de l'*origine du questionnement* (voir méthodologie d'analyse des ressources-filles, § 3.4.5), le problème dans ce TP est apporté par l'enseignante. Il s'agit d'étudier l'évolution de deux systèmes chimiques ayant des compositions initiales différentes : la quantité de matière du vinaigre (acide éthanóique) est quatre fois plus grande dans le système 2 que dans le système 1 alors que la quantité de matière de l'hydrogénocarbonate de sodium est la même dans les deux systèmes. En d'autres mots, dans le système 2, le vinaigre est en excès alors qu'il est en défaut dans le système 1. Les élèves doivent formuler une hypothèse pour préciser si le système 1 va évoluer de la même façon que le système 2 ou, autrement dit, si les deux systèmes vont produire la même quantité de gaz CO_2 .

Pour formuler une hypothèse, certains élèves pourraient considérer que les deux systèmes vont évoluer de la même façon parce qu'ils sont composés de la même quantité de matière d'hydrogénocarbonate de sodium. En revanche, d'autres élèves pourraient postuler que la quantité de gaz CO_2 produite par le système 2 sera plus grande que celle produite par le système 1 étant donné que la quantité de matière du vinaigre dans le système 2 est plus grande. Des élèves peuvent encore aller plus loin et faire une prévision quantitative pour déterminer combien de fois cette quantité sera plus grande ; ils pourraient alors formuler une hypothèse qui consiste à dire que le système 2 produit une quantité de CO_2 qui sera quatre fois plus grande que celle produite par le système 1 car la quantité de matière du vinaigre est quatre fois plus grande dans le système 2 que dans le système 1. Nous estimons que ces hypothèses seraient spontanément formulées par les élèves. Cependant, quelque soit l'hypothèse formulée, les élèves doivent mettre en jeu des connaissances relatives à la transformation chimique, aux réactifs et aux produits, aux réactifs en excès et en défaut, au système chimique, à l'équation bilan d'une réaction chimique.

Pour tester leurs hypothèses, les élèves sont amenés à faire une expérience dont le protocole et le matériel ont été proposés par l'enseignante. Cependant, il n'est pas précisé dans le protocole comment les élèves doivent récupérer et mesurer le volume du gaz produit par les deux systèmes. Il est juste indiqué aux élèves de verser le vinaigre, placé dans la burette, sur 1g d'hydrogénocarbonate de sodium introduite dans un flacon. De ce fait, les élèves doivent être amenés à mobiliser des connaissances et des savoir-faire relevant de la technique de récupération du gaz CO_2 par déplacement d'eau (technique déjà acquise au collège). Ils doivent mettre alors en œuvre le protocole expérimental et attendre l'arrêt du dégagement gazeux pour noter la valeur du volume de gaz recueilli avec chaque système. Notons que pour mener cette expérience, Sarah a choisi de diviser la classe en deux moitiés

où chacune traite un système chimique (une moitié de la classe travaille avec les compositions initiales du système 1 et l'autre moitié avec celles du système 2), et ce afin de comparer ensuite le volume du gaz produit avec chaque système.

La réaction de l'acide (contenu dans le vinaigre) et de l'hydrogénocarbonate de sodium est visualisée par un *évènement perceptible* (§ 3.4.5) : il s'agit du dégagement gazeux. Les élèves sont censés observer la transformation chimique et la décrire qualitativement. Ils doivent être amenés à dire qu'une transformation a lieu puisqu'il y a un dégagement gazeux et formation d'un produit et que le gaz formé est donc une nouvelle espèce chimique. En outre, ils doivent inférer que la transformation s'arrête lorsqu'il n'y a plus de dégagement gazeux. Plus précisément encore, les élèves doivent être amenés, en comparant le volume de gaz recueilli dans chaque système chimique, à inférer que les deux systèmes 1 et 2 n'évoluent pas de la même façon et que le volume du gaz produit par le système 2 est plus grand que celui formé dans le système 1, mais qu'il n'est pas quatre fois plus grand. Ainsi, à travers la mise en œuvre du protocole expérimental, les élèves doivent confronter leurs hypothèses avec leurs observations expérimentales. Mais à ce niveau, l'enseignante ne leur demande qu'une observation, pas une interprétation.

Dès que l'on parle de réaction chimique, on commence à interpréter. Ce sera précisément le but de la simulation (voir Figure 94). Les élèves doivent simuler deux nouveaux systèmes chimiques, à savoir le système 3 et le système 4 dont les compositions initiales sont différentes : comme dans le système 2 où la quantité de matière du vinaigre était quatre fois plus grande que celle dans le système 1, la quantité de matière du vinaigre est quatre fois plus grande dans le système 4 que dans le système 3, mais la quantité de matière de l'hydrogénocarbonate de sodium est la même.

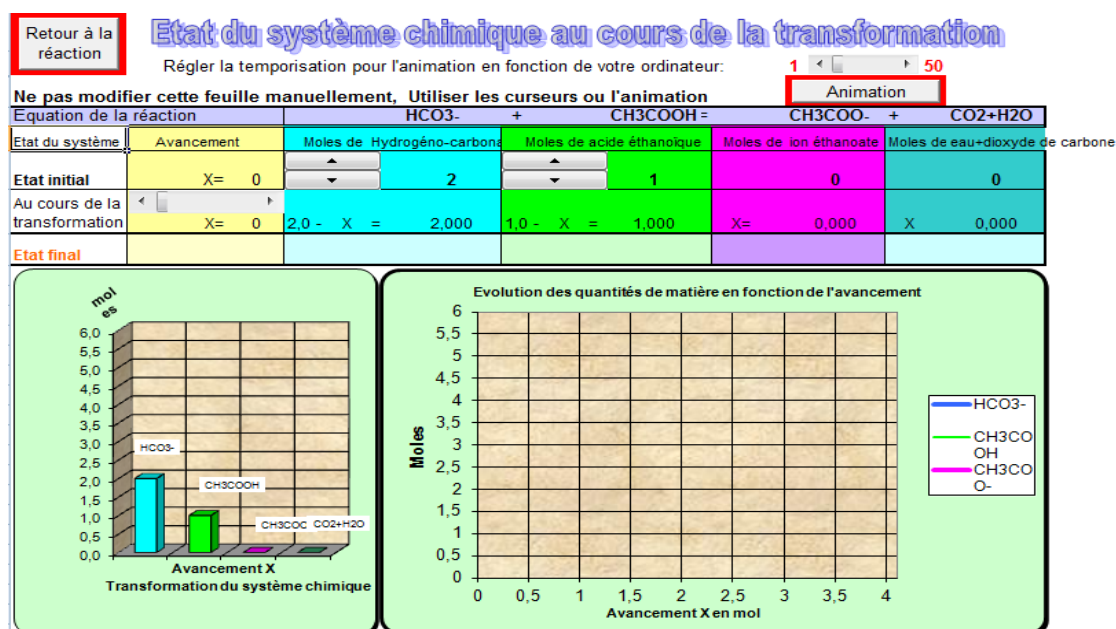


Figure 94. Etat initial du système chimique visualisé sur le simulateur

Le travail avec le simulateur vise à introduire et aider à donner du sens à l'avancement de la réaction étudiée à l'aide d'une représentation dynamique. A travers la visualisation de l'apparition et/ou de la disparition des espèces chimiques, les élèves doivent être amenés à

transposer la simulation à ce qui se passe du point de vue macroscopique lors d'une réaction chimique. Ils sont censés découvrir les notions de modifications d'un système au cours d'une transformation chimique. En effet, dans le cas de chaque système chimique, les élèves doivent être amenés à suivre l'évolution de la quantité de matière de l'hydrogénocarbonate et de l'acide au cours du déroulement et à la fin de la réaction ; ils sont censés également déterminer la quantité de matière du dioxyde de carbone formé. Ils doivent donc donner un sens quantitatif à la simulation et structurer les informations issues du simulateur avec les notions importantes de la réaction chimique (réactifs, produits). Ils doivent être amenés à inférer qu'au cours du déroulement de la réaction, des réactifs disparaissent et des produits se forment et que l'état final de la réaction est l'état pour lequel il n'y a plus de transformation des réactifs car au moins un des réactifs a totalement disparu (voir Figure 95). C'est la notion de réactif limitant qui est donc en jeu ici.

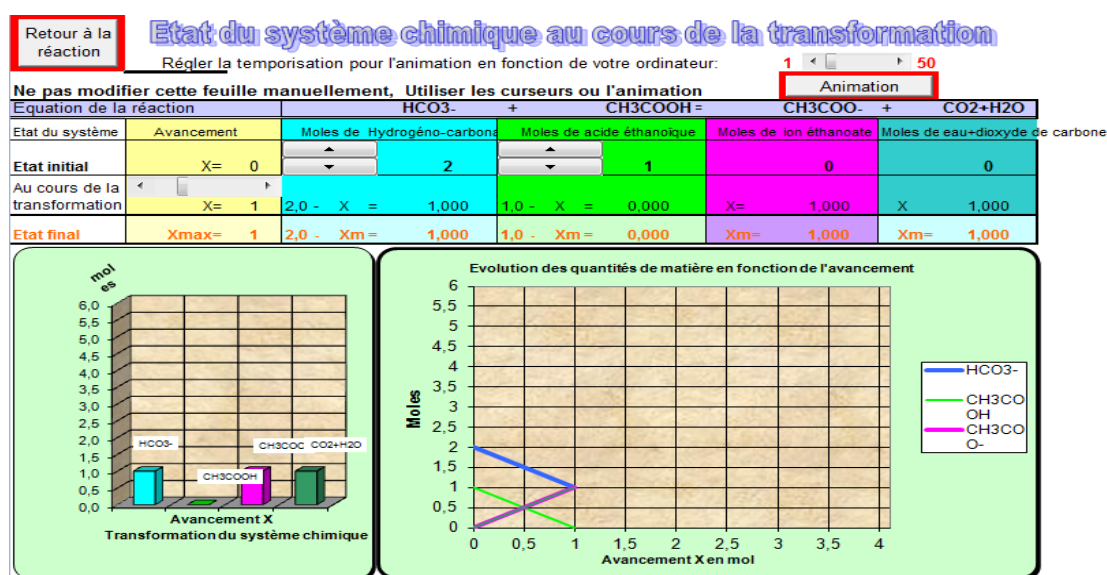


Figure 95. Etat final du système chimique visualisé sur le simulateur

Il s'agit aussi d'analyser et de modéliser la transformation en introduisant la notion d'avancement. En effet, les élèves doivent inférer que, pour la réaction étudiée, l'avancement correspond à la quantité de matière d'un produit formé. Il s'agit donc d'introduire l'avancement d'une façon accessible au moyen de la simulation. Nous supposons de fait que la notion d'état final de la réaction paraît plus simple à comprendre par les élèves dans le cas de la simulation que dans le cas d'une réaction chimique réelle. Pour autant, nous considérons que les élèves pourraient avoir du mal à comprendre la notion d'avancement.

Comme nous l'avons déjà précisé, les élèves doivent être amenés, à la fin du TP, à confronter leurs observations expérimentales avec la simulation. Nous avons mis en évidence que le choix d'introduire une simulation dans le TP et de la confronter à l'expérience est révélateur de connaissances professionnelles de Sarah, notamment d'une PCK/stratégie que nous avons formulée de la façon suivante : « l'enseignante sait que pour aider les élèves à décrire un système chimique et son évolution, il est intéressant d'utiliser une simulation d'une réaction chimique et d'amener les élèves à confronter leurs observations expérimentales avec ce que montre cette simulation ». Plus précisément encore, nous avons relevé que cette PCK/stratégie a été générée par le travail collectif de Sarah avec sa collègue Rachel (§ 6.3.2).

Ainsi, l'analyse de cette ressource-fille montre que les élèves doivent chercher eux-mêmes à comprendre et à décrire un système chimique et son évolution en confrontant leurs observations expérimentales avec la simulation. Ils sont censés ainsi travailler de façon autonome pour construire eux-mêmes leurs savoirs et résoudre le problème posé. Ceci met donc en évidence la possibilité pour Sarah, à travers cette ressource-fille, de mettre en place des DI. L'enseignante devient alors un rôle de guide tout au long de la séance. Nous inférons aussi que par rapport à la *nature du problème* (§ 3.4.5), la consigne est ouverte et le matériel est limité. Nous avons d'ailleurs montré que c'est le travail collectif de Sarah avec Rachel qui a débouché sur un questionnement et une tâche ouverte (§ 6.3.2).

6.4.2. Analyse de la deuxième ressource-fille basée sur les DI

La deuxième ressource-fille basée sur les DI que nous analysons ici suivant la méthodologie d'analyse des ressources-filles (§ 3.4.5) correspond à un TP intitulé « Effets de la transformation d'un système » (voir Annexe 21).

Comme nous l'avons déjà souligné, Sarah a fait le choix dans ce TP de l'étude des effets thermiques de la dissolution des composés ioniques. Nous avons précédemment mis en évidence, à travers l'analyse des interactions collectives de Sarah visant la conception de ce TP, que ce choix reflète une PCK/stratégie que nous avons formulée comme ceci : « l'enseignante sait que pour aider les élèves à mettre en évidence, au moyen de démarches d'investigation, les effets thermiques de la transformation d'un système, il est intéressant de faire une dissolution des composés ioniques ». Nous avons d'ailleurs inféré que cette PCK est induite par le travail collectif de Sarah avec sa collègue Rachel (§ 6.3.2).

Nous repérons que ce TP comprend une situation de départ ayant pour objectif d'introduire le problème à résoudre. Plus précisément, cette situation fait référence à des objets de la vie courante : il s'agit des poches « de froid » qui sont utiles en secourisme, particulièrement en milieu sportif, et qui contiennent de l'eau et un tube renfermant un composé ionique, à savoir le nitrate d'ammonium. Lorsque ce tube est cassé au moment d'utiliser la poche, la dissolution du nitrate d'ammonium crée alors cette sensation de froid. Donc cette situation de départ rend compte d'une transformation physique qui provoque « du froid » ou, en d'autres mots, d'une transformation physique endothermique (qui dégage de la chaleur). A partir de cette situation de départ, le problème est introduit aux élèves : il s'agit de préciser si la dissolution d'un composé ionique dans l'eau s'accompagne toujours d'un tel effet thermique. Les élèves doivent alors formuler une hypothèse pour prévoir les effets thermiques accompagnant la dissolution des composés ioniques.

Les élèves sont ensuite amenés à élaborer et mettre en œuvre un protocole expérimental permettant de déterminer les effets thermiques d'une dissolution. Le matériel et six composés ioniques sont proposés aux élèves qui doivent donc mettre en évidence expérimentalement, pour chacun de ces composés, l'effet thermique accompagnant sa dissolution. On peut penser que le protocole que les élèves doivent proposer n'est pas censé leur poser problème dans la mesure où il s'agit d'une simple dissolution des composés ioniques, mais ce protocole suppose également des éléments importants que les élèves doivent prendre en considération dans leur raisonnement. En effet, pour mener à bien ce protocole, les élèves doivent prendre

en compte les paramètres influant sur la quantité d'énergie échangée lors de la dissolution d'un composé ionique. Autrement dit, ils doivent être amenés, d'une part, à prendre la même masse pour tous les composés ioniques et, d'autre part, à les dissoudre dans le même volume d'eau. En outre, pour pouvoir mettre en évidence l'effet thermique de la dissolution de ces composés, les élèves doivent être d'abord amenés à relever la température initiale de l'eau et à dissoudre ensuite chaque composé ionique dans l'eau et à relever la température finale de chaque solution. Ils doivent s'appuyer sur la variation de la température pour inférer l'effet thermique accompagnant la dissolution. A cet égard, nous postulons que des élèves pourraient avoir du mal à savoir comment mesurer l'évolution de la température d'un système au cours d'une transformation. A la suite de la mise en œuvre du protocole expérimental, les élèves sont censés inférer trois effets thermiques qui peuvent accompagner une transformation : un dégagement de la chaleur (la transformation est dite exothermique), une absorption de la chaleur (la transformation est dite endothermique), aucun effet thermique (la transformation est dite athermique).

Pour mettre en évidence les paramètres influant sur la quantité d'énergie échangée lors de la dissolution d'un composé ionique, Sarah a fait le choix d'utiliser une simulation de dissolution de composés ioniques et d'amener les élèves à confronter la variation de la température obtenue expérimentalement avec celle visualisée sur le simulateur. Ceci témoigne d'une PCK/stratégie que nous formulons de la façon suivante : « l'enseignante sait que pour mettre en évidence les paramètres pouvant influencer sur la quantité d'énergie échangée lors d'une dissolution, il est intéressant d'utiliser une simulation montrant l'effet thermique d'une dissolution ». En effet, la simulation utilisée par Sarah montre la température initiale de l'eau avant toute dissolution et permet aux élèves de contrôler deux variables : la masse du composé ionique et le volume d'eau (voir Figure 96).

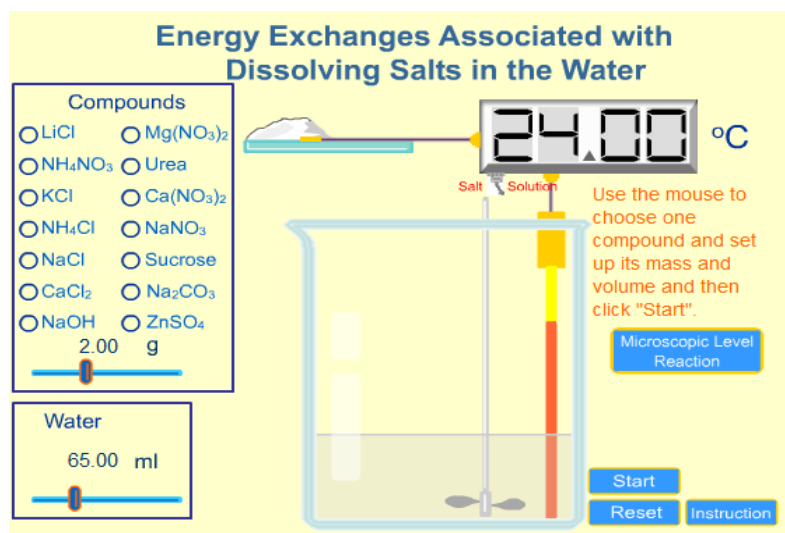


Figure 96. Température initiale d'eau visualisée sur le simulateur

Les élèves doivent sélectionner un composé ionique spécifique parmi la liste des composés ioniques proposés dans le simulateur et ils doivent donc être amenés à simuler la dissolution de ce composé ionique en fixant l'une de ces variables et en faisant varier l'autre. En comparant la température initiale de l'eau et la température finale de la solution, les élèves

doivent inférer que deux paramètres peuvent influencer sur l'écart de température : la masse du composé ionique (voir Figure 97 et Figure 99) et le volume d'eau (Figure 97 et Figure 98). Ils doivent ainsi conclure que si la variation de température dans l'expérience et dans la simulation n'est pas la même c'est parce que la masse du composé ionique et/ou le volume d'eau n'étaient pas les mêmes dans les deux cas. Ensuite, afin de valider l'influence de ces deux paramètres identifiés à partir de la simulation, les élèves sont censés proposer et mettre en œuvre une expérience.

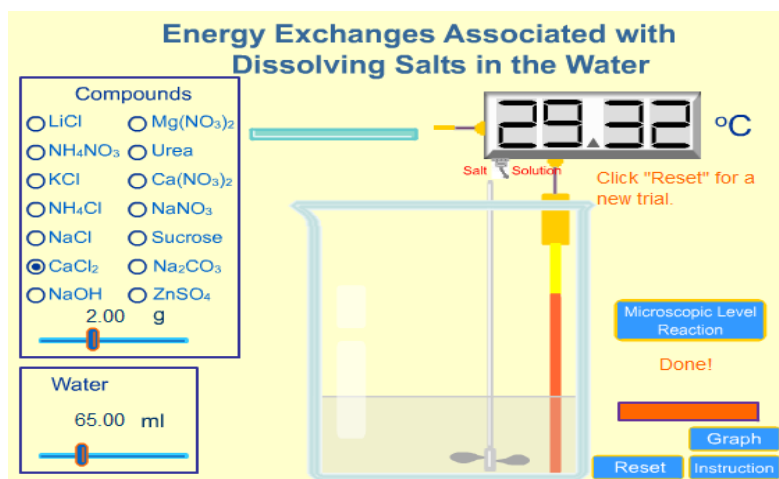


Figure 97. Température finale atteinte par la solution (le composé ionique dissous étant CaCl₂) pour une masse de 2g de CaCl₂ et un volume d'eau de 65ml

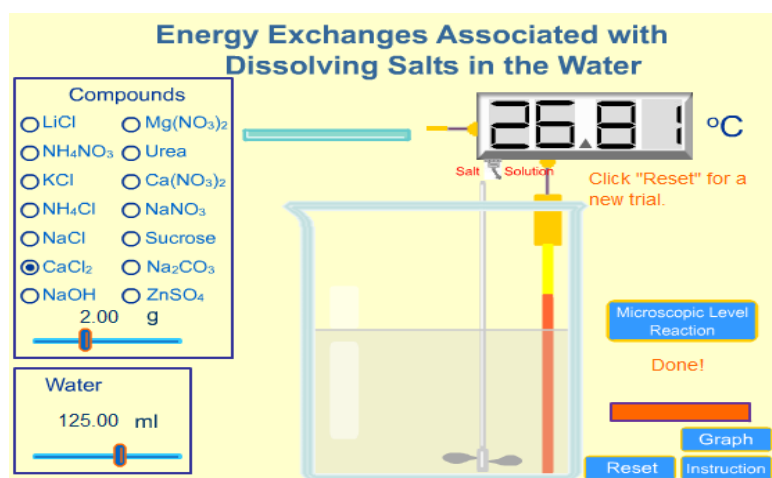


Figure 98. Température finale atteinte par la solution (le composé ionique dissous étant CaCl₂) pour une masse de 2g de CaCl₂ et un volume d'eau de 125ml

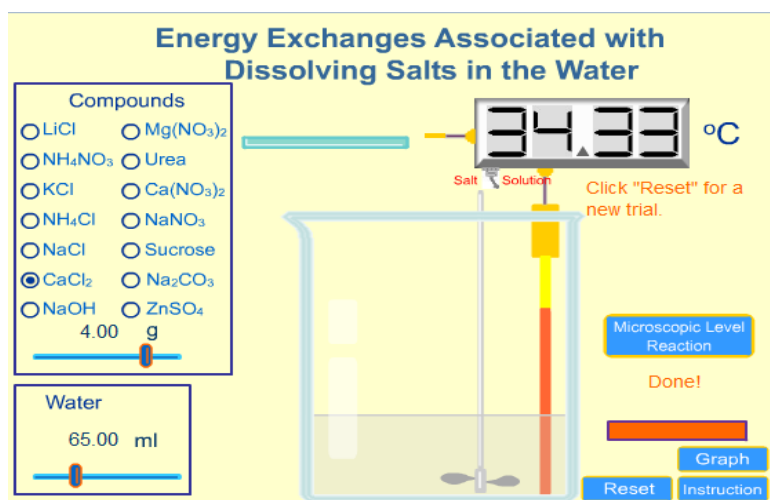


Figure 99. Température finale atteinte par la solution (le composé ionique dissous étant CaCl_2) pour une masse de 4g de CaCl_2 et un volume d'eau de 65ml

Par ailleurs, une deuxième simulation a été également choisie par Sarah : il s'agit de la simulation de la dissolution d'un composé ionique, à savoir le chlorure de sodium. Cette simulation permet de modéliser les étapes de la dissolution de ce composé ionique à l'échelle microscopique. A travers cette simulation, les élèves doivent être amenés à inférer que ces étapes correspondent à des processus exothermiques ou endothermiques et que suivant l'importance relative de ces étapes, le bilan global peut donc être exothermique, athermique ou endothermique. Nous postulons que les élèves pourraient avoir du mal à identifier, au niveau microscopique, les échanges d'énergie mis en jeu lors de cette dissolution et à appréhender donc les étapes de la dissolution.

Ensuite, les élèves sont censés observer et proposer une explication de ce qui se passe lorsqu'une goutte d'acétone est versée sur la main. Ils doivent être amenés à inférer que le passage de l'acétone, par évaporation, de l'état liquide à l'état gazeux, absorbe de l'énergie que la substance puise dans l'air environnant et qu'il s'agit donc d'une transformation endothermique.

A la fin du TP, deux exemples d'application sont proposés aux élèves. Le premier évoque deux transformations lors d'un effort physique : la combustion du glucose et la transpiration. Les élèves doivent identifier ces deux transformations ainsi que leur effet thermique. Le deuxième exemple concerne la bouillote chimique où il s'agit pour les élèves de déterminer le type de transformation utilisé pour libérer de l'énergie. Donc ces deux exemples visent à conclure le TP et à rendre compte d'autres types de transformations que la dissolution et à mettre en évidence leur effet thermique.

Ainsi, l'analyse de cette ressource-fille montre que du point de vue de la *nature du problème* (§ 3.4.5), la consigne proposée aux élèves est ouverte, mais le matériel est limité vu qu'il est donné dans l'énoncé du TP. L'*origine du questionnement* (§ 3.4.5) réside dans un problème apporté par l'enseignante et en lien avec l'expérience des élèves dans la mesure où il est présenté par une situation de départ faisant référence à des objets de la vie courante. Les élèves sont censés travailler en autonomie et pratiquer une démarche expérimentale pour mettre en évidence l'effet thermique d'une transformation physique. Nous considérons donc que, à travers cette ressource-fille, Sarah pourrait mettre en place des DI.

6.4.3. Analyse du système d'activité de Sarah en classe orienté vers la mise en œuvre de ressources-filles

Nous présentons ici l'analyse du système d'activité de Sarah en classe orienté vers l'objet « mise en œuvre de ressources-filles fondées sur les DI ». Deux étapes du cycle de vie d'un document, à savoir la mise en œuvre de ressources-filles et l'adaptation *in situ* de ces ressources-filles sont en jeu ici. A partir de cette analyse, nous cherchons à identifier les connaissances professionnelles de Sarah, en particulier ses PCK/compréhension des élèves et ses PCK/stratégie, mais aussi ses règles d'action et ses orientations pour les DI. Pour ce faire, nous nous basons sur la méthodologie d'analyse des séances vidéo que nous avons développée (§ 3.4.6). Les résultats présentés ici ne concernent pas seulement l'action de Sarah en classe, mais ils impliquent également l'analyse des ressources-filles que nous venons de développer (§ 6.4.1 et § 6.4.2).

Dans un premier temps, nous présentons des exemples d'extraits des séances de classe à partir desquelles nous inférons des PCK et des règles d'action de Sarah. Dans un second temps, nous dégageons ses orientations pour les DI à partir du regroupement de l'ensemble des règles d'action identifiées à travers notre analyse.

Des PCK et des règles d'action de Sarah mobilisées par la mise en œuvre de DI

Nous présentons ici des exemples d'extraits des séances de classe de Sarah que nous avons observées, en particulier des deux séances de TP fondés sur les DI, à partir desquelles nous inférons des PCK et des règles d'action. Nous synthétisons ensuite sous forme d'un tableau l'ensemble des PCK déduites à partir de notre analyse.

Au cours de la mise en œuvre du TP « évolution d'un système chimique », nous avons repéré, à maintes reprises dans la séance, que lorsqu'un élève considère que la quantité du gaz CO₂ produite par le système 2 est plus grande que celle produite par le système 1, Sarah tente d'amener l'élève à préciser combien de fois cette quantité est plus grande. Nous détaillons ceci à partir de l'extrait ci-dessous (Tableau 48).

E1 : madame
P : (lit les notes que E1 a écrites). Alors d'après toi, le système 2 il en produit plus ?
E1 : oui parce qu'il a plus de vinaigre
P : bon, pourquoi pas. Est-ce que tu pourrais préciser encore un tout petit peu plus. Est-ce que tu as une idée de combien de fois plus ?
E1 : silence
E2 : bah quatre fois plus
P : quatre fois plus, pourquoi ?
E2 : parce qu'il a quatre fois plus de vinaigre
P : ok, ça paraît logique, c'est une hypothèse qui semble bonne

Tableau 48. Extrait de la transcription de la séance du TP « Evolution d'un système chimique » avec le binôme 2 (temps dans la séance 0 : 23 : 00 – 0 : 23 : 30)

Dans cet extrait qui montre les échanges de Sarah avec les élèves du binôme 2, nous repérons que l'hypothèse formulée par l'élève E1 consiste à dire que le système 2 produit plus de gaz CO_2 que le système 1. D'ailleurs, dans l'analyse de la ressource-fille en question, nous avons précisé que cette hypothèse sera spontanément formulée par les élèves (§ 6.4.1). Une PCK/compréhension des élèves semble mise en jeu ici : « l'enseignante sait que l'élève considère que le système 2 produit plus de quantité de CO_2 que le système 1 car la quantité de matière d'acide éthanoïque dans le système 2 est plus grande ». Ayant repéré la position de l'élève par rapport au savoir, Sarah choisit d'amener l'élève à justifier son raisonnement en lui demandant de déterminer combien de fois la quantité du dioxyde de carbone dans le système 2 sera plus grande que celle dans le système 1. Sarah vise donc à amener l'élève à réfléchir davantage sur le rapport de proportionnalité entre le volume ou la quantité de matière du vinaigre dans le système 1 et le système 2. Ceci témoigne d'une PCK/stratégie que nous formulons comme ceci : « l'enseignante sait qu'il est intéressant d'amener les élèves, qui considèrent que le système 2 produit plus de quantité de dioxyde de carbone que le système 1, à faire une prévision quantitative et déterminer combien de fois cette quantité sera plus grande ». Cette connaissance que nous avons inférée traduit une règle d'action liée à la dimension de l'argumentation scientifique du modèle ESFI (§ 2.1.2) : « faire justifier les réponses par des savoirs ou des résultats ». Par ailleurs, nous inférons à partir de cet extrait, une autre PCK/compréhension des élèves que nous formulons de la façon suivante : « l'enseignante sait que l'élève pense que si la quantité de matière d'acide éthanoïque est quatre fois plus grande dans le système 2 que dans le système 1, alors le système 2 produit une quantité de dioxyde de carbone qui sera quatre fois plus grande que celle produite par le système 1 ».

Alors que ce groupe d'élèves (le binôme 2) discute avec Sarah à propos de son hypothèse qu'il a formulée comme nous venons de le voir dans l'extrait ci-dessus (Tableau 48), un autre groupe d'élèves (le binôme 1) était en train de suivre le raisonnement du binôme 2 et l'argumentation qu'il donne pour justifier son hypothèse. De ce fait, ce groupe, qui était en désaccord avec l'hypothèse formulée par le binôme 2, s'est impliqué dans la discussion avec l'enseignante pour argumenter et exprimer son raisonnement (Tableau 49).

P : ok, ça paraît logique, c'est une hypothèse qui semble bonne (P parle aux élèves du binôme 2)
E1 : je suis pas d'accord (E1 intervient dans la discussion entre P et le binôme 2)
E2 : moi aussi je suis pas d'accord
E1 : parce que en fait ils disent dans l'énoncé qu'une mole réagit avec une mole de truc
P : oui
E1 : donc vu que là il y a le même nombre de moles de solide eh bah la réaction ça va être la même, enfin ça va être les deux mêmes réactions sauf que dans le produit, il y aura plus de vinaigre en plus quoi. Donc je pense que ça va être ça
P : donc il y aura plus de vinaigre ici donc tu penses que ça va réagir exactement pareil
E1 : oui donc on va former la même quantité de CO_2 parce qu'on a mis la même quantité du solide

P : eh ben tu m'écrit ça. C'est une bonne hypothèse aussi. Voilà son hypothèse est excellente (l'hypothèse du binôme 2), la tienne aussi. Elles sont toutes les deux bonnes, mais elles sont différentes

Tableau 49. Extrait de la transcription de la séance du TP « Evolution d'un système chimique » avec le binôme 1 (temps dans la séance 0 : 23 : 30 – 0 : 24 : 30)

Nous repérons que dans cet extrait, le raisonnement du binôme 1 est différent de celui du binôme 2 mis en évidence dans l'extrait précédent. En effet, les élèves du binôme 1 considèrent que les deux systèmes 1 et 2 vont produire la même quantité du dioxyde de carbone étant donné qu'ils sont composés de la même quantité de matière de l'hydrogénocarbonate de sodium solide. Leur raisonnement s'oppose donc à celui des élèves du binôme 1 qui considèrent que ces deux systèmes n'évoluent pas de la même façon et que la quantité de CO_2 produite par le système 2 sera plus grande que celle produite par le système 1 du fait de la quantité de matière du vinaigre qui est plus grande dans le système 2. Nous constatons aussi que les élèves du binôme 1 considèrent qu'il y aura du vinaigre qui reste à la fin de la réaction, le raisonnement de ces élèves relève d'ailleurs du monde des théories et des modèles (§ 2.3.6). Nous inférons ainsi qu'une PCK/compréhension des élèves est mise en jeu ici : « l'enseignante sait que les élèves considèrent que deux systèmes chimiques ayant la même quantité de matière d'un réactif (ici c'est l'hydrogénocarbonate de sodium) produisent la même quantité du dioxyde de carbone ». Par ailleurs, nous repérons que devant deux hypothèses différentes formulées par les deux binômes, Sarah choisit de rester en retrait et de ne pas trancher entre les arguments proposés par les élèves des deux groupes. Elle signale aux élèves que les deux hypothèses sont valables, en d'autres mots elle laisse la balle dans leur camp et fait complètement œuvre de *réticence didactique*. Elle laisse donc le champ libre aux élèves pour formuler leurs propres hypothèses, argumenter et justifier leur raisonnement. Nous en inférons une PCK/stratégie que nous formulons de la façon suivante : « l'enseignante sait qu'il est intéressant de laisser les élèves formuler leurs hypothèses quant à la quantité du dioxyde de carbone produite dans chaque système sans intervenir pour valider ou invalider leurs arguments ». Nous inférons aussi que la règle d'action mise en œuvre à travers cette PCK relève de la dimension du modèle ESFI concernant la responsabilisation des élèves (§ 2.1.2): « rendre les élèves responsables du processus d'investigation ». Or si nous revenons à l'analyse des interactions collectives de Sarah qui ont donné lieu à la ressource-fille en question (§ 6.3.2), nous repérons que cette réticence didactique prend sa source dans les échanges de Sarah avec sa collègue Rachel, et plus particulièrement dans le style de pensée porté par ces deux enseignantes. Nous avons, en effet, relevé que c'est l'autonomie des élèves, dans la construction de leur savoir et dans la formulation de leurs hypothèses, qui a présidé à la construction de cette ressource-fille et à la façon dont sa mise en œuvre a été envisagée. Plus précisément, nous avons repéré que c'est le travail collectif de Sarah avec Rachel qui a débouché sur un questionnaire ouvert qui laisse la possibilité aux élèves de développer leurs propres arguments. Nous avons en plus caractérisé le style de pensée comme étant fondé sur la nécessité d'autonomie des élèves dans leur démarche. La règle d'action que nous avons inférée tire donc son origine de ce style de pensée. Ainsi, nous pouvons parler ici d'une *interférence* au niveau du *style de pensée* entre le système d'activité de Sarah au sein de

la communauté de ses collègues de SPC impliquant Rachel et son système d'activité en classe (Figure 100).

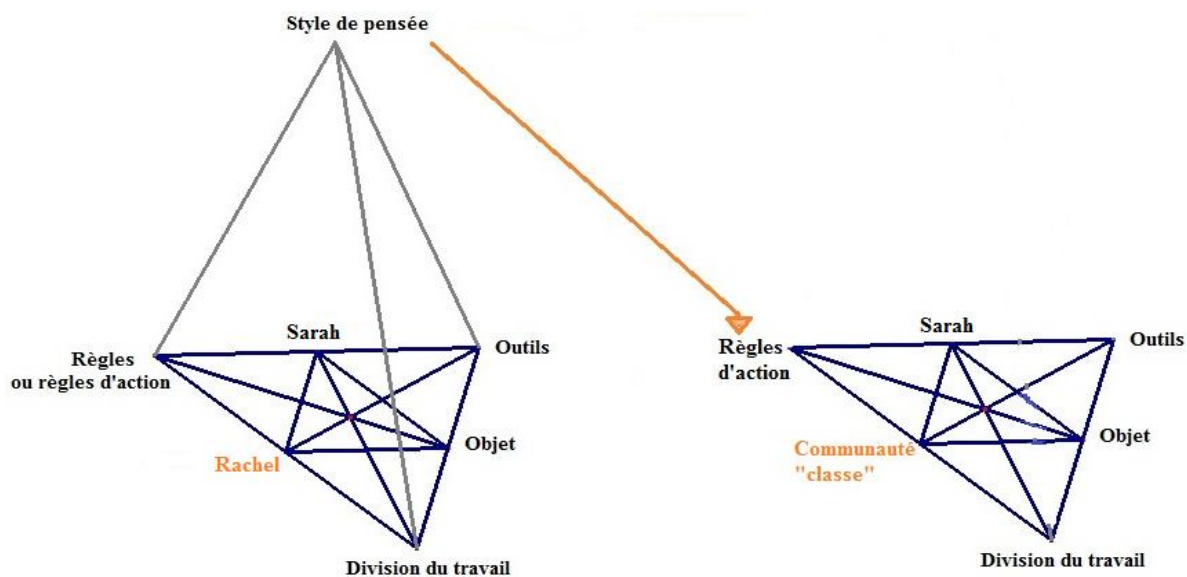


Figure 100. Interférence au niveau du style de pensée entre les systèmes d'activité de Sarah

Suivant cette interférence, nous repérons que ce style de pensée est intégré au niveau des règles d'action de Sarah en classe. Comme ces règles d'action sont mises en œuvre à travers des PCK, nous pouvons donc relever que ces PCK sont sans doute imprégnées de ce style de pensée, elles sont donc une conséquence de cette interférence. Cependant, cette interférence n'entraîne pas simplement un effet producteur de PCK, mais aussi des orientations de Sarah pour les DI dans la mesure où ces orientations pilotent les règles d'action de Sarah. De ce fait, nous inférons que Sarah développe des PCK et des orientations pour les DI générées par l'interférence, au niveau du style de pensée, entre ses systèmes d'activité.

Dans un autre exemple d'extrait (Tableau 50), nous repérons que l'élève considère que les deux systèmes 1 et 2 ne produisent pas la même quantité du dioxyde de carbone car ils ont des compositions initiales différentes en vinaigre. Ayant repéré la position de l'élève par rapport au savoir, Sarah choisit de confronter cet élève avec une hypothèse élaborée par un autre groupe et qui s'oppose à la sienne. Donc Sarah renvoie ici une contradiction à la réflexion et au raisonnement de l'élève. Son but est de susciter la pensée critique de l'élève et de provoquer sa réflexion sans intervenir ou juger son raisonnement. Comme dans l'extrait précédent, elle fait preuve de réticence didactique et laisse alors le champ libre à l'élève pour raisonner et argumenter. Ainsi, cet extrait révèle que Sarah mobilise une PCK/stratégie que nous formulons comme ceci : « l'enseignante sait qu'il est intéressant de confronter l'élève, qui considère que les deux systèmes chimiques ne produisent pas la même quantité de dioxyde de carbone, avec une hypothèse contradictoire d'un autre groupe ». La règle d'action mise en œuvre à travers cette PCK est la même que celle que nous avons identifiée dans l'extrait précédent : « rendre les élèves responsables du processus d'investigation ». D'ailleurs, nous inférons que la réticence didactique dont Sarah fait preuve découle de ses interactions collectives avec Rachel ; la règle d'action repérée dans cet extrait émane, comme nous venons de le montrer dans l'extrait précédent, du style de pensée partagé par Sarah et

Rachel. De ce fait, nous pouvons renforcer nos résultats quant à l'*interférence* au niveau du *style de pensée* entre le système d'activité de Sarah en classe et son système d'activité avec sa collègue Rachel. Ceci appuie davantage nos inférences quant au développement des PCK, et au-delà des orientations de Sarah pour les DI, induit par cette interférence.

E1 : ils disent qu'une mole d'hydrogénocarbonate
P : c'est quoi l'hydrogénocarbonate
E1 : c'est HCO_3^-
P : voilà c'est ça
E1 : oui donc une mole d'hydrogénocarbonate avec une mole d'acide éthanoïque donc c'est là ça fait une mole d'eau, une mole de gaz carbonique et une mole d'ions éthanoate (E1 lit l'énoncé du TP)
P : voilà
E1 : une mole de chaque
P : donc ce que je veux savoir c'est est-ce que dans ces deux systèmes d'après toi est-ce que je vais avoir les mêmes quantités de gaz CO_2
E1 : bah ça sera pas pareil
P : pourquoi
E1 : parce qu'il y a pas là le même millilitre de vinaigre
P : voilà donc toi tu peux dire ça. Là bas, l'autre groupe elles pensent que ça sera pareil parce que j'ai mis la même quantité d'hydrogénocarbonate. Voilà l'important c'est tu argumentes voilà

Tableau 50. Extrait de la transcription de la séance du TP « Evolution d'un système chimique » avec le binôme 4 (temps dans la séance 0 : 24 : 42 – 0 : 26 : 10)

Par ailleurs, l'extrait ci-dessous (Tableau 51) met en évidence les interactions de Sarah avec un groupe d'élèves qui travaille sur le simulateur.

E1 : madame, pourquoi la réaction s'arrête-t-elle, on sait pas pourquoi
P : bah qu'est-ce qu'il y a à la fin, forcément vous pouvez faire ce que vous voulez. Bon là, il y a 0 ; 1,1 ; 2 ; 2 (l'enseignante lit sur le simulateur les quantités de matières présentes à l'état final). Bon, je vais changer, je vais mettre, je refais ma simulation : 0 ; 0,5 ; 2,6 ; 2,6. Je vais recommencer voilà 0,2 ; 0 ; 3,1 ; 3,1.
E1 : c'est toujours la même chose en fait
P : alors qu'est-ce qui est toujours pareil à la fin
E2 : bah les proportions
E1 : en fait, c'est proportionnel, non non
P : là j'ai pris par exemple 3,3 ; 3,1. J'ai fait lancé mon système, je suis à la fin 0,2 ; 0 ; 3,1 ; 3,1. Donc je mets 4 et 3,1 j'ai 0,9 ; 0 ; 3,1 ; 3,1
E1 : la quantité d'ions éthanoate et de dioxyde de carbone est toujours la même

E2 : non, elle vient surtout de la quantité de l'acide éthanóïque, elle revient au même à la fin de la réaction
P : ah, alors attendez, je vais vous faire un autre (l'enseignant simule un autre système). Alors pourquoi ça s'arrête. J'ai fait plusieurs systèmes vous voyez
E2 : bah il y en a plus
P : ah voilà
E2 donc ça s'arrête quand il y a en a plus, quand le réactif est à 0

Tableau 51. Extrait de la transcription de la séance du TP « Evolution d'un système chimique » avec le binôme 6 (temps dans la séance 01 : 11 : 38 – 01 : 13 : 49)

Nous identifions que ce groupe éprouve des difficultés à comprendre la raison pour laquelle la réaction chimique étudiée s'arrête. Devant ces difficultés que Sarah a repérées, elle choisit de simuler plusieurs systèmes chimiques pour amener les élèves à les comparer et à voir ce qui est toujours commun entre ces systèmes à l'état final et à inférer donc que la réaction s'arrête quand au moins un des réactifs a disparu. De fait, nous inférons que Sarah mobilise une PCK/compréhension des élèves : « l'enseignante sait que les élèves ont du mal à comprendre pourquoi la réaction chimique entre l'acide éthanóïque et l'hydrogénocarbonate de sodium s'arrête ». Nous repérons que, après avoir comparé et visualisé la quantité de matière des réactifs et des produits dans le cas de plusieurs systèmes chimiques, les élèves sont enfin arrivés à donner la bonne réponse. Donc nous voyons ici Sarah se refuser à intervenir pour donner la réponse aux élèves ; en revanche, elle les oriente vers la réponse en simulant plusieurs systèmes chimiques. De ce fait, cet extrait met en exergue une PCK/stratégie : « l'enseignante sait que, pour aider les élèves à comprendre pourquoi la réaction s'arrête, il est intéressant de simuler plusieurs systèmes chimiques ayant des compositions initiales différentes et d'amener les élèves à raisonner sur ce qui est identique entre ces systèmes ». La règle d'action mise en œuvre à travers cette PCK est liée à la dimension du modèle ESFI concernant la responsabilisation des élèves dans la conduite de l'investigation (§ 2.1.2) : « rendre les élèves responsables du processus d'investigation » en ce sens qu'une responsabilité importante est laissée ici aux élèves vis-à-vis de la construction du savoir chimique en jeu.

Au cours de la mise en œuvre du TP « effets de la transformation d'un système », nous avons repéré que certains élèves avaient du mal à savoir comment mesurer la variation de la température d'un système au cours d'une transformation. D'ailleurs, dans l'analyse de la ressource-fille, nous avons évoqué que des élèves pourraient éprouver des difficultés là-dessus (§ 6.4.2). Nous détaillons ceci dans l'extrait ci-dessous (Tableau 52).

P : Sabrina, ça va
E1 : oui ça va
P : ça serait bon que tu participes à la discussion là. (P lit les notes écrites par E2 sur le protocole expérimental). Donc tu vas utiliser un tube témoin, ok (P parle à E2). C'est quoi l'enjeu du tube témoin Sabrina
E1 : de voir ce qui se passe quoi

P : alors quel est l'intérêt, explique-lui Mélissa
E2 : bah justement le tube témoin c'est pour comparer la chaleur dans les tubes avant et après la dissolution, c'est ça
P : oui parce que si je te dis par exemple je mesure 17° dans le tube, est-ce que la réaction a libéré du chaud ou du froid
E1 : du chaud
P : du chaud
E1 : j'ai pas compris votre question
P : si tu mesures la température dans le tube, tu as dissous un composé ionique et tu mesures 17°. Est-ce que ça a produit du chaud ou du froid
E1 : ça a produit du chaud
E2 : ça dépend de la température initiale
E2 : ah c'est pour ça qu'il faut faire un tube témoin

Tableau 52. Extrait de la transcription de la séance du TP « Effets de la transformation d'un système » avec le binôme 2 (temps dans la séance 0 : 28 : 45 – 0 : 29 : 40)

Dans cet extrait, nous repérons que Sarah a identifié que E1 n'était pas impliqué dans la réflexion sur le protocole expérimental permettant de mettre en évidence l'effet thermique de la dissolution des composés ioniques. A partir des notes écrites par E2, Sarah remarque que cet élève propose d'utiliser un tube témoin pour mesurer la température initiale de l'eau et pour pouvoir donc mesurer la variation de la température avant et après la dissolution des composés ioniques. Ainsi, ayant repéré que E1 est relativement à la marge par rapport à la réflexion et que le raisonnement de E2 est correct ou, autrement dit, ayant identifié la position des élèves par rapport au savoir, Sarah choisit de faire interagir ces deux élèves ensemble. De fait, elle demande à E2 d'expliquer à E1 l'intérêt de l'utilisation du tube témoin. L'objectif de Sarah ici est d'amener les deux élèves à s'investir collectivement dans la résolution du problème et encore plus d'amener E1 à s'engager dans la réflexion et à argumenter en prenant appui sur E2. Cet extrait met donc en évidence une PCK/compréhension des élèves : « l'enseignante sait que, pour mettre en évidence l'effet thermique de la dissolution d'un composé ionique, l'élève a du mal à comprendre l'intérêt de mesurer la température initiale de l'eau ». Nous inférons également une PCK/stratégie que nous formulons de la façon suivante : « l'enseignante sait qu'il est intéressant de faire interagir l'élève qui a compris l'intérêt de mesure de la température initiale de l'eau avec un autre élève qui n'a pas compris ». En outre, nous repérons dans cet extrait, mais aussi à maintes reprises au cours de cette séance de TP, que pour amener les élèves à savoir et comprendre comment mesurer la variation de la température permettant de mettre en évidence l'effet thermique d'une dissolution, Sarah se sert d'un exemple d'une température finale d'une solution (après la dissolution du composé ionique) et interroge l'élève sur l'effet thermique accompagnant cette dissolution. Ce faisant, Sarah vise à montrer à l'élève que le protocole expérimental suppose de relever la température initiale de l'eau. Ceci témoigne d'une PCK/stratégie : « l'enseignante sait que, pour montrer à l'élève l'intérêt de mesurer la température initiale de l'eau, il est intéressant de s'appuyer sur un exemple d'une valeur de température obtenue à la suite d'une dissolution d'un composé

ionique et d'amener l'élève à identifier l'effet thermique de cette transformation ». Par ailleurs, la règle d'action mise en œuvre à travers les PCK que nous avons inférées est liée à dimension du modèle ESFI relevant de la prise en compte de la diversité des élèves (§ 2.1.2): « vérifier la compréhension dans chaque groupe ».

Ainsi, nous avons présenté dans cette partie quelques exemples d'extraits des séances de classe à partir desquelles nous avons explicité comment nous avons inféré des PCK/compréhension des élèves, des PCK/ stratégie et des règles d'action de Sarah. Nous proposons de synthétiser les PCK que nous avons déduites à travers notre analyse de l'observation de la séquence de Sarah basée sur les DI dans le tableau ci-dessous (Tableau 53).

PCK/compréhension des élèves
1. L'enseignante sait que les élèves ont du mal à distinguer entre une transformation chimique et une transformation physique
2. L'enseignante sait que les élèves ont du mal à conceptualiser l'évolution d'un système chimique en termes de transformation chimique
3. L'enseignante sait que l'élève éprouve une difficulté à conceptualiser la transformation chimique entre l'hydrogénocarbonate de sodium et l'acide éthanóique en termes de changement de nature des substances chimique
4. L'enseignante sait que l'élève pense que la formation du dioxyde de carbone provient de la décomposition de l'hydrogénocarbonate de sodium et que l'acide éthanóique n'a aucun effet
5. L'enseignante sait que les élèves considèrent que deux systèmes chimiques ayant la même quantité de matière d'un réactif (ici c'est l'hydrogénocarbonate de sodium) produisent la même quantité du dioxyde de carbone
6. L'enseignante sait que les élèves ont du mal à décrire l'évolution de deux systèmes chimiques ayant des compositions initiales différentes
7. L'enseignante sait que l'élève considère que le système 2 produit plus de quantité de CO ₂ que le système 1 car la quantité de matière d'acide éthanóique dans le système 2 est plus grande
8. L'enseignante sait que l'élève pense que si la quantité de matière d'acide éthanóique est quatre fois plus grande dans le système 2 que dans le système 1, alors le système 2 produit une quantité de dioxyde de carbone qui sera quatre fois plus grande que celle produite par le système 1
9. L'enseignante sait que l'élève pense que plus la quantité de matière d'acide éthanóique est grande, plus l'espace pour le dégagement de bulles de dioxyde de carbone sera petit et donc plus la quantité de dioxyde de carbone sera petite
10. L'enseignante sait que les élèves ont du mal à comprendre pourquoi la réaction chimique entre l'acide éthanóique et l'hydrogénocarbonate de sodium s'arrête
11. L'enseignante sait que, pour mettre en évidence l'effet thermique de la dissolution d'un composé ionique, l'élève a du mal à comprendre l'intérêt de mesurer la température initiale de

l'eau
PCK/stratégie
1. L'enseignante sait que pour aider les élèves à décrire un système chimique et son évolution, il est intéressant d'utiliser une simulation d'une réaction chimique et d'amener les élèves à confronter leurs observations expérimentales avec ce que montre cette simulation
2. L'enseignante sait que pour aborder l'enseignement de l'évolution d'un système chimique, il est intéressant de faire un lien avec des savoirs acquis au cours des séances précédentes concernant les notions de transformation chimique, de réactifs et de produits
3. L'enseignante sait qu'il est intéressant de faire référence à l'hydrogénocarbonate de sodium sous forme de poudre et à la bouteille du vinaigre, objet du monde perceptible, lorsqu'elle parle de l'état initial du système chimique, propriété du monde non perceptible
4. L'enseignante sait qu'il est intéressant d'amener les élèves, qui considèrent que le système 2 produit plus de quantité de dioxyde de carbone que le système 1, à faire une prévision quantitative et déterminer combien de fois cette quantité sera plus grande
5. L'enseignante sait qu'il est intéressant de laisser les élèves formuler leurs hypothèses quant à la quantité du dioxyde de carbone produite dans chaque système sans intervenir pour valider ou invalider leurs arguments
6. L'enseignante sait qu'il est intéressant de confronter l'élève, qui considère que les deux systèmes chimiques ne produisent pas la même quantité de dioxyde de carbone, avec une hypothèse contradictoire d'un autre groupe
7. L'enseignante sait que, pour amener les élèves à réfléchir sur la technique de récupération de dioxyde de carbone, il est intéressant de les faire réfléchir sur le rôle de l'éprouvette graduée dans le dispositif expérimental
8. L'enseignante sait que, pour aider les élèves à comprendre pourquoi la réaction s'arrête, il est intéressant de simuler plusieurs systèmes chimiques ayant des compositions initiales différentes et d'amener les élèves à raisonner sur ce qui est identique entre ces systèmes
9. L'enseignante sait qu'il est intéressant de faire interagir l'élève qui a compris l'intérêt de mesure de la température initiale de l'eau avec un autre élève qui n'a pas compris
10. L'enseignante sait que, pour montrer à l'élève l'intérêt de mesurer la température initiale de l'eau, il est intéressant de s'appuyer sur un exemple d'une valeur de température obtenue à la suite d'une dissolution d'un composé ionique et d'amener l'élève à identifier l'effet thermique de cette transformation
11. L'enseignante sait que pour aider les élèves à mettre en évidence, au moyen de démarches d'investigation, les effets thermiques de la transformation d'un système, il est intéressant de faire une dissolution des composés ioniques
12. L'enseignante sait que pour mettre en évidence les paramètres pouvant influencer sur la quantité d'énergie échangée lors d'une dissolution, il est intéressant d'utiliser une simulation montrant l'effet thermique d'une dissolution

Tableau 53. Liste des PCK inférées à partir de l'analyse des observations de classe et des ressources-filles

Quelles orientations pour les DI

Nous présentons ici les orientations de Sarah pour les DI que nous avons inférées à partir de l'analyse de ressource-fille et des observations de classe. Rappelons que suivant la méthodologie d'analyse des séances de classe que nous avons développée (§ 3.4.6), nous avons considéré ces orientations comme un ensemble de règles d'actions identifiées dans la pratique de l'enseignant et à travers ses ressources-filles.

Comme nous venons de le montrer, l'analyse des séances de classe et des ressources-filles nous a permis d'inférer un ensemble de PCK/compréhension des élèves et de PCK/stratégie mobilisées par Sarah pour mettre en place des DI. En appliquant notre méthodologie d'analyse (§ 3.4.6), nous avons dégagé des règles d'action de Sarah à partir de ces PCK et en référence au modèle ESFI à six dimensions.

Nous proposons, à partir du regroupement de l'ensemble des règles d'action identifiées et mises en œuvre à travers les PCK, de dégager les orientations de Sarah pour les DI par rapport aux six dimensions du modèle ESFI (voir Tableau 54).

Dimension du modèle ESFI	Niveau	Règles d'action
Questionnement	1	proposer un problème
	2	Proposer un problème en lien vers l'expérience des élèves
Problème	3	proposer une consigne ouverte et un matériel limité
Responsabilité	3	rendre les élèves responsables du processus d'investigation
Diversité	3	Vérifier la compréhension dans chaque groupe
Argumentation	3	Permettre la prise en compte des arguments d'autrui
	4	Faire justifier les réponses par des savoirs ou des résultats
Explicitation	1	Enoncer les attentes pour la séance en cours

Tableau 54. L'ensemble des règles d'action de Sarah

Par conséquent, nous situons les orientations de Sarah pour les DI dans un espace à six dimensions. Nous retenons de notre analyse que les règles d'action mobilisées par rapport à la dimension « argumentation » sont celles qui atteignent chez Sarah le plus niveau de réalisation (niveau 4), suivies simultanément des dimensions « responsabilité », « diversité », « problème ». Ces dimensions correspondent donc aux règles d'action centrées majoritairement sur l'élève dans la mise en œuvre de DI (car correspondant aux niveaux ou paliers 3 et 4, voir le modèle ESFI, § 2.1.2). En revanche, les dimensions « questionnement »

et « explicitation » correspondent aux règles d'action centrées sur l'enseignant (car correspondant aux niveaux ou paliers 1 et 2, § 2.1.2). Nous illustrons par une représentation graphique les niveaux de règles d'action de Sarah inférées à partir de notre analyse (Figure 101).

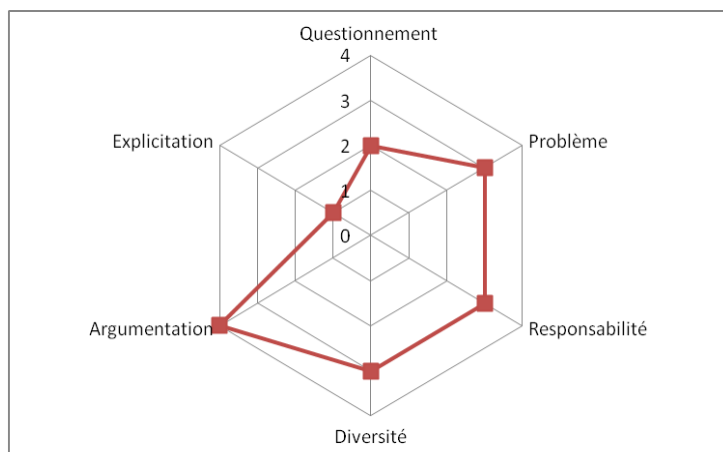


Figure 101. Représentation graphique des niveaux des règles d'action qui guident l'activité de Sarah lors de la mise en place des DI

Ainsi, au cours de la mise en place des DI, Sarah, guidée par ses orientations, privilégie la responsabilité des élèves et le développement de leur argumentation scientifique. D'ailleurs, ceci a été mis en évidence dans la partie précédente et a été interprété comme une conséquence de l'interférence, au niveau du style de pensée, entre le système d'activité de Sarah avec sa collègue Rachel et son système d'activité en classe. De ce fait, Sarah développe des connaissances professionnelles, et plus particulièrement des orientations pour les DI, induites par cette interférence. En outre, l'accent mis sur l'argumentation et l'autonomie des élèves semble corroborer les résultats que nous avons tirés à partir de l'analyse des réponses de Sarah à l'enquête portant sur les DI (§ 4.3) où nous avons mis en évidence que le développement de l'autonomie et l'argumentation sont, pour Sarah, des capacités plus particulièrement favorisées lors de la mise en œuvre des DI.

6.4.4. Synthèse de l'analyse des PCK et des orientations de Sarah pour les DI

Nous avons présenté dans cette partie notre analyse des PCK, des règles d'action et des orientations de Sarah pour les DI à partir de l'analyse des ressources-filles fondées sur les DI et des observations de séances de classe. Nous avons mis en évidence que Sarah fait preuve de réticence didactique et laisse une importante marge de responsabilité et d'autonomie à ses élèves dans la construction de leurs connaissances. A ce titre, nous avons identifié des règles d'action de Sarah en classe qui prennent leur source dans le style de pensée qui a piloté la conception de ses ressources-filles et ses interactions collectives avec sa collègue Rachel. Nous avons interprété ceci comme une interférence au niveau du style de pensée entre le système d'activité de Sarah en classe et son système d'activité avec Rachel. Nous avons en plus montré que cette interférence engendre un développement des PCK et des orientations de Sarah pour les DI. Ces connaissances professionnelles s'avèrent à la fois un moyen d'action,

mais aussi le résultat de l'action ; elles sont simultanément mobilisées et produites au fil du travail documentaire de Sarah, elles sont donc des *connaissances ouvragées* (§ 2.3.1).

6.5. Conclusion du chapitre

Nous avons présenté dans ce chapitre l'analyse du système de ressources de Sarah, de ses systèmes d'activité, d'une étape du cycle de vie d'un document concernant la conception de ressources-filles basées sur les DI ainsi que l'analyse des PCK et des orientations de Sarah pour les DI qui pilotent la conception et la mise en œuvre de ses ressources-filles. Nous avons cherché tout au long de notre analyse à croiser les diverses données que nous avons collectées pour analyser plus finement la documentation et le système d'interactions de Sarah.

L'analyse de nos données met en évidence que le travail collectif de Sarah se fait essentiellement au sein de la communauté de son lycée (communauté « naturelle »). Nous avons, en effet, relevé que ses échanges avec ses collègues constituent le *cœur* de son système de ressources. Ils semblent constituer un élément déterminant pour la conception et la mise en œuvre de ses ressources-filles fondées sur les DI. Une *osmose* entre son système de ressources et ceux de ses collègues a également été mise en exergue.

Nous avons pu dégager des règles et des caractéristiques du style de pensée porté par la communauté de ses collègues de SPC qui reflètent une ouverture au travail collectif, à la mise en commun de ressources, mais aussi à la mise en place des DI. Plus précisément encore, à travers l'analyse des données de Sarah, nous avons pu apporter un éclairage complémentaire aux résultats que nous avons inférés à partir du suivi de Lucien sur deux années consécutives. Outre le fait que cet éclairage nous a permis de confirmer des résultats tirés de l'étude de cas de Lucien parmi lesquels le développement professionnel de l'enseignant tourné vers les DI comme conséquence de son travail collectif, il nous a aussi permis d'affiner ces résultats en mettant en lumière l'impact du style de pensée porté par la communauté à laquelle l'enseignant appartient. Il apparaît que le style de pensée d'une communauté influence voire conditionne la mise en place des DI par les enseignants membres de cette communauté.

Le traitement des données nous donne à voir des modalités d'intervention du travail collectif de Sarah au niveau des étapes du cycle de vie d'un document : il semble que le travail collectif intervient au niveau de la recherche de ressources, de la conception et de la révision de ressources-filles après usage en classe. Nous avons plus particulièrement montré que le travail collectif de Sarah constitue un appui pour l'élaboration et la mise en œuvre de ses ressources-filles basées sur des DI ; ce travail a, en effet, entraîné l'évolution des ressources-filles de Sarah vers une *démarche plus investigatrice* laissant le champ libre aux élèves, ce qui va dans le sens des DI. Ce travail semble d'ailleurs induire une réorganisation du système de ressources de Sarah. Un apport à la fois productif et constructif du travail collectif a été mis en évidence. De fait, c'est ce travail collectif qui a favorisé et soutenu la conception et la mise en œuvre, pour la *première* fois, de ressources-filles fondées sur les DI.

Nous avons, en outre, constaté que les systèmes d'activité de Sarah sont liés entre eux. Nous avons montré que cette articulation entre les systèmes d'activité se fait au niveau des

ressources, mais aussi au niveau du style de pensée. Nos analyses montrent que ces interférences entraînent un effet producteur de ressources et des connaissances professionnelles, notamment des PCK et des orientations pour les DI.

Si l'on reprend la définition du système d'interactions de l'enseignant (§ 2.4.4), nous pouvons inférer, à partir de nos analyses, que le système d'interactions de Sarah est principalement constitué de trois systèmes d'activité au sein du lycée : le premier impliquant la communauté de ses collègues de SPC, le deuxième la communauté du personnel de laboratoire (les laborantines) et le troisième la communauté de classe. Des articulations entre ces systèmes d'activité ont été mises en exergue.

Chapitre 7. Conclusion et perspectives

En préambule de cette conclusion, nous souhaitons rappeler ce qui constitue l'originalité de notre étude. Si la recherche didactique s'est intéressée aux protagonistes de la relation didactique que sont les professeurs et les élèves, questionnant les pratiques enseignantes des premiers, les apprentissages des seconds, et les interactions dialectiques entre pratiques et apprentissages, son principal terrain d'étude a été jusqu'ici la salle de classe. En revanche, ce qui se joue hors classe a fait l'objet d'une attention plus marginale. En considérant le développement professionnel à partir du travail documentaire, une composante essentielle de l'activité professionnelle de l'enseignant, nous avons été amenée à considérer un autre point de vue : il s'agit de regarder l'activité des professeurs dans son unité et sa dynamique, activité dont la classe n'est qu'un moment. En cherchant à embrasser, autant que faire se peut, la composante collective de ce travail documentaire, nous avons cherché à saisir le système d'interactions des professeurs impliquant une multiplicité de systèmes d'activité au sein de communautés professionnelles et de communautés de classe. Les études prenant en compte cette diversité d'interactions collectives sont, à notre connaissance, à ce jour, peu nombreuses. La particularité de notre étude tient aussi au fait qu'elle a été engagée à l'occasion d'une réforme du lycée, et plus particulièrement au moment de la mise en place institutionnelle des démarches d'investigation (DI) dans l'enseignement des sciences expérimentales en classe de seconde, en particulier de la chimie. Cette particularité, outre son intérêt intrinsèque, nous paraît de nature à structurer notre questionnement.

Notre travail a abordé plusieurs thématiques soutenues par des analyses fines des connaissances professionnelles des enseignants mobilisées par la mise en place des DI ; de l'impact du travail collectif sur le développement professionnel, tourné vers les DI, des enseignants concernés ; de l'interférence des systèmes d'activité des enseignants et plus globalement de l'effet du système d'interactions de ces enseignants sur leur système documentaire.

Au terme provisoire de cette recherche, la conclusion portera sur :

- les réponses à nos questions de recherche (§ 7.1) ;
- le domaine de validité des résultats et les limites de notre étude (§ 7.2) ;
- les possibles apports théorique et méthodologique de notre étude (§ 7.3) ;
- les perspectives de notre recherche (§ 7.4).

7.1. Retour sur les questions et les hypothèses de recherche

Notre questionnement initial portait sur la triade « activité – connaissances – ressources » des professeurs et sur l'effet du travail collectif sur les éléments de cette triade (§ 2.6). Nous avons cherché à interroger l'activité de l'enseignant dans son unité et sa dynamique, en classe comme hors classe. Nous avons identifié les connaissances professionnelles de l'enseignant mobilisées par la mise en œuvre des DI, en particulier les PCK et les orientations pour les DI, et ce dans le cadre de l'enseignement du thème de la quantité de matière en classe de seconde. En outre, nous avons porté notre regard sur le *cycle de vie* d'un document en examinant plus précisément les étapes de ce cycle dans lesquelles le travail collectif intervient et influe sur le système de ressources de l'enseignant, et plus profondément sur ses connaissances professionnelles. Nous avons également interrogé l'interférence des différents systèmes d'activité de l'enseignant dans le but d'étudier l'effet du système d'interactions de l'enseignant sur son développement professionnel dans la perspective des DI.

Nous avons mené nos études plus particulièrement auprès de deux professeurs en chimie, Lucien et Sarah. Nous avons suivi ces professeurs dans des communautés professionnelles, en interaction avec d'autres enseignants. Lucien a été suivi au cours de deux années consécutives alors que Sarah n'a été suivie que pendant une seule année. Nous avons repéré que les interactions collectives de Sarah se font essentiellement au sein de son lycée alors que Lucien entretient des relations de travail fortes qui vont au-delà de la communauté de son lycée pour concerner d'autres communautés, en particulier le GFEN (Groupe Français d'Education Nouvelle). Le système d'interactions de Lucien se distingue donc de celui de Sarah par une plus grande diversité de systèmes d'activité impliquant des communautés variées.

Nous présentons dans ce qui suit nos résultats de recherche en fonction de nos questions de recherche (§ 2.6).

Les PCK et les orientations pour les DI mobilisées par la mise en œuvre des DI

Pour pouvoir identifier les PCK et les orientations des enseignants pour les DI, nous avons développé une méthodologie d'analyse qui nous permet d'inférer ces connaissances professionnelles à partir de l'activité des enseignants en classe, mais aussi à partir des *ressources-filles* qu'ils conçoivent hors classe. La mise au point de cette méthodologie a nécessité une mise en relation entre les orientations pour les DI et le *modèle de l'enseignement scientifique fondé sur les DI* (ESFI) (§ 3.4.6). Pour chacun des enseignants considérés, nous avons inféré une liste des PCK, des règles d'action et nous avons reconstruit ses orientations pour les DI.

Nos résultats montrent que les PCK sont bien liées à la situation, au savoir chimique en jeu. 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 d'un savoir donné. Admettre que ce type de connaissances fait partie des connaissances professionnelles des enseignants c'est

admettre qu'un enseignant ne peut se contenter d'un savoir purement disciplinaire ou purement pédagogique général.

Il s'est avéré important dans notre recherche d'étudier les connaissances professionnelles de Lucien et de Sarah non seulement à partir de leur action en classe, ou autrement dit, à partir de la mise en œuvre de leurs ressources-filles en classe, mais aussi à partir de l'analyse de ces ressources-filles. Celles-ci apparaissent comme révélatrices des connaissances professionnelles de ces enseignants en ce sens qu'elles dévoilent des indices sur la façon dont ceux-ci se représentent la construction du savoir par l'élève ainsi que leur rôle et le rôle de l'élève dans le processus de mise en œuvre des DI. Notre étude a abouti, pour chacun de ces enseignants, à une liste des PCK/compréhension des élèves et des PCK/stratégie. Le but de cette liste est de disposer d'exemples de connaissances professionnelles mobilisées par la mise en œuvre des DI et de la façon dont ces connaissances sont mises en jeu. Les PCK et les orientations pour les DI que nous avons inférées s'avèrent pour l'enseignant un moyen d'action, mais aussi le résultat de l'action. Elles sont simultanément mobilisées et produites au fil du travail documentaire des enseignants. En ce sens, elles sont vues comme des *connaissances ouvragées* (§ 2.3.1).

Nous avons envisagé les orientations des enseignants pour les DI comme des connaissances qui pilotent les règles d'action de ces enseignants. Plus précisément, nous les avons considérées comme un ensemble des règles d'action des enseignants identifiées à travers leur pratique en classe et leurs ressources-filles (§ 3.4.6). Au cours de la première année de suivi de Lucien, nous avons mis en évidence que, lors de la mise en place des DI, Lucien, guidé par ses orientations, privilégie la prise en compte de la diversité des élèves, favorise la communication et la confrontation des points de vue entre les petits groupes d'élèves et tâche de rendre les élèves responsables du processus d'investigation. Plus précisément, nous avons relevé que les règles d'action de Lucien liées aux dimensions « questionnement », « argumentation » et « explicitation » du modèle ESFI (§ 2.1.2) sont centrées majoritairement sur l'enseignant dans la mise en œuvre des DI alors que celles liées aux dimensions « responsabilité », « problème » et « diversité » sont davantage centrées sur l'élève. En revanche, au cours de la deuxième année de suivi de Lucien, les règles d'action identifiées par rapport à toutes ces dimensions sont majoritairement centrées sur l'élève : guidé par ses orientations, Lucien privilégie la responsabilisation et l'autoévaluation des élèves, prend en compte la diversité des élèves et favorise l'argumentation critique et l'explicitation de leurs métaconnaissances à travers la pratique de la métacognition.

Le suivi de Sarah montre que ses règles d'action mobilisées par rapport aux dimensions « argumentation », « responsabilité », « diversité », « problème » correspondent aux règles d'action centrées essentiellement sur l'élève dans la mise en œuvre de DI. En revanche, les dimensions « questionnement » et « explicitation » correspondent aux règles d'action centrées sur l'enseignant. De fait, guidée par ses orientations pour les DI, Sarah semble privilégier la responsabilisation des élèves et le développement de leur argumentation scientifique.

Par conséquent, nous retenons des deux études de cas que les PCK prennent en compte le contexte et l'élément spécifique du savoir enseigné en jeu, et que, au contraire, les orientations pour les DI ne sont pas spécifiques d'un contenu disciplinaire. La méthodologie d'analyse que nous avons développée pour inférer ces connaissances s'est avérée efficace

pour répondre à notre objectif. Ainsi, nous soutenons notre première hypothèse de recherche H1 : « les PCK d'un professeur en chimie semblent dépendre du contexte de la situation et du savoir chimique en jeu alors que les orientations pour les DI sont indépendantes d'un contenu chimique spécifique ».

Travail collectif, cycle de vie d'un document et système de ressources

Nous avons suivi le travail collectif, dans la perspective de DI, de Lucien et de Sarah au sein de communautés professionnelles dans le but d'étudier l'impact de ce travail sur leur système de ressources, et plus profondément sur leur développement professionnel tourné vers les DI.

Nos analyses, relatives au premier terrain d'étude, mettent en évidence une très forte interaction, que nous avons qualifiée d'*osmose* (§ 5.1.2), entre le système de ressources de Lucien et ceux de ses collègues. D'ailleurs, les échanges de Lucien avec ses collègues semblent constituer le *cœur* (§ 5.1.1) de son système de ressources. Nous avons pu identifier que le travail collectif de Lucien intervient au niveau de plusieurs étapes du cycle de vie d'un document : aux moments de la recherche de ressources, de la conception de ressources-filles et de la révision de celles-ci après leur mise en œuvre en classe. Ce travail collectif semble induire une *réorganisation* du système de ressources de Lucien et, plus profondément, une évolution de son système documentaire : plus qu'un enrichissement du système de ressources, ce travail engendre un développement des connaissances professionnelles de Lucien, notamment de ses PCK et de ses orientations pour les DI. Plus précisément encore, nous avons montré que les effets du travail collectif de Lucien consiste en un *apport productif* qui concerne en particulier la conception de ressources-filles et en un *apport constructif* qui vise le développement de ses connaissances professionnelles. En effet, nous avons pu mettre en évidence, au cours de la première année de suivi de Lucien, un *germe* de l'évolution de son système documentaire émanant de son travail collectif (§ 5.1.3) et nous avons montré que ce germe s'est développé l'année suivante à travers ses interactions collectives, portant sur les DI, au sein de la communauté de ses collègues de SPC, d'une part, et du GFEN, d'autre part. Un développement professionnel de Lucien dans la perspective de DI a été ainsi mis en exergue : nous avons pu identifier une évolution de ses connaissances professionnelles, de ses ressources-filles et de son activité liée à son travail collectif.

Quant aux analyses relatives à la deuxième étude de cas, elles viennent confirmer les résultats issus du premier terrain d'étude en apportant un éclairage complémentaire. En effet, l'étude de cas de Lucien a tout particulièrement montré l'importance du GFEN comme une communauté « intentionnelle » (§ 2.4.3), structurée par une compréhension profonde des DI, sur son développement professionnel tourné vers les DI. En revanche, l'étude de cas de Sarah a mis en évidence le développement professionnel de cette enseignante, dans la perspective de DI, du à son travail collectif au sein d'une communauté « naturelle » ou « spontanée » (§ 2.4.3) formée de ses collègues de SPC du lycée, une communauté qui n'est donc pas, comme le GFEN, extérieure à l'établissement. Nous avons pu identifier que les ressources provenant des collègues du lycée de Sarah et ses échanges avec eux constituent le cœur de son système de ressources, ils semblent constituer une ressource majeure en particulier pour la conception et la mise en œuvre de ses ressources-filles fondées sur les DI. D'ailleurs, nous

avons repéré que la frontière entre son système de ressources et ceux de ses collègues s'estompe. En effet, une *circulation continue* de ressources entre les systèmes de ressources a lieu, une osmose semble bien porter ses fruits (§ 6.2.2). Nous avons également identifié des modalités d'intervention du travail collectif de Sarah au niveau de plusieurs étapes du cycle de vie d'un document : la recherche de ressources, la conception de ressources-filles et la révision de celles-ci après usage en classe. En outre, nous avons montré que les effets de son travail collectif consiste en un apport à la fois productif et constructif, notamment l'évolution associée des PCK et des orientations de Sarah pour les DI relève d'une dimension constructive. Ce travail collectif semble alimenter le système de ressources de Sarah. Plus précisément encore, le système de ressources de Sarah a subi une réorganisation induite par son travail collectif qui a constitué un appui pour la conception et la mise en œuvre, pour la première fois, de ressources-filles basées sur les DI. Ainsi, il apparaît que le développement professionnel de Sarah tourné vers les DI est en liaison étroite avec son travail collectif.

Par conséquent, ces résultats issus des deux études de cas nous permettent de soutenir notre hypothèse H2 : « le travail collectif d'un professeur en chimie au sein de communautés professionnelles semble agir comme un *moteur du cycle de vie* d'un document et semble constituer un *appui* pour le système de ressources de l'enseignant. Il semble intervenir au niveau de plusieurs étapes du cycle de vie : au moment de *la recherche de ressources* pour une classe de situations, de *la conception d'une ressource-fille*, et de *la révision de la ressource-fille* après sa mise en œuvre en classe. Des PCK et des orientations pour les DI sont mobilisées et d'autres en sont *produites* ».

Système d'interactions et effet sur le système documentaire

Nous avons étudié le système d'interactions de Lucien et de Sarah et nous avons examiné, pour chaque enseignant, les articulations, que nous avons qualifiées d'*interférences*, (§ 2.4.5) qui se nouent entre leurs systèmes d'activité. Notre objectif était d'étudier l'effet du système d'interaction de ces enseignants, et plus particulièrement les effets des interférences de leurs systèmes d'activité sur leur système documentaire.

Concernant le premier terrain d'étude, nos résultats mettent en évidence des interférences, au niveau de ressources, entre le système d'activité de Lucien impliquant la communauté de classe et son système d'activité au sein de la communauté de ses collègues de SPC du lycée. En outre, nous avons pu identifier des règles d'action de Lucien au sein de son système d'activité en classe qui émanent et sont imprégnées du style de pensée partagé avec ses collègues de SPC du lycée (§ 5.1.4), d'une part, ou du style de pensée porté par la communauté du GFEN (§ 5.2.4), d'autre part. Nous avons interprété ceci comme une interférence, qui s'effectue au niveau du style de pensée, entre les systèmes d'activité de Lucien. Nous avons en plus relevé une autre interférence au niveau du style de pensée entre le système d'activité de Lucien au sein de la communauté de ses collègues de SPC du lycée et son système d'activité à l'intérieur du GFEN : le style de pensée du GFEN, fondé sur la notion et la pratique de démarches d'auto-socio-construction qui vont dans le sens des DI est déplacé et transmis vers le système d'activité de Lucien où il est intégré dans le style de pensée porté par la communauté de son lycée. Ceci s'est traduit par un travail collectif de Lucien avec ses collègues du lycée centré sur les DI ou ce qu'ils appellent les démarches

d'auto-socio-construction, un travail qui prend appui sur le style de pensée du GFEN ; des ressources-filles s'inscrivant dans la perspective de DI en sont le fruit. Nous avons également mis en évidence une interférence entre le système d'activité de Lucien impliquant la communauté de classe et son système d'activité au sein de la communauté de ses collègues de SPC du lycée, une interférence qui a lieu au niveau des règles de ces communautés. Nous avons aussi montré que des ressources-filles, des PCK et des orientations de Lucien pour les DI ont été développées comme conséquence de ces interférences entre les systèmes d'activité de Lucien. Ces interférences constituent ainsi un facteur déterminant qui fait que le système d'interactions de Lucien contribue au développement de son système documentaire.

Nos résultats se rapportant au deuxième terrain d'étude vont de pair avec ceux identifiés dans le premier terrain d'étude, mais ils mettent davantage en lumière l'impact du *style de pensée* porté par une communauté sur la mise en place et le développement de l'enseignement fondé sur les DI. En effet, nous avons montré que le style de pensée de la communauté influence la mise en place des DI. Il apparaît que Sarah a commencé, au cours de son année de suivi, à concevoir et mettre en œuvre, pour la première fois, des ressources-filles basées sur les DI parce qu'elle a fait partie d'une communauté qui s'intéresse à la pratique des DI, ce qui n'était pas le cas l'année précédente où le style de pensée de la communauté avec laquelle elle interagissait n'était pas du tout orienté vers la mise en place de ce type de démarches. L'appartenance à une communauté ayant un style de pensée « ouvert » à la mise en place des DI semble, de ce fait, un facteur déterminant dans l'implémentation des DI par Sarah. L'évolution du système documentaire de Sarah tourné vers les DI est donc fortement induit par ses interactions collectives au sein de la communauté de son lycée, il est étroitement lié au style de pensée porté par cette communauté. Par ailleurs, nous avons mis en évidence des interférences, à la fois au niveau des ressources et du style de pensée, entre le système d'activité de Sarah en classe et son système d'activité au sein de la communauté de ses collègues de SPC du lycée. Plus précisément, nous avons pu identifier dans le système d'activité de Sarah en classe des règles d'action qui prennent leur source dans le style de pensée porté par la communauté de son lycée. Nous avons montré que ces interférences induisent un développement des PCK et des orientations de Sarah pour les DI et une évolution de ses ressources-filles.

Ainsi, ces résultats tirés des deux terrains d'étude nous permettent de soutenir notre hypothèse H3 : « l'*interférence* des systèmes d'activité d'un enseignant est un facteur déterminant qui fait que le système d'interactions de cet enseignant contribue au développement de son système documentaire dans la perspective de DI. L'interférence des systèmes d'activité peut s'effectuer au niveau des *ressources*, des *règles*, et du *style de pensée*. Elle entraîne un *effet producteur* de ressources et de connaissances professionnelles ».

7.2. Domaine de validité des résultats et limite de l'étude

Les constructions théorique et méthodologique de notre recherche ainsi que les résultats présentés doivent être pensés dans la dynamique d'une réflexion sur la documentation des professeurs dans ses aspects tant individuels que collectifs. Nous avons pu recueillir, par des

outils méthodologiques ou de façon naturelle au moment de nos interactions avec les deux terrains d'étude, un ensemble important de données. Nous avons décrit dans la partie précédente les résultats qui en émergent. Cependant, il est intéressant, nous semble-t-il, de sortir du cadre de ces données pour développer une réflexion « critique » questionnant ces données et leur analyse.

Tout au long de notre travail, nous avons mesuré la complexité du suivi du travail documentaire dans ses composantes individuelles et, encore plus, dans ses composantes collectives dans la mesure où une diversité de communautés est susceptible d'être en jeu dans l'activité du professeur. Le suivi du travail documentaire dans sa globalité, en continu et à long terme s'avère donc une étude complexe.

Lors de la première année de suivi de Lucien, notre méthodologie était en cours de construction. De ce fait, les données recueillies au cours de cette année n'ont pas pu être aussi nombreuses que souhaité. Néanmoins, projetée sur la deuxième année de suivi, notre méthodologie a connu des développements liés à cette première mise à l'épreuve. Ceci nous a permis de collecter un ensemble plus important de données. Le suivi de Lucien s'est étendu sur deux années consécutives, ce qui n'était pas le cas de Sarah que nous avons pu suivre uniquement pendant une seule année. Ceci rend donc la mise en perspective de ces deux études de cas relativement difficile.

Bien que nos résultats mettent en évidence une évolution de la documentation des deux enseignants suivis, il faut bien reconnaître qu'un an voire deux ne sont pas suffisamment longs pour saisir les évolutions d'équilibres délicats susceptibles de toucher les systèmes documentaires et les systèmes d'activité des professeurs. Toutefois, force est d'admettre que, dans le cadre d'une thèse, il est difficile d'envisager un suivi des enseignants sur une période plus longue.

Par ailleurs, bien que nous ayons considéré la diversité de communautés professionnelles avec lesquelles les enseignants interagissent, nous n'avons suivi les deux professeurs qu'au sein d'une seule communauté de classe. Suivre le processus de mise en œuvre de ressources-filles dans différentes communautés de classe aurait sans doute permis de mieux appréhender les systèmes d'activité des professeurs en classe ainsi que leurs connaissances professionnelles.

Certains des outils de recueil de données que nous avons mis en place suscitent la réflexivité des enseignants sur leur propre pratique. A ce titre, on pourrait craindre que la part de subjectivité des enseignants tienne sa place dans certaines données. Néanmoins, à travers le croisement des données issues de différents outils méthodologiques et les démarches de triangulations que nous avons effectués, nous pensons avoir surmonté, dans une certaine mesure, cette limite. Par ailleurs, nous avons fait le choix d'étudier la documentation et le système d'interactions de deux enseignants. Cette étude se serait sans doute enrichie si nous avions pu suivre plus d'enseignants. Toutefois, ceci nous semblait complexe du fait que le dispositif de recueil et d'analyse des données que nous avons mis en place est lourd.

Nous nous sommes plus particulièrement intéressés dans notre étude à l'enseignement de la chimie qui est dans le système éducatif français, rappelons-le, associé à l'enseignement de la physique. Au cours de l'entretien général, nous avons interrogé les enseignants sur

l'ensemble des ressources qu'ils mobilisent pour organiser leur enseignement et nous leur avons demandé de réaliser une RSSR dans le but de décrire leur système de ressources. Cependant, nous avons essentiellement examiné dans ce système les ressources utilisées par les professeurs pour l'enseignement d'un contenu chimique spécifique. Nous pouvons alors nous demander s'il y a une unicité du système de ressources des enseignants considérés ou une articulation de deux systèmes qui seraient orientés davantage vers l'enseignement de la physique ou de la chimie et qu'on pourrait étudier isolément l'un de l'autre. D'autres études seraient certainement nécessaires pour appréhender ce questionnement.

7.3. Contributions théoriques et méthodologiques

Tout travail de recherche suppose une cohérence, à construire, entre cadre théorique, objet de recherche et méthodologie. Ce « construit » concerne l'objet de recherche, mais se situe aussi aux niveaux théorique et méthodologique. Nous présentons dans cette partie les contributions de notre étude qui touchent ces deux niveaux.

7.3.1. Développements théoriques

Dans la construction du cadre théorique, deux directions sont suivies : une direction dans la lignée des travaux de recherche antérieurs où il s'agit pour le chercheur de s'approprier des concepts de cadres existants, de les articuler et de les exploiter dans son étude ; une autre direction dans une démarche créatrice où il s'agit pour le chercheur de prolonger les cadres théoriques par des éléments nouveaux qui seront mis à l'épreuve de la recherche.

Dans notre démarche de construction théorique, nous avons été amenés à développer le « déjà pensé » ou les « non-pensés » des cadres théoriques mobilisés et nous avons de ce fait proposé de nouveaux concepts qui se sont avérés aptes à contribuer à l'éclairage des phénomènes complexes que nous regardons. Nous avons ainsi tenté de contribuer au développement de l'approche documentaire du didactique : de nouveaux concepts ont été proposés, notamment les concepts de *ressources-mères* et de *ressource-fille* (§ 2.2.3). En outre, une modélisation du processus du développement d'un document, pensée en termes de cycle de vie, a été proposée dans le but d'éclairer la complexité qui sous-tend ce processus (§ 2.2.4).

Nous avons aussi tenté d'approfondir la réflexion sur la théorie de l'activité. Plus précisément, nous avons considéré deux types de communautés en jeu dans l'activité du professeur : des communautés professionnelles et des communautés de classe. Nous avons considéré, en plus des règles suivies par la communauté, une autre catégorie de règles qui guident et orientent l'activité du professeur en vue d'atteindre un objet spécifique et que nous avons nommé *règles d'action*. Nous avons aussi mobilisé des concepts issus de la philosophie des sciences, à savoir le *style de pensée* et le *collectif de pensée* pour caractériser une communauté à laquelle appartient l'enseignant (§ 2.4.3). Nous avons plus particulièrement proposé une mise en relation entre ces concepts et ceux de la théorie de l'activité en explicitant le rapport entre les règles, la division du travail, les outils de la communauté d'une

part, et le style de pensée porté par cette communauté, d'autre part. Ceci nous a conduit à considérer le style de pensée comme un système de *métarègles* et à développer une nouvelle forme du modèle du système d'activité qui tient compte du style de pensée de la communauté (§ 2.4.3).

Poursuivant notre contribution théorique, nous avons proposé une modélisation permettant de décrire le travail collectif des professeurs au sein d'une variété de communautés. Cette modélisation a débouché sur un nouveau concept que nous avons introduit, le *système d'interactions*, un concept qui se fonde sur la notion du système d'activité (§ 2.4.4). Considérant que les systèmes d'activité d'un professeur ne sont pas isolés, nous avons modélisé les liens qui articulent ces systèmes en termes d'*interférences*. Nous avons proposé que ces interférences se situent au niveau des ressources, du style de pensée et des règles (§ 2.4.5). C'est précisément dans le cas de l'interférence au niveau des ressources, pensée en relation avec le cycle de vie d'un document, que l'articulation entre la théorie de l'activité et l'approche documentaire a pris tout son sens.

Notre construction théorique a également impliqué le cadre de référence des connaissances professionnelles que nous avons examinées. Ces connaissances ont été considérées comme des *connaissances ouvragées* (à la fois un moyen d'action et un produit de l'action) mobilisées et produites au fil du travail documentaire des enseignants dans ses composantes individuelles et collectives (§ 2.3.1). Plus particulièrement, dans le modèle des PCK de Magnusson *et al.* (1999) que nous avons retenu pour notre étude, nous avons réduit les composantes de PCK à quatre, postulant que les orientations pour l'enseignement des sciences, la cinquième composante des PCK suivant ce modèle, ne sont pas spécifiques d'un contenu disciplinaire particulier et donc ne peuvent pas être incluses dans les PCK comme une de leurs composantes. Comme dans notre travail nous portons une attention spécifique aux DI, nous avons alors considéré un cas particulier des orientations pour l'enseignement des sciences qui est vu sous l'angle des DI. De ce fait, nous avons spécifié une des « orientations pour l'enseignement des sciences » que nous avons nommée *orientations pour les DI* (§ 2.3.5). Dans la suite des articulations que nous avons développées entre les cadres théoriques mobilisés, nous avons proposé une mise en relation entre les orientations pour les DI et le modèle ESFI (§ 2.3.6). Ceci nous a permis de caractériser ces orientations suivant les six dimensions de ce modèle.

Ainsi, à travers notre construction théorique, nous avons approfondi l'étude des interactions entre les éléments de la triade « activité-connaissances-ressources » des professeurs qui constitue le cœur de notre cadre théorique. La mise à l'épreuve de ce développement théorique dans l'analyse des données nous donne à voir que les concepts et les articulations théoriques que nous avons proposés semblent pertinents et opérationnels. Ces éléments de constructions seront mis à l'épreuve de la dynamique de la recherche. Il ne s'agit donc ici que d'un éclairage partiel et provisoire qui serait d'autant plus fort que les concepts proposés seront repris et travaillés par d'autres chercheurs.

7.3.2. Développements méthodologiques

Notre recherche s'intéresse à l'étude de la documentation des enseignants qui prend place dans un ensemble de lieux, hors classe autant qu'en classe, et qui se déploie dans la durée avec des aspects individuels et collectifs. C'est un sujet qui a été, à notre connaissance, peu abordé jusqu'à présent par la recherche.

Notre étude a contribué à un développement méthodologique touchant tant les outils de recueil de données que l'analyse de ces données. Dans le prolongement de la méthodologie d'investigation réflexive, nous avons développé de nouveaux outils méthodologiques favorisant la réflexivité des professeurs sur leur propre activité, et plus particulièrement sur les aspects collectifs de cette activité. Il s'agit de la *représentation schématique du travail collectif* (RSTC) et du *journal d'interactions* que nous avons mis à l'épreuve et qui se sont révélés pertinents pour l'analyse de la composante collective de la documentation du professeur, en particulier pour analyser plus finement les différents systèmes d'activité du professeur et par conséquent son système d'interactions. Nous avons d'ailleurs pris en compte la dynamique des représentations schématiques en étudiant leur modification dans le temps, des représentations schématiques *retouchées* en ont résulté.

Nous nous sommes lancée dans une démarche exploratoire où nous avons cherché à construire un objet de recherche encore peu « défriché ». Nous ne disposons donc pas de méthodologie d'analyse bien assise et qui a fait ses preuves dans ce domaine. Notre étude a donc nécessité un travail méthodologique important où nous avons plus particulièrement développé une méthodologie prenant appui sur notre construction théorique et permettant l'analyse de chaque outil méthodologique que nous avons exploité dans notre recherche. Nous avons également développé des indicateurs d'analyse communs à ces différents outils permettant ainsi leur croisement. La méthodologie de recueil et d'analyse de données que nous avons développée dans notre travail reste à tester dans le cadre du suivi d'autres enseignants.

Ainsi, le travail d'ordre théorique et méthodologique entrepris nous paraît ouvrir des pistes susceptibles de *re-sourcer* d'autres travaux de recherche au sein de la communauté des chercheurs concernés par le travail documentaire des professeurs, en particulier de ses aspects collectifs.

7.4. Perspectives

La nature de nos résultats, les développements théoriques et méthodologiques que nous avons proposés ainsi que certaines limites de notre travail nous semblent ouvrir plusieurs directions de recherche dans le prolongement de cette thèse. Des perspectives pouvant être exploitées aussi bien dans le cadre de la formation des enseignants qu'aux niveaux théorique et méthodologique pourraient être envisagées.

Au niveau méthodologique, la richesse du corpus qui a été recueilli ne nous semble pas avoir été complètement exploitée. Par exemple, nous sommes conscients que l'exploitation

des comportements non verbaux est peu travaillée et que les séances de classe que nous avons enregistrées en vidéo ouvrent naturellement ce questionnement. L'étude des interactions non verbales (les gestes professionnels) dans une situation de classe et les indications que ces interactions peuvent nous donner sur les PCK et les règles d'action de l'enseignant serait sans doute utile à approfondir. Par ailleurs, la limite de temps a constitué un facteur important qui nous a empêché de suivre les enseignants sur le long terme (plus de deux ans). Cette question de temps est cruciale pour suivre la documentation des enseignants qui se déploie nécessairement sur des durées longues avec des composantes individuelles et collectives. Il serait donc certainement utile de pouvoir suivre des enseignants sur de longues périodes afin de pouvoir saisir des éléments de stabilité et des évolutions touchant leurs systèmes documentaires et leurs systèmes d'activité et impliquant de nouveaux équilibres.

Dans le même niveau méthodologique, ayant constaté que la majorité des études sur les PCK sont basées sur des entretiens ou des questionnaires et que les connaissances concernées par ces études sont inférées à partir de ce que les enseignants disent, nous avons développé une méthodologie d'analyse des connaissances professionnelles à partir de l'analyse de l'activité en classe et hors classe. La particularité de notre méthodologie est qu'elle nous permet d'inférer des PCK et des orientations pour les DI non seulement à partir de l'observation des actions du professeur en classe, mais aussi à partir de ses ressources-filles. Cependant, nous avons conscience que cette méthodologie demande à être approfondie, notamment du point de vue de l'exploitation du modèle ESFI et de la relation que nous avons pensée entre les PCK, les règles d'action et les orientations pour les DI. Cette réflexion sur la méthode de reconstruction des PCK nécessite également d'être accompagnée d'une réflexion sur la définition des PCK, notamment en ce qui concerne le *grain de savoir* d'une PCK.

Par ailleurs, nous avons pu repérer des termes qui ont émergé à partir de l'analyse de nos données et que les enseignants ont plus particulièrement cités. Il serait sans aucun doute intéressant de mettre en évidence ces termes et de les relier avec les concepts que nous avons déjà développés au niveau théorique. Par exemple, les deux enseignants considérés parlent de leurs « archives » comme une ressource essentielle pour concevoir et organiser leur enseignement. Nous pourrions alors nous interroger sur le lien entre les archives et les ressources-mères. Est-ce que les archives des enseignants constituent un répertoire de ressources-mères ? Est-ce qu'elles renvoient à des ressources-mères potentielles ou mobilisables ? De même, les deux enseignants parlent d'un « recyclage » de leurs ressources-filles d'une année à une autre. Une question que nous pourrions soulever est le rapport qui peut exister entre le recyclage des ressources et le cycle de vie d'un document.

En outre, d'autres perspectives au niveau théorique peuvent être considérées pour approfondir les caractéristiques d'un système de ressources de l'enseignant. Plus précisément, nous avons identifié à travers l'analyse de nos données que les enseignants disposent de ressources papier et numérique qui sont associées, de nouvelles ressources sont aussi intégrées dans leur système de ressources pour s'ajouter à des ressources anciennes qui y existaient déjà. Les « archives » des enseignants ou ce que l'enseignante Sarah appelle aussi « documents glanés » nous conduit à penser les ressources en termes de « ressources disponibles » et « ressources mobilisables ». Tout ceci pourrait déboucher sur certaines caractéristiques du système de ressources : numérique/traditionnel (papier), ancien/nouveau,

disponible/mobilisable. D'ailleurs, nous pourrions nous demander s'il existe une « partie active » du système de ressources des enseignants ? Est-ce que cette partie est liée aux ressources que l'enseignant mobilise souvent pour concevoir ses ressources-filles ?

La focalisation nouvelle sur les DI fait de son développement un enjeu fort de la formation des enseignants. Quelles pistes d'actions pratiques pouvons-nous tirer de ce travail pour la formation des enseignants ? Si les DI conduisent à de nombreuses modifications dans les activités en classe et transforment la relation didactique, il serait important de montrer aux enseignants la nécessité de promouvoir une dynamique collective et de mettre en place un travail collectif autour de la conception et de la mise en œuvre d'un enseignement fondé sur les DI. A ce titre, il serait intéressant de former les enseignants au travail collectif en les amenant lors de la formation à construire collectivement des ressources basées sur les DI et à discuter leurs choix et leurs objectifs. En outre, pour aider les enseignants à faire évoluer leurs connaissances dans la perspective de DI, il serait intéressant de les confronter avec des exemples de séances expérimentées en classe et de les amener à identifier dans chacune les aspects essentiels qui caractérisent les DI et à expliciter le vécu des classes et les savoirs en jeu. L'objectif serait aussi de mutualiser les connaissances sur la compréhension des élèves et les difficultés d'apprentissage inférées à partir de ces séances ainsi que les connaissances sur les stratégies d'enseignement susceptibles d'aider les élèves à comprendre un contenu chimique spécifique.

Tout au long de notre cheminement à travers ce travail de recherche, un ensemble de questions a émergé et continue toujours à stimuler notre réflexion. Nous avons étudié la documentation et le système d'interactions de deux professeurs enseignants dans différents lycées. Il serait certainement intéressant de prolonger cette étude en considérant des enseignants d'un même lycée ou appartenant à une même communauté. A cet égard, nous pourrions soulever les questions suivantes : Comment une même ressource-fille est produite, mise en œuvre et révisée au sein d'une même communauté d'un enseignant à un autre ? S'agit-il du même cycle de vie d'un document ? Quelles spécificités et quelles convergences pouvons-nous repérer et à quoi sont-elles dues ? Quelles sont les caractéristiques des systèmes d'interactions de chacun des enseignants considérés ? S'agit-il d'un même effet du style de pensée de la communauté sur la documentation de chacun ?

Nous pensons avoir donné des éléments de réponse à notre questionnement initial. Pour autant, nous sommes loin de présenter un produit fini : il s'agit d'une étude qui n'est que le début d'un travail que nous souhaitons poursuivre pour valider plus largement nos hypothèses, nous saisir des nouvelles questions que nous n'avons qu'effleurées, et pour approfondir concepts théoriques et méthodologies.

Bibliographie

- Abd-El-Khalick, F., BouJaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D., & Tuan, H. (2004). Inquiry in science education: international perspectives. *Science Education*, 88, 397-419.
- 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). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Adler, J. (2010). La conceptualisation des ressources. Apports pour la formation des professeurs de mathématiques. In G. Gueudet & L. Trouche (dir.), *Ressources vives Le travail documentaire des professeurs en mathématiques* (pp. 23-39). Rennes : Presses Universitaires de Rennes et INRP.
- Anderson, R.D. (2007). Inquiry as an Organizing Theme for Science Curricula. In S.K. Abell & N.G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 807-830). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Bach, J.-F. (dir.) (2004). *Groupe de relecture des programmes du collège. Pôle des sciences*. Ministère de la Jeunesse, de l'Éducation Nationale et de la Recherche.
- Ball, D.L., & Bass, H. (2003). Toward a practice-based theory of mathematical knowledge for teaching. In B. Davis & E. Simmt (Eds.), *Proceedings of the 2002 annual meeting of the Canadian mathematics education study group* (pp. 3-14). Edmonton, AB: CMESG/GCE.DM.
- Barlet, R. (1999). L'espace épistémologique et didactique de la chimie. *Bulletin de l'Union des Physiciens BUP*, 817, 1423-1448.
- Barrère, A. (2002). Pourquoi les enseignants ne travaillent-ils pas en équipe ? *Sociologie du travail*, 44, 481-497.
- Bécu-Robinault, K. (2007). Connaissances mobilisées pour préparer un cours de sciences physiques. *Aster*, 45, 165-188.
- Bellamy, R. K. E. (1996). Designing educational technology: Computer-mediated change. In A. Nardi (Eds.), *Context and consciousness: Activity theory and human-computer interaction* (pp. 123-146). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Boilevin, J-M., & Brandt-Pomares, P. (2011). Démarches d'investigation en sciences et en technologie au collège : les conditions d'évolution des pratiques. In M. Grangeat (dir.), *Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique. Pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisitions des élèves* (pp.51-62). Ecole Normale Supérieure de Lyon.
- Boilevin, J-M., Brandt-Pomares, P., Givry, D., & Delserieys, A. (2010). Démarche d'investigation en sciences et en technologie : quelle appropriation par des enseignants de collège ? Papier présenté dans le cadre du Symposium *Les démarches d'investigation dans les disciplines scientifiques et technologiques*. AREF : Genève (Suisse).
- Boilevin, J.-M. & Morge, L. (2007). Repérer et analyser des séquences d'investigation : quels critères ? Des exemples. *Actes des 55èmes journées nationales de l'Union des Professeurs de Physique et de Chimie*. Du 26 au 29 octobre 2007, Paris.

- Bond-Robinson, J. (2005). Identifying pedagogical content knowledge (PCK) in the chemistry laboratory. *Chemistry Education Research and Practice*, 6, 83-103.
- BouJaoude, S., & Barakat, H. (2000). Secondary school students' difficulties in stoichiometry. *School Science Review*, 81, 91-98.
- Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble : La Pensée sauvage.
- Brousseau, G. (2003). *Glossaire de quelques concepts de la théorie des situations didactiques en mathématiques*. Disponible sur le site web personnel de Guy Brousseau, http://guy-brousseau.com/wp-content/uploads/2010/09/Glossaire_V5.pdf.
- Brown, P., Friedrichsen, P.M., & Abell, S.K. (2009). *Investigating the development of science teaching orientations during an alternative certification program*. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Garden Grove, CA.
- Bucat, R. (2004). Pedagogical content knowledge as a way forward: Applied research in chemistry education. *Chemistry Education: Research and Practice*, 5, 215-228.
- Bucat, R. (2005). Implications of Chemistry Education Research for Teaching Practice: Pedagogical Content Knowledge as a way forward. *Chemistry Education International*, 6, 1-2.
- Buisson, F. (dir.) (1911). *Nouveau dictionnaire de pédagogie et d'instruction primaire*. Paris, Hachette, édition numérique INRP. En ligne sur : <http://www.inrp.fr/edition-electronique/lodel/dictionnaire-ferdinand-buisson/>
- Buzan, T. (1974). *Use both side of your brain*. New York, Dutton.
- Caillot, M. (1994). Des objectifs aux compétences dans l'enseignement scientifique : une évolution de vingt ans. In F. Ropé & L. Tanguy (dir.), *Savoirs et compétences. De l'usage de ces notions dans l'école et dans l'entreprise* (pp. 95-117). Paris : L'Harmattan.
- Calmettes, B. (2008). Quels modèles pour l'analyse de pratiques observées ? Exemples en didactique de la physique avec les démarches d'investigation. *Actes du Colloque International « Les didactiques et leurs rapports à l'enseignement et à la formation. Quel statut épistémologique de leurs modèles et de leurs résultats ? »*. Bordeaux : AFIRSE et IUFM d'Aquitaine.
- Calmettes, B. (2009). Milieu didactique et démarches d'investigation. *Actes du premier Colloque International de l'ARCD « Où va la didactique comparée ? »*. Genève (Suisse) : ARCD.
- Calmettes, B. (2010). Analyse pragmatique de pratiques ordinaires, rapport pragmatique à l'enseigner : étude de cas : des enseignants experts, en démarche d'investigation en physique. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, 2, 235-272.
- Caraës, M.-H., & Marchand-Zanartu, N. (2011). *Images de pensée*. Paris : Editions de la Réunion des musées nationaux.
- Cerulli, M., Trgalova, J., Maracci, M., Psycharis, G. & Georget, J.-P. (2008). Comparing theoretical framework enacted in experimental research: Telma experience. *ZDM The International Journal on Mathematics Education*, 40, 201-213.
- Chevallard, Y. (1991). *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble : La Pensée Sauvage (2ème édition revue et augmentée, en coll. avec Marie-Alberte Joshua).
- Clot, Y. (1999). *La fonction psychologique du travail*. Paris : PUF.

- Clot, Y. (2006). L'activité entre l'individuel et le collectif : une approche développementale. In G. Valléry & R. Amalberti, *L'analyse du travail en perspectives. Influences et évolutions* (pp. 148-157). Toulouse : Octarès.
- Clot, Y., Faïta, D., Fernandez, G. & Scheller, L. (2000). Entretiens en autoconfrontation croisée : une méthode en clinique de l'activité. *Pistes*, 2, 1-7.
- Coppé, S., & Tiberghien, A. (2010). *Elements for teachers' development and teaching resources* (delivrible WP4b). Trondheim: S-TEAM/NTNU.
- Coquidé, M., Fortin, C., & Rumelhard, G. (2009). L'investigation : fondements et démarches, intérêts et limites. *Aster*, 49, 49-76.
- Cossette (1994). Les cartes cognitives au service de l'étude des organisations. In P. Cossette (dir.), *Cartes cognitives et organisations* (pp. 3-12). Collection « Sciences de l'administration ». Québec : Presses de l'Université Laval et Paris : Editions Eska.
- Cossette, P. (2003). Méthode systématique d'aide à la formulation de la vision stratégique : illustration auprès d'un propriétaire-dirigeant. *Revue de l'Entrepreneuriat*, 2, 1-17.
- Couchouron, M., Viennot, L., & Courdille, J.-M. (1996). Les habitudes des enseignants et les intentions didactiques des nouveaux programmes d'électricité en classe de quatrième. *Didaskalia*, 8, 81-96.
- Cross, D. (2009). *Les connaissances professionnelles de l'enseignant: reconstruction à partir d'un corpus vidéo de situations de classe de chimie*. Thèse de doctorat, Université Lyon 2.
- de Jong, O., Veal, W.R., & van Driel, J.H. (2002). Exploring chemistry teachers' knowledge base. In J. K. Gilbert, O. de Jong, R. Justi, D.F. Treagust, & J. H. van Driel (Eds.), *Chemical education: Towards research-based practice* (pp. 369-390). Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic.
- Dillenbourg, P. (1999). What do you mean by collaborative learning? In P. Dillenbourg (Eds.) *Collaborative-learning: Cognitive and Computational Approaches* (pp. 1-19). Oxford: Elsevier.
- Dori, Y. J. & Hameiri, M. (1998). The 'mole Environment' studyware: applying multidimensional analysis to quantitative chemistry problems. *International Journal of Science Education*, 20, 317-333.
- Engeström, Y. (1987). *Learning by expanding: an activity-theoretical approach to developmental research*. Helsinki: Orienta-Konsultit.
- Engeström, Y. (1999). Activity theory and individual social transformation, In Y. Engeström, R. Miettinen & R. Punamäki (Eds.), *Perspectives on activity theory* (pp.19-38). New York: Cambridge University Press.
- Fabre, M. (1997). Pensée pédagogique et modèles philosophiques : le cas de la situation-problème. *Revue française de pédagogie*, 1, 49-58.
- Fleck, L. (2005). *Genèse et développement d'un fait scientifique* (Traduit de l'allemand par N. Jas). Paris : Les belles lettres (édition originale, 1934).
- Friedrichsen, P.M., & Dana, T.M. (2000). *Exploring elementary teachers' pedagogical content knowledge for supporting children's scientific inquiry: Orientations to teaching science*. Paper presented at the National Association for Research in Science Teaching, New Orleans, LA.
- Friedrichsen, P.M., & Dana, T.M. (2005). Substantive-level theory of highly regarded secondary biology teachers' science teaching orientations. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 218-244.

- Friedrichsen, P.M., van Driel, J.H., & Abell, S.K. (2011). Taking a closer look at science teaching orientations. *Science Education*, 95, 358-376.
- Furió, C., Azcona, R., Guisasola, J. & Ratcliffe, M. (2000). Difficulties in teaching the concepts of 'amount of substance' and 'mole'. *International Journal of Science Education*, 22, 1285-1304.
- Geddis, A N., Onslow, B., Beynon, C, & Oesch, J. (1993). Transforming content knowledge: Learning to teach about isotopes. *Science Education*, 77, 575-591.
- Geddis, A.N. (1993). Transforming subject-matter knowledge: The role of pedagogical content knowledge in learning to reflect on teaching. *International Journal of Science Education*, 15, 673-683.
- Gendre-Aegerter, D. (2008). *La perception du dirigeant de PME de sa responsabilité sociale : une approche par la cartographie cognitive*. Thèse de doctorat présentée à la Faculté des Sciences économiques et sociales de l'Université de Fribourg (Suisse).
- Gengarelly, L.M., & Abrams, E. D. (2009). Closing the gap: inquiry in research and in the secondary science classroom. *Journal of Science Education and Technology*, 18, 74-84.
- George, S. (2001). *Apprentissage collectif à distance. SPLACH : un environnement informatique support d'une pédagogie de projet*. Thèse de doctorat, Université du Maine, Le Mans.
- Gess-Newsome, J. (1999). Pedagogical content knowledge: An introduction and orientation. In J. Gess-Newsome & N.G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: PCK and science education* (pp. 3–17). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Gess-Newsome, J., & Lederman, N. G. (1995). Biology teachers' perceptions of subject matter structure and its relationship to classroom practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 301- 325.
- Gess-Newsome, J., & Lederman, N. G. (Eds.) (1999). *Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education*. Boston: Kluwer.
- Grangeat, M. (2010). Effets de la confrontation entre enseignants de sciences débutants sur leurs conceptualisations et leurs pratiques en ce qui concerne les démarches d'investigation. Papier présenté dans le cadre du Symposium *Le travail collectif enseignant : pratiques, modélisations, effets dans le cadre du projet européen S-TEAM les démarches d'investigation*. AREF : Genève (Suisse).
- Grangeat, M. (2011a). *Teacher educators' conceptualisations and practices towards inquiry based methods in science classroom*. Paper presented at the European Conference on Educational Research (ECER), Berlin, Germany. En ligne sur : http://webu2.upmf-grenoble.fr/sciedu/grangeat/Publi/ECER-2011_Michel_Grangeat_218_paper
- Grangeat, M. (2011b). Méthodologie de recherche à propos de l'enseignement des sciences. *Conférence aux deuxièmes journées d'étude S-TEAM* : Grenoble. En ligne sur : <http://iufm.ujf-grenoble.fr/index.php/component/content/article/294-deuxiemes-journees-detude-s-team.html?start=4>
- Grangeat, M. (2011c). Le travail collectif enseignant : éléments de modélisation du développement professionnel. In M. Grangeat (dir.), *Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique. Pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisitions des élèves* (pp. 79-106). Ecole Normale Supérieure de Lyon.

- Grangeat, M. (en cours). Modéliser les ESFI : identifier le développement des compétences professionnelles pour les individus et les collectifs. In M. Grangeat (Eds.). *Le travail collectif dans les enseignements scientifiques fondés sur les démarches d'investigation : Formations, Pratiques, Effets* (pp. 193-227). Grenoble : Presses Universitaires.
- Grangeat, M., & Gray, P. (2007). Factors influencing teachers' professional competence development. *Journal of Vocational Education & Training*, 59, 485-501.
- Grangeat, M., Rogalski, J., Lima, L. & Gray, P. (2009). Comprendre le travail collectif enseignant : effets du contexte de l'activité sur les conceptualisations des acteurs. *Revue suisse des sciences de l'éducation*, 31, 151-168.
- Gronier, G. (2006). *Psychologie ergonomique du travail collectif assisté par ordinateur : l'utilisation du collectif dans les projets de conception de produits*. Thèse de doctorat, Université Franche-Comté.
- Grossman, P.L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press.
- Groupe Technique associé au Comité de suivi du Plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école (2001). *Repères pour la mise en œuvre d'une démarche répondant au schéma : Du questionnement à la connaissance en passant par l'expérience*. En ligne sur : <http://eduscol.education.fr/cid46578/reperes-pour-la-mise-en-oeuvre-d-une-demarche-%A0du-questionnement-a-la-connaissance-en-passant-par-l-experience%A0.html>
- Gueudet, G. (2010). Travail collectif des professeurs et démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences. In C. Loisy, J. Trgalova & R. Monod-Ansaldi, *Ressources et travail collectif dans la mise en place des démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences* (pp. 30-37). Lyon : INRP.
- Gueudet, G., Trouche, L. (2007) Vers de nouveaux systèmes documentaires pour les professeurs de mathématiques ? In I. Bloch & F. Conne. *Actes de la XIVe école d'été de didactique des mathématiques*, Saint- Livrade.
- Gueudet, G., & Trouche, L. (2008). Du travail documentaire des enseignants : genèses, collectifs, communautés. Le cas des mathématiques. *Education et Didactique*, 2, 7-33.
- Gueudet, G., & Trouche, L. (2009a). La documentation des professeurs de mathématiques. In L. Coulange, C. Hache (dir.) *Actes du séminaire national de didactique des mathématiques 2008* (pp.249-269). Paris : ARDM et IREM Paris 7.
- Gueudet, G., & Trouche, L. (2009b). Towards new documentary systems for mathematics teachers? *Educational Studies in Mathematics*, 71, 199-218.
- Gueudet, G., & Trouche, L. (2010). Des ressources aux documents, travail du professeur et genèses documentaires. In G. Gueudet, L. Trouche (dir.), *Ressources vives. Le travail documentaire des professeurs en mathématiques* (pp.57-74). Presses Universitaires de Rennes et INRP.
- Gueudet, G., Aldon, G. & Trouche, L. (2011). La conception et les usages de ressources en ligne comme moteur et révélateur du travail collectif des enseignants. In M. Grangeat (dir.), *Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique. Pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisitions des élèves* (pp. 151-182). Ecole Normale Supérieure de Lyon.

- Gueudet, G., Bueno-Ravel, L., Ferriere, H., Forest, D., Kuster, Y., Laube, S., & Sensevy, G. (2009). Technologies, resources, and inquiry-based science teaching. A literature review. *Deliverable 5.1, Mind the Gap FP7 project 217725*, 32p.
- Hammoud, R. (2009). *Penser les rapports entre conception et usages des ressources en ligne. Etude dans le cas du site PEGASE dédié à l'enseignement de la physique et de la chimie*. Mémoire de master HPDS (dir. L. Trouche). Université Lyon1. En ligne sur : http://educmath.inrp.fr/Educmath/recherche/approche_documentaire/masters
- Hammoud, R. (2011). Le travail collectif enseignant : un levier pour les démarches d'investigation. *Actes des deuxièmes journées d'étude S-TEAM, effets des démarches d'investigation dans l'enseignement et les apprentissages scientifiques*, 10-12 mai 2011, Grenoble.
- Hammoud, R., Le Maréchal, J.-F., & Trouche, L. (2010). Démarches d'investigation : conceptions et usages de ressources, impact du travail collectif des professeurs. In C. Loisy, J. Trgalova & R. Monod-Ansaldi, *Ressources et travail collectif dans la mise en place des démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences* (pp. 67-76). Lyon : INRP.
- Hashweh, M. Z. (2005). Teacher pedagogical constructions: a reconfiguration of pedagogical content knowledge. *Teachers and Teaching: theory and practice*, 11, 273-292.
- Inspection Générale de l'Éducation Nationale (groupe de physique-chimie) (1996). *La place de l'expérimental dans l'enseignement de la physique et de la chimie*. Ministère de l'Éducation Nationale, de la Recherche et de la Technologie.
- Jaworski, B., Fuglestad, A.B., Bjuland, R., Breiteig, T., Goodchild, S., & Grevholm, B. (Eds.) (2007). *Learning communities in mathematics*. Bergen: Caspar.
- Jermann P., & Dillenbourg P. (1999). An analysis of learner arguments in a collective learning environment, *In Proceedings of the Computer Support for Collaborative Learning (CSCL)* (pp. 265-273). Stanford University, Palo Alto, California. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Johsua, S. & Dupin, J.-J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris : PUF.
- Jorde, D., Moberg, A. O., Prenzel, M., Rönnebeck, S., & Stadler, M. (2010). *S-TEAM Preliminary Report: Work packages 2 & 3*. Trondheim: NTNU. En ligne sur : <https://www.ntnu.no/wiki/download/attachments/8325736/WP2+report+complete.pdf?version=1&modificationDate=1274257046000>
- 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 des enseignants. *Didaskalia*, 32, 77- 116.
- Kim, M.C., Hannafin, M.J., & Bryan, L. A. (2007). Technology-enhanced inquiry tools in science education: an emerging pedagogical framework for classroom practice. *Science Education*, 91, 1010 - 1030.
- Kind, V. (2009). Pedagogical content knowledge in science education: potential and perspectives for progress. *Studies in science education*, 45, 169-204.
- Laborde, C., Coquidé, M., & Tiberghien, A. (2002). Les situations de formation en vue de l'apprentissage du savoir scientifique et mathématique. In Tiberghien A. (coord.), *Des connaissances naïves au savoir scientifique* (pp. 81-108). Paris : Programme « École et sciences cognitives », Ministère de la recherche.

- Lagrange, J.-B., Bessières, D., Blanchard, M., Loisy, C., & Vandebrouck, F (dir.) (2009). *Genèses d'usages professionnels des technologies chez les enseignants*. Rapport final de l'ACI GUPTEN. En ligne sur : <http://gupten.free.fr>
- Lallier, C. (2011). L'observation filmante. Une catégorie de l'enquête ethnographique. *L'homme*, 2, 105-130.
- Larcher, C., & Peterfalvi, B. (2006). Diversification des démarches pédagogiques en classe de sciences. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 886, 825-834.
- 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). Dordrecht: Kluwer.
- Le Maréchal, J.-F., & Becu-Robinault, K. (2006). La simulation en chimie au sein du projet Micromega[®]. *Aster*, 43, 81-108.
- Leach, J. & Paulsen, A. (1999). Introduction. In J. Leach & A. Paulsen (Eds.), *Practical work in Science Education* (pp. 17-18). Dordrecht: Kluwer.
- Lee, E., & Luft, J. A. (2008). Experienced secondary science teachers' representation of pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*, 30, 1343-1363.
- Leontiev, A. N. (1978). *Activity, Consciousness and Personality*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Leroy, N. (2011). Le volet français du projet S-TEAM : évaluation des effets d'un dispositif de formation incitatif à la mise en œuvre des démarches d'investigation en classe. In M. Grangeat (dir.), *Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique. Pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisitions des élèves* (pp. 213-225). Ecole Normale Supérieure de Lyon.
- Linn, M.C., Clark, D., & Slotta, J.D. (2003). WISE design for knowledge integration. *Science Education*, 87, 517-538.
- Lourdel, N. (2005). *Méthodes pédagogiques et représentation de la compréhension du développement durable : Application à la formation des élèves ingénieurs*. Thèse de doctorat présentée à l'Ecole nationale supérieure des mines de Saint Etienne et l'Université Jean Monnet.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsome & N.G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education* (pp. 95 - 132). Boston: Kluwer.
- Margolinas, C., Canivenc, B., De Redon, M.-C., Rivière, O., & Wozniak, F. (2007). Que nous apprend le travail mathématique hors classe des professeurs pour la formation des maîtres ? *31ème colloque Inter-IREM des formateurs et professeurs chargés de la formation des maîtres* (pp.1-19). Toulouse : IREM de Toulouse.
- Marks, R. (1990). Pedagogical content knowledge: From a mathematical case to a modified conception. *Journal of Teacher Education*, 41, 3-11.
- Martinand, J.-L. (dir.) (1992). *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris : INRP.
- Mathé, S. (2010). *La « démarche d'investigation » dans les collèges français : élaboration d'un dispositif de formation et étude de l'appropriation de cette nouvelle méthode d'enseignement par les enseignants*. Thèse de doctorat, Université Paris 7.

- Mathé, S., Méheut, M. & de Hosson, C. (2008). Démarche d'investigation au collège : quels enjeux ? *Didaskalia*, 32, 41-76.
- Méheut, M. (2006). Recherches en didactique et formation des enseignants. Rapport Eurydice: *L'enseignement des sciences dans les établissements scolaires en Europe. Etats des lieux des politiques et de la recherche* (pp. 55-76). Direction Générale de l'Éducation et de la Culture. Commission Européenne.
- Mercier, A., & Salin, M.-H (1988). L'analyse a priori, outil pour l'observation. Collectif, *Actes de l'Université d'été Didactique et formation des maîtres à l'Ecole Élémentaire* (pp.141-163). Bordeaux : IREM de Bordeaux
- Millar, R. (1996). Investigation des élèves en science : une approche fondée sur la connaissance. *Didaskalia*, 9, 9-30.
- Ministère de l'Éducation Nationale (2000). Plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école. *Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale*, n° 23 du 15 juin 2000. En ligne sur : <http://www.education.gouv.fr/bo/2000/23/ensel.htm>.
- Ministère de l'Éducation nationale (2005). Programmes de collège. *Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale*, hors-série, n° 5 du 25 août 2005. En ligne sur : <http://www.education.gouv.fr/bo/2005/hs5/default.htm>
- Ministère de l'Éducation nationale (2008). Les programmes du collège. *Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale*, hors-série, n° 6 du 28 août 2008. En ligne sur : <http://www.education.gouv.fr/pid20484/special-n-6-du-28-aout-2008.html>
- Ministère de l'Éducation nationale (2010). Programme d'enseignement de physique-chimie en classe de seconde. *Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale*, n° 4 du 29 avril 2010. En ligne sur : <http://www.education.gouv.fr/cid51321/mene1007262a.html>
- Monod-Ansaldi, R., & Prieur, M. (coord.) (2011). *Démarches d'investigation dans l'enseignement secondaire : représentations des enseignants de mathématiques, SPC, SVT et technologie*. Rapport d'enquête IFÉ – ENS de Lyon. Décembre 2011.
- Morge, L. & Boilevin, J.-M. (dir.) (2007). *Séquences d'investigation en physique-chimie, recueil et analyse de séquences issues de la recherche en didactique des sciences*. Clermont-Ferrand : SCEREN - CRDP d'Auvergne.
- Morge, L. (2009). La simulation croisée pour accéder aux connaissances professionnelles didactiques locales (LPCK) acquises par l'expérience. *Actes des Sixièmes journées scientifiques de l'ARDIST*. Nantes, 14-16 octobre 2009.
- National Research Council (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Novak, J. D. (1990). Concept mapping: a useful tool for science education. *Journal of research in science teaching*, 27, 937-949.
- Oddone, I., Rey, A., & Brante, G. (1981). *Redécouvrir l'expérience ouvrière. Vers une autre psychologie du travail*. Paris : Editions Sociales.
- Ourisson, G. (2002). *Désaffection des étudiants pour les études scientifiques*, rapports du Ministère de l'Éducation Nationale, 31 p.
- Piaget, J. (1964). *Six Etudes de Psychologie*. Genève: Editions Gonthier.
- Piot, T. (2005). L'extension de l'espace professionnel enseignant. In J.-F. Marcel, & T. Piot (Eds.), *Dans la classe, hors de la classe. L'évolution de l'espace professionnel des enseignants* (pp. 17-26). Lyon: INRP.

- Rabardel, P. (2005). Instrument subjectif et développement du pouvoir d'agir. In P. Rabardel, & P. Pastré (dir.), *Modèles du sujet pour la conception. Dialectiques activités développement* (pp. 11-29). Toulouse : Octarès.
- Rabardel, P., & Bourmaud, G. (2005). Instruments et systèmes d'instruments. In P. Rabardel & P. Pastré (dir.), *Modèles du sujet pour la conception. Dialectiques activités développement* (pp. 211-229). Toulouse : Octarès.
- Rix, G. & Lièvre, P. (2005). Une mise en perspective de modes d'investigation de l'activité humaine. 6^{ème} Congrès Européen de Science des Systèmes, 19-22 septembre 2005.
- Robardet, G. (1990). Enseigner les sciences physiques à partir de situations-problèmes. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 720, 17-28.
- Robardet, G. (2001). Quelle démarche expérimentale en classe de physique ? Notion de situation-problème. *Bulletin de l'Union de Physiciens*, 836, 1173-1190.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H. & Hemmo, V. (2007). *L'enseignement scientifique aujourd'hui : une pédagogie renouvelée pour l'avenir de l'Europe*. Commission Européenne, Direction de la Recherche.
- Rogalski, J. (1994). Formation aux activités collectives. *Le Travail Humain*, 57, 425-443.
- Rogalski, J. (2005). Le travail collaboratif dans la réalisation des tâches collectives. In J. Lautrey & J. F. Richard (Eds.), *L'intelligence* (pp. 147-159). Paris : Hermès.
- Rolland, J.-M. (2006). *L'enseignement des disciplines scientifiques dans le primaire et le secondaire*. Commission des affaires culturelles, familiales et sociales. Assemblée nationale.
- Roschelle J., & Teasley S. D. (1995). Construction of shared knowledge in collaborative problem solving. In C. O'Malley (Eds.), *Computer-supported collaborative learning* (pp. 69-97). New York: Springer-Verlag.
- Sabra, H. (2011). *Contribution à l'étude du travail documentaire des enseignants de mathématiques : les incidents comme révélateurs des rapports entre documentations individuelle et communautaire*. Thèse de Doctorat. Université Lyon 1.
- Sensevy, G. (2007). Des catégories pour décrire et comprendre l'action didactique conjointe. In G. Sensevy, A. Mercier, *Agir ensemble. L'action didactique conjointe du professeur et des élèves* (pp. 13-49). Rennes : Presses Universitaires de Rennes.
- Sensevy, G., & Mercier, A. (2007). Agir ensemble : l'action didactique conjointe. In G. Sensevy, A. Mercier, *Agir ensemble. L'action didactique conjointe du professeur et des élèves* (pp. 187-211). Rennes : Presses Universitaires de Rennes.
- Shulman, L. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational researcher*, 15, 4-14.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57, 1-22.
- Tardif, J. (2007). Pratiques, collaboration et professionnalisation des enseignants. In J. Marcel, V. Dupriez, D. Périsset Bagnoud & J. Tardif (Eds.), *Coordonner, collaborer, coopérer: de nouvelles pratiques enseignantes* (pp. 171-179). Bruxelles: De Boeck.
- Tardif, M., & Lessard, C. (1999). *Le travail enseignant au quotidien. Contribution à l'étude du travail dans les métiers et les professions d'interactions humaines*. Québec/Bruxelles : Presses de l'Université Laval /De Boeck.

- Tchounikine, P., Baker, M J., Balacheff, N., Baron, M., Derycke, A., Guin, D., Nicaud, J-F., & Rabardel, P (2004). *Platon-1 : quelques dimensions pour l'analyse des travaux de recherche en conception d'EIAH*. Rapport de l'Action Spécifique du CNRS « Fondements théoriques et méthodologiques de la conception des EIAH », département STIC du CNRS.
- Theureau, J. (2000). Anthropologie cognitive et analyse des compétences. In J-M Barbier *L'analyse de la singularité de l'action* (p.171-211). Paris : PUF.
- Tiberghien, A. (1994). Modeling as a basis for analyzing teaching – learning situations. *Learning and Instruction*, 4, 71-87.
- Tiberghien, A., Veillard, L., Le Maréchal, J.-F., Buty, C., & Millar, R. (2001). An analysis of labwork tasks used in science teaching at upper secondary school and university levels in several european countries. *Science Education*, 85, 483-508.
- Trouche, L. (2005). Construction et conduite des instruments dans les apprentissages mathématiques : nécessité des orchestrations. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 25, 91-138.
- Tüllberg, A., Strömdahl, H. & Lybeck, L. (1994). Students' conceptions of 1 mol and educators' conceptions of how they teach « the mole ». *International Journal of Science Education*, 16, 145-156.
- van driel, J., Verloop, N., & de Vos, W. (1998). Developping science teachers' pedagogical context knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 673-695.
- van Driel, J.H., De Jong, O., & Verloop, N. (2002). The development of preservice chemistry teachers' pedagogical content knowledge. *Science Education*, 86, 572 - 590.
- Veillard, L., & Tiberghien, A. (2008). *Méthodologies de prise de données et d'analyse de vidéo dans les recherches en éducation*. Journées d'études Visa, 16-17 décembre 2008, Lyon.
- Vergnaud G. (1996), Au fond de l'apprentissage, la conceptualisation. In R. Noirfalise & M.-J. Perrin (dir.), *Ecole d'été de didactique des mathématiques* (pp. 174-185). Clermond-Ferrand : IREM.
- Vergnaud, G. (2001), *Forme opératoire et prédicative de la connaissance*, conférence, Montréal.
- Vermersch, P. (1994). *L'entretien d'explicitation*. Issy-les-Moulineaux: ESF éditeur.
- Vygotski, L. (1920). *Pensée et langage*. Paris, Editions Sociales, 3^{ème} édition, 1997.
- Vygotski, L.S. (1985). *Pensée et langage*. Paris, Editions Sociales.
- Windschitl, M. (2003). Inquiry projects in science teacher education: what can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice? *Science Education*, 87, 112-143.