N° d'ordre 248 – 2011 Année 2011

THESE DE L'UNIVERSITE DE LYON

Délivrée par

L'UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON 1

ECOLE DOCTORALE 485 EPIC

DIPLOME DE DOCTORAT

(arrêté du 7 août 2006)

Spécialité : Didactique des Mathématiques

SABRA Hussein

Contribution à l'étude du travail documentaire des enseignants de mathématiques : les incidents comme révélateurs des rapports entre documentations individuelle et communautaire

Soutenue le 7 décembre 2011

Directeur de thèse : TROUCHE Luc

JURY

DRIJVERS Paul	Université d'Utrecht
GUEUDET Ghislaine	Université de Bretagne Occidentale
HOYOS Véronica	Universidad Pedagogica Nacional
MERCAT Christian	Université Claude Bernard-Lyon 1
SOURY-LAVERGNE Sophie	Ecole normale supérieure de Lyon
TROUCHE Luc	Ecole normale supérieure de Lyon

S2HEP : SCIENCES ET SOCIETE ; HISTORICITE, ÉDUCATION ET PRATIQUES
EA 4148, Université Claude Bernard-Lyon 1, Ecole Normale Supérieure de Lyon

Titre : Contribution à l'étude du travail documentaire des enseignants de mathématiques : les incidents comme révélateurs des rapports entre documentations individuelle et communautaire

Résumé

La thèse traite des rapports entre documentations individuelle et communautaire des enseignants de mathématiques.

L'étude est conduite sur deux terrains contrastés. Le premier est constitué d'une communauté *institutionnelle* : des enseignants de mathématiques d'un lycée, dont les classes sont simultanément équipées d'une technologie complexe ; le deuxième est constitué d'une communauté *associative* : un groupe de travail de l'association Sésamath engagé dans la conception d'un manuel numérique pour la classe de seconde. Dans les deux cas, l'étude s'intéresse plus particulièrement à l'enseignement de l'analyse, du fait de l'importance et de la complexité de ce domaine au niveau du lycée.

La thèse propose des concepts (visions, monde du professeur, monde de la communauté) et des développements méthodologiques pour saisir les documentations individuelle et communautaire dans leur structure, leur dynamique et leurs interactions. Elle met en évidence, sur les deux terrains d'étude, des moments critiques de ces processus, les incidents documentaires, qui apparaissent à la fois comme des révélateurs et des accélérateurs. Elle montre enfin le potentiel qu'ont ces incidents pour le développement des articulations, globales ou locales, des documentations individuelles et communautaires.

Mots clés : documentation individuelle, documentation communautaire, incident documentaire, communauté de pratique, vision, monde du professeur, monde de la communauté, enseignement de l'analyse.

Abstract

The present thesis treats the relation between the individual and community documentation of mathematics teachers.

The study was carried out in two contrasting fields. The first field consists of an *institutional* community: mathematics teachers of a high school, whose classrooms are simultaneously equipped with complex technology; the second field consists of an *associative* community: a working group of Sésamath association that designs a digital Textbook for the grade 10. In the two cases, we are interested in the teaching of calculus, because of the importance and complexity of this mathematical field in high school.

The thesis proposes new theoretical concepts (visions, teacher's world, and community world) and methodological developments to capture individual and community documentations in their structure, their dynamics and their interactions. It highlights, in the two fields of study, critical moments of these processes, documentary incidents, which appear as both revealing and accelerators. It demonstrates the potential these incidents have to develop articulations, global or local, between individual and community documentations.

Key words: individual documentation, community documentation, documentary incident, community of practice, vision, teacher's world, community world, teaching of calculus.

Remerciements

Voilà la fin de la thèse! Et chaque fin est une déclaration d'un nouveau début.

Tout d'abord, c'est certainement à Luc Trouche que je dois mes plus forts remerciements. Je te remercie Luc pour le suivi scientifique dont chaque doctorant espère (ou rêve) avoir : disponibilité, encouragement, ouverture de nouvelles pistes de recherche. Merci Luc pour l'accompagnement humain duquel j'ai beaucoup appris et j'en garde de jolis souvenirs : mes séjours à Montpellier et l'ambiance scientifico-familiale qui y régnait ; les semaines de travail estivales à Taleyrac dans une ambiance sociale pleine d'évènements! Merci pour ta qualité humaine qui respecte l'essence de l'homme!

J'adresse également mes sincères remerciements à Paul Drijvers et Gislaine Gueudet d'avoir accepter d'être rapporteurs de cette thèse.

Je tiens vivement à remercier Veronica Hoyos, Christian Mercat et Sophie Soury-Lavergne qui ont accepté d'être membre du Jury.

Je remercie sincèrement les membres et les doctorants du laboratoire S2HEP. Je remercie également les membres de l'équipe EducTice. Je tiens vivement à remercier Gilles Aldon qui fait partie des rencontres les plus importantes de ces années de thèse. Je remercie Catherine Loisy pour son soutien durant la dernière période de rédaction. Durant mes années de thèse, j'ai eu la chance de côtoyer Rim Hammoud que je remercie pour les bons moments partagés.

Je voudrais souligner le soutien de Martine Nadal qui est, comme on dit en mathématiques, partout dense dans l'histoire de ces trois années de thèse. Merci Martine !

Je remercie tous les jeunes chercheurs que j'ai toujours de plaisir à retrouver dans les séminaires, conférences et soirées. Merci à Caroline, Joris, Audrey, Jean-Philippe, Nicolas, Stéphane, Marie-Line, Julia pour avoir contribué à consolider ce groupe. J'adresse un très grand merci à Anne-Cécile Mathé pour sa relecture fine de ma thèse et son soutien amical.

Je remercie les membres de Sésamath et tous les professeurs, avec qui j'ai pu échanger et travailler.

Bien sûr, je termine par une pensée toute particulière à mes parents, ma sœur, mes frères et pour Suzane … à eux tous je dédie ce travail.

Table des matières

CHAPITRE 1. INTRODUCTION.....15

PARTIE A. QUESTIONS DE RECHERCHE, CONSTRUCTIONS THEORIQUE ET METHODOLOGIQUE.....17

CHAPITRE 2. PROBLEMATIQUE.....19

2.1 DE LA REFLEXION SUR LES TECHNOLOGIES A LA REFLEXION SUR LES RESSOURCES.....19
2.2 DU TRAVAIL COLLECTIF *SOUS-JACENT* AU TRAVAIL COLLECTIF *MOTIVE*.....20
2.3 ASPECT INDIVIDUEL ET ASPECT COLLECTIF DU TRAVAIL DES ENSEIGNANTS DE MATHEMATIQUES.....22

CHAPITRE 3. CADRE THEORIQUE.....25

3.1 LES CONNAISSANCES DANS LA LITTERATURE DE RECHERCHE.....25
3.1.1 DEFINITION DES CONNAISSANCES EN DIDACTIQUE DES MATHEMATIQUES.....26
3.1.2 CLASSIFICATIONS DES CONNAISSANCES DANS LES RECHERCHES SUR L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES.....26
3.1.3 CONCLUSION.....29
3.2 ACTIVITES ET CONNAISSANCES POUR L'ENSEIGNEMENT DES MATHEMATIQUES.....29
3.2.1 NIVEAUX D'ACTIVITES DU PROFESSEUR DE MATHEMATIQUES.....30
3.2.2 LES CONNAISSANCES MATHEMATIQUES ET LES CONNAISSANCES POUR L'ENSEIGNEMENT.....30
3.2.3 MISE EN RELATION DES ACTIVITES ET DES CONNAISSANCES.....31
3.3 MONDE DU PROFESSEUR DE MATHEMATIQUES.....32
3.3.1 LES VISIONS D'UN PROFESSEUR DE MATHEMATIQUES.....32
3.3.2 NOTIONS POUR L'ETUDE DES CONDITIONNEMENTS ET DES RESSORTS DE L'ACTIVITE.....34
3.3.3 MONDE D'UN PROFESSEUR DE MATHEMATIQUES.....39
3.3.4 CONCLUSION.....39
3.4 COLLECTIFS ET TRAVAIL COLLECTIF DES ENSEIGNANTS DE MATHEMATIQUES.....40
3.4.1 DIFFERENTES FORMES DU TRAVAIL COLLECTIF.....40
3.4.2 DES OUTILS THEORIQUES POUR PENSER LES COLLECTIFS.....41
3.4.3 COMMUNAUTE DE PRATIQUE D'ENSEIGNANTS DES MATHEMATIQUES.....44
3.4.4 VERS UN CONCEPT DE MONDE DE LA COP.....45
3.4.5 CONCLUSION.....45
3.5 L'APPROCHE DOCUMENTAIRE DU DIDACTIQUE.....46

3.5.1 La notion de scheme 46
3.5.2 L'approche instrumentale 46
3.5.3 Les ressources pour l'enseignement des mathematiques 47
3.5.4 Le document d'un enseignant des mathematiques 48
3.5.5 Systeme d'activite, systeme de ressources et systeme de connaissances du professeur 50
3.6 Le travail documentaire communautaire des professeurs de mathematiques .52
3.6.1 Le systeme de ressources communautaire 52
3.6.2 La documentation communautaire entre ressources et connaissances 53
3.6.3 Le monde de la CoP au sein de la documentation communautaire 54
3.6.4 Conclusion 55
3.7 Les Incidents documentaires individuel et communautaire 55
3.7.1 La notion d'incident 55
3.7.2 L'incident documentaire individuel 56
3.7.3 L'incident documentaire communautaire 57
3.7.4 Conclusion 58
3.8 Conclusion de la construction theorique 58
3.9 Questions et hypotheses de recherche 58
3.9.1 Questions de recherche 59
3.9.2 Hypotheses de recherche 59

CHAPITRE 4. METHODOLOGIE 61

4.1 Reflexion theorique autour de la conception de la methodologie 61
4.1.1 Parametres pour la conception de la methodologie 61
4.1.2 Position du chercheur sur le terrain experimental 62
4.1.3 La construction d'un rapport aux acteurs 63
4.1.4 Necessite d'une analyse prealable du terrain experimental 65
4.2 Les principes pour la conception de la methodologie 65
4.2.1 L'explicitation du contrat methodologique 65
4.2.2 La stimulation d'une reflexivite sur l'activite 68
4.2.3 L'appui sur la conception dans l'usage 68
4.3 Le recueil de donnees naturelles du terrain experimental 69
4.3.1 Participations aux reunions de la communaute 69
4.3.2 Recueil de ressources naturelles 70
4.4 Le recueil de donnees par des outils methodologiques 70
4.4.1 Questionnaire de positionnement 72
4.4.2 Questionnaire monde 72
4.4.3 Les representations schematiques 73

4.4.4 JOURNAL DE BORD INDIVIDUEL 74
4.4.5 ENTRETIEN A DOMICILE 75
4.4.6 PETIT AGENDA DU SUIVI (PAS) 76
4.4.7 JOURNAL DE BORD COLLECTIF 76
4.4.8 DES OBSERVATIONS DE CLASSE 77
4.5 LA CONSTRUCTION DU TERRAIN DE RECHERCHE 77
4.5.1 LE CHOIX DE L'ANALYSE MATHEMATIQUE 77
4.5.2 LE CHOIX DE DEUX COMMUNAUTES CONTRASTEES 78
4.6 CONCLUSION DU CHAPITRE 79

PARTIE B. PREMIER TERRAIN EXPERIMENTAL, LE PROJET COMTEC 81

CHAPITRE 5. LE PROJET COMTEC, PRESENTATION ET METHODOLOGIES 83

5.1 ANALYSE PREALABLE DU TERRAIN DU PROJET COMTEC 83
5.1.1 LA TECHNOLOGIE TI-NSPIRE ET LE PROJET COMTEC 83
5.1.2 LE POSITIONNEMENT DES ACTEURS CONCERNES PAR COMTEC 84
5.1.3 CONCLUSION DE L'ANALYSE PREALABLE 86
5.2 CONSTRUCTION DU TERRAIN DU PROJET COMTEC 86
5.3 LES OUTILS METHODOLOGIQUES MIS EN ŒUVRE SUR CE TERRAIN EXPERIMENTAL 87
5.4 PROCESSUS DE MISE EN ŒUVRE DE LA METHODOLOGIE SUR COMTEC 90
5.5 INCIDENT DOCUMENTAIRE COMMUNAUTAIRE ET SUJETS DE L'EPM 91
5.6 METHODOLOGIE D'ANALYSE DE LA DOCUMENTATION DANS COMTEC 92
5.6.1 METHODE D'ANALYSE DE LA COP ET DE LA RELATION ENTRE PARTICIPATION ET DOCUMENTATION 93
5.6.2 METHODE D'ANALYSE DU MONDE DE LA COMMUNAUTE DE COMTEC 95
5.6.3 SYNTHESE 96
5.7 METHODOLOGIE D'ANALYSE DE LA DOCUMENTATION D'ALEXIS 96
5.8 CONCLUSION DU CHAPITRE 99

CHAPITRE 6. ANALYSE DES DONNEES, PROJET COMTEC 101

6.1 ANALYSE DE LA DOCUMENTATION COMMUNAUTAIRE DANS COMTEC, PREMIER SEGMENT TEMPOREL 101
6.1.1 LA COMMUNAUTE DU PROJET COMTEC, UNE COP ? 101
6.1.2 LE PROCESSUS DE PARTICIPATION AU PREMIER SEGMENT TEMPOREL 103
6.1.3 LE SYSTEME DE RESSOURCES COMMUNAUTAIRE AU PREMIER SEGMENT TEMPOREL 104
6.1.4 L'ORGANISATION DES VISIONS DES MEMBRES AU PREMIER SEGMENT TEMPOREL 108
6.1.5 L'ORGANISATION DE LA COMMUNAUTE DE COMTEC AU PREMIER SEGMENT TEMPOREL 113

6.1.6 RESULTATS DE L'ANALYSE DU PREMIER SEGMENT TEMPOREL 114
6.2 ANALYSE DE LA DOCUMENTATION COMMUNAUTAIRE DANS COMTEC, DEUXIEME SEGMENT TEMPOREL 114
6.2.1 LES MEMBRES DE COMTEC, VERS UN NOUVEAU STADE D'UNE COMMUNAUTE DE PRATIQUE 115
6.2.2 LE PROCESSUS DE PARTICIPATION AU DEUXIEME SEGMENT TEMPOREL 117
6.2.3 LE SYSTEME DE RESSOURCES COMMUNAUTAIRE AU DEUXIEME SEGMENT TEMPOREL 119
6.2.4 L'ORGANISATION DES VISIONS DES MEMBRES AU DEUXIEME SEGMENT TEMPOREL 123
6.2.5 L'ORGANISATION DE LA COMMUNAUTE AU DEUXIEME SEGMENT TEMPOREL 127
6.2.6 RESULTATS DE L'ANALYSE DU DEUXIEME SEGMENT TEMPOREL 127
6.3 CONCLUSION SUR LA DOCUMENTATION COMMUNAUTAIRE DANS COMTEC 128
6.4 ANALYSE D'UNE DOCUMENTATION INDIVIDUELLE DANS COMTEC - CAS D'ALEXIS 128
6.4.1 PRESENTATION D'ALEXIS 128
6.4.2 ANALYSE DE LA PREMIERE PERIODE DE SUIVI 129
6.4.3 ANALYSE DE LA DEUXIEME PERIODE DE SUIVI 139
6.4.4 ANALYSE DE LA TROISIEME PERIODE DE SUIVI 147
6.4.5 CONCLUSION DU SUIVI DE LA DOCUMENTATION D'ALEXIS 152
6.5 CONCLUSION DU CHAPITRE 152

PARTIE C. DEUXIEME TERRAIN EXPERIMENTAL, LE PROJET DIGITEX 155

CHAPITRE 7. LE PROJET DIGITEX : PRESENTATION ET METHODOLOGIES 157

7.1 SESAMATH : LES MATHEMATIQUES POUR TOUS 157
7.1.1 LA GENESE DE SESAMATH 157
7.1.2 LES PROJETS DE SESAMATH 159
7.1.3 LE PROJET MANUEL NUMERIQUE POUR LA SECONDE 162
7.2 ANALYSE PREALABLE DU TERRAIN DU PROJET DIGITEX 163
7.2.1 LES PROJETS DE SESAMATH, DONNEES NATURELLES DU TERRAIN 163
7.2.2 LES PROJETS DE SESAMATH : DIFFERENTS ROLES DES ACTEURS 165
7.2.3 LE MONDE DE SESAMATH 166
7.2.4 CONCLUSION DE L'ANALYSE PREALABLE 178
7.3 CONSTRUCTION DU TERRAIN DU PROJET DIGITEX 178
7.3.1 LE CHOIX DU THEME « FONCTION » DU CHAMP DE L'ANALYSE 179
7.3.2 LA DEVOLUTION DE NOTRE PROJET DE RECHERCHE AUX MEMBRES DE DIGITEX 180
7.3.3 LE CHOIX DE L'ENSEIGNANT A SUIVRE INDIVIDUELLEMENT 180
7.3.4 LE CHOIX DES ACTEURS POUR LE RENSEIGNEMENT DE PAS 183
7.4 LA MISE EN ŒUVRE DE LA METHODOLOGIE SUR LE TERRAIN DU PROJET DIGITEX 184
7.4.1 LES OUTILS METHODOLOGIQUES A METTRE EN ŒUVRE 185

7.4.2 La structure et l'ajustement de la methodologie 187
7.5 Des incidents documentaires communautaires sur le terrain du projet digiTex 189
7.5.1 Incidents releves dans les deux PAS 190
7.5.2 Incident note dans un seul PAS 194
7.5.3 Incident ne figurant dans aucun des PAS 195
7.5.4 Synthese sur les incidents documentaires communautaires.....196
7.6 Presentation analytique des listes de diffusion 196
7.6.1 Traitement des messages echanges sur les listes de diffusion.....197
7.6.2 Les acteurs participant aux recueils de donnees sur les listes de diffusion 201
7.7 Methodologie d'analyse de chacun des segments temporels.....203
7.7.1 Methode d'analyse de la CoP et de la relation entre participation et documentation.....203
7.7.2 Methode d'analyse du monde de la communaute de digiTex.....206
7.8 Methodologie d'analyse de la documentation d'Anaïs.....207
7.9 Conclusion du chapitre.....209

CHAPITRE 8. ANALYSE DES DONNEES, PROJET DIGITEX 211

8.1 Analyse de la documentation dans digiTex, premier segment temporel 211
8.1.1 La communaute du projet digiTex, une CoP ?.....211
8.1.2 Le processus de participation 214
8.1.3 Le systeme de ressources communautaire de digiTex.....215
8.1.4 Une KE au premier segment temporel 218
8.1.5 L'organisation de la communaute du projet digiTex 219
8.1.6 L'organisation des visions des membres.....219
8.1.7 Synthese de l'analyse du premier segment temporel.....220
8.2 Analyse de la documentation dans digiTex, deuxieme segment temporel.....221
8.2.1 État du developpement de la CoP 221
8.2.2 Le processus de participation 223
8.2.3 Le système de ressources communautaire de digiTex.....224
8.2.4 Des KM et KE construites au deuxieme segment temporel ?.....225
8.2.5 L'organisation de la communaute du projet digiTex 226
8.2.6 L'organisation des visions des membres.....227
8.2.7 Synthese de l'analyse du deuxieme segment temporel 227
8.3 Analyse de la documentation dans digiTex, troisieme segment temporel.....228
8.3.1 Stade de developpement de la CoP.....228
8.3.2 Le processus de participation 231
8.3.3 Le systeme de ressources communautaire de digiTex.....235

8.3.4 DES KM ET KE MOBILISEES DANS LE TROISIEME SEGMENT TEMPOREL 239
8.3.5 L'ORGANISATION DE LA COMMUNAUTE DU PROJET DIGITEX 240
8.3.6 L'ORGANISATION DES VISIONS DES MEMBRES.....241
8.3.7 SYNTHESE DE L'ANALYSE DU TROISIEME SEGMENT TEMPOREL.....242
8.4 ANALYSE DE LA DOCUMENTATION DANS DIGITEX, QUATRIEME SEGMENT TEMPOREL 242
8.4.1 STADE DE DEVELOPPEMENT DE LA COP.....242
8.4.2 LE PROCESSUS DE PARTICIPATION 245
8.4.3 LE SYSTEME DE RESSOURCES COMMUNAUTAIRE DE DIGITEX.....247
8.4.4 LES KM ET KE DANS LE QUATRIEME SEGMENT TEMPOREL.....251
8.4.5 L'ORGANISATION DE LA COMMUNAUTE DU PROJET DIGITEX 253
8.4.6 L'ORGANISATION DES VISIONS DES MEMBRES.....254
8.4.7 SYNTHESE DE L'ANALYSE DU QUATRIEME SEGMENT TEMPOREL 255
8.5 ANALYSE DE LA DOCUMENTATION DANS DIGITEX, CINQUIEME SEGMENT TEMPOREL 255
8.5.1 STADE DE DEVELOPPEMENT DE LA COP.....256
8.5.2 LE PROCESSUS DE PARTICIPATION 259
8.5.3 LE SYSTEME DE RESSOURCES COMMUNAUTAIRE DE DIGITEX.....264
8.5.4 LES KM ET KE CONSTRUITES ET MOBILISEES AU CINQUIEME SEGMENT TEMPOREL 269
8.5.5 L'ORGANISATION DE LA COMMUNAUTE DU PROJET DIGITEX 271
8.5.6 L'ORGANISATION DES VISIONS DES MEMBRES.....272
8.5.7 SYNTHESE DE L'ANALYSE DU CINQUIEME SEGMENT TEMPOREL 277
8.6 ANALYSE DE LA DOCUMENTATION INDIVIDUELLE – CAS D'ANAÏS.....278
8.6.1 PRESENTATION D'ANAÏS.....278
8.6.2 ANALYSE DE LA PREMIERE PARTIE DU SUIVI 278
8.6.3 ANALYSE DE LA DEUXIEME PARTIE DE SUIVI.....294
8.6.4 ANALYSE DE LA TROISIEME PARTIE DE SUIVI 301
8.6.5 CONCLUSION DU SUIVI DE LA DOCUMENTATION D'ANAÏS.....313
8.7 CONCLUSION DU CHAPITRE.....314

PARTIE D. CONCLUSION GENERALE.....315

CHAPITRE 9. CONCLUSION ET PERSPECTIVES 317

9.1 CONTRIBUTION A L'ETUDE DU TRAVAIL DOCUMENTAIRE DES ENSEIGNANTS DE MATHEMATIQUES 317
9.1.1 RETOUR SUR NOTRE RECHERCHE.....317
9.1.2 LA COMMUNAUTE DU PROJET COMTEC, EFFET LOCAL DE L'INCIDENT DOCUMENTAIRE.....318
9.1.3 LA COMMUNAUTE DU PROJET DIGITEX, EFFET GLOBAL DES INCIDENTS DOCUMENTAIRES ...319
9.1.4 COMPARAISON DES RESULTATS DES ANALYSES DES DEUX TERRAINS 320
9.2 LIMITE DE L'ETUDE ET DOMAINE DE VALIDITE DES RESULTATS 322

9.3 DEVELOPPEMENTS THEORIQUES ET METHODOLOGIQUES.....323
9.4 PERSPECTIVES 324
BIBLIOGRAPHIE.....327

Chapitre 1. Introduction

La présente thèse est née d'interrogations personnelles. Avant de prendre la décision de m'impliquer dans le travail de recherche, j'avais commencé une carrière d'enseignement de mathématiques. Comme enseignant, j'ai suivi des stages de formation continue. Deux choses simultanément me questionnaient dans ces formations :

- la distance entre ces formations et mes besoins professionnels. Parfois, les thèmes de formation m'intéressaient, mais le contenu mathématique ne répondait pas à mes besoins ; d'autres, me convenaient du point de vue du contenu mathématique mais le thème de formation ne répondait pas à mes besoins ;
- la « non flexibilité » des formations, qui ne donnait pas une marge de manœuvre et de prise d'initiatives au stagiaire que j'étais.

Nous avons alors tenté de nous auto-organiser avec des enseignants de mathématiques, pour établir nos propres projets de formation avec des objectifs précis où notre esprit d'initiative et notre désir de prendre des responsabilités seraient satisfaits. Le questionnement était difficile et la mise en place du groupe fut complexe. Un des éléments de complexité résidait dans les mathématiques comme savoir à enseigner. J'ai ainsi pris conscience de certains points : le rapport aux mathématiques n'est pas les même chez tous les enseignants, chaque enseignant a ses propres habitudes professionnelles pour aborder un contenu mathématique, chaque enseignant a des élèves qui ont des niveaux mathématiques différents suivant les classes. La présente thèse se situe dans le fil de cette expérience initiale, où le collectif jouait un rôle crucial pour re-sourcer les enseignants.

Cette question des apprentissages des enseignants, plus généralement de leur développement professionnel, est une question vive aujourd'hui en didactique des mathématiques. La particularité de cette thèse est qu'elle veut saisir ces apprentissages, ces développements, à partir du travail sur les ressources que les enseignants réalisent au sein de collectifs.

Nous espérons que ce travail de thèse pourra être utile pour penser la formation des maîtres, en donnant aux ressources et au collectif une place centrale, utile aussi du point de vue des pistes qu'il ouvre pour étudier le travail collectif des enseignants, et ses rapports au travail individuel.

Ce document est formé de quatre parties :

La première partie est consacrée à la problématique, au cadre théorique, et à la méthodologie. Les concepts que nous présentons nous permettent de préciser nos questions de recherche.

La deuxième partie est consacrée à notre premier terrain expérimental, le suivi d'une communauté *institutionnelle*. Nous présentons une étude de cette communauté et le projet autour duquel les membres sont réunis ; nous exposons la méthodologie que nous avons testée sur ce terrain et ses évolutions nécessaires ; nous analysons les données recueillies à la lumière de nos questions de recherche.

La troisième partie est consacrée à notre deuxième terrain d'étude : le suivi d'une communauté *associative*. Nous présentons une étude de cette communauté, nous exposons la méthodologie mise en œuvre et analysons les données

La quatrième partie nous permet de comparer les résultats, de proposer des réponses à notre questionnement initial, de situer leur portée et de proposer quelques perspectives.

Partie A. Questions de recherche, constructions théorique et méthodologique

Chapitre 2. Problématique

Le questionnement de cette thèse prend sa source dans la *complexité* du travail des enseignants de mathématiques, aux prises avec un foisonnement de ressources, et dans l'émergence d'une diversité de *formes collectives* de ce travail. Il débouche sur la formulation d'hypothèses portant sur les conditions dans lesquelles ces formes collectives peuvent appuyer le travail d'un professeur de mathématiques.

2.1 De la réflexion sur les technologies à la réflexion sur les ressources

On est passé, en 30 ans (1980-2010), de la vision de professeurs *réticents vis-à-vis de* telle ou telle *technologie* (les calculatrices par exemple) à la vision de professeurs *confrontés* à un foisonnement de *ressources*.

L'évolution rapide des technologies disponibles pour l'enseignement, depuis les années 1970, a suscité l'apparition de nombreux acronymes : NTICE, pour Nouvelles Technologies pour l'Information et la Communication dans l'Enseignement, puis simplement TICE, ou TIC, pour les technologies n'étant pas dédiées spécifiquement à l'enseignement (comme les tableurs). Les mathématiques ont été particulièrement « touchées » par cette évolution, avec la pénétration rapide dans les classes de calculatrices de plus en plus sophistiquées et importées par les élèves. Les recherches ont mis en évidence depuis longtemps la lenteur des processus *d'intégration* de ces technologies dans l'enseignement des mathématiques (Trouche 1994). Cette lenteur a pu être analysée en termes de *résistance* des acteurs (Assude 2007), mais, à partir d'un questionnement de la *viabilité* (Chevallard 1992a) de ces technologies dans le système d'enseignement, elle est plutôt analysée désormais en termes de *complexité* du travail en classe de l'enseignant dans ces nouveaux environnements (Guin et *al.* 2005).

Dans une synthèse (Sabra et Trouche 2009) des articles de recherche parus sur ce thème entre 2002 et 2008, nous avons mis en évidence deux phénomènes majeurs : l'émergence de formes collectives du travail des professeurs, que nous aborderons plus loin (§ 2.2) et l'émergence de la thématique des *ressources*. Cette dernière peut être interprétée de deux façons :

- elle est liée au travail d'intégrations technologique et didactique que doit réaliser le professeur, vu essentiellement comme un travail de conception de la *matière* de son enseignement. Ne trouvant pas, dans les manuels, des exercices pertinents pour exploiter, par exemple, des calculatrices dans ses cours, il doit rechercher, ou concevoir, les ressources de son enseignement ;
- elle est liée aussi à l'essor d'Internet et à l'extrême diversification des technologies qui vont se diffuser dans les classes des mathématiques et les pratiques professionnelles (clé USB, calculatrices en réseau, sites Web, Tableaux Blancs Interactifs – TBI –, bases d'exercices en ligne…). La distinction de technologies simples *supports* (comme le TBI), de technologies *qui intègrent du contenu mathématique* (calculatrices) et de technologies qui intègrent des propositions d'activités mathématiques pour la classe (sites Web) est souvent difficile à faire : le terme *ressource* désigne ce large spectre de « choses » que le professeur peut exploiter pour son enseignement.

Face à ce foisonnement de ressources, il s'agit de faire des choix. L'enseignant sélectionne des ressources parmi celles issues des différentes technologies comme parmi celles qui sont « traditionnellement » à disposition d'un enseignant (textes officiels et manuels). Au regard de la variété des supports à disposition, le travail de combinaison des ressources pour préparer son enseignement semble indispensable. Ce travail consiste à allier des contenus mathématiques issus de plusieurs sources, pour répondre à un besoin relatif à une notion donnée. Trouche et Guin (2006) considèrent qu'une ressource est une entité vivante qui évolue lors des différents *usages*, ce qui se traduit par un travail de raffinage et de modification permanent, en fonction des mises en œuvre successives dans la classe.

Le passage de la thématique des technologies à la thématique des ressources ne constitue donc pas seulement un changement de vocabulaire : il traduit un changement de point de vue sur le travail du professeur. Cette nouvelle thématique attire l'attention sur le travail du professeur non seulement en classe, mais aussi hors classe.

2.2 Du travail collectif *sous-jacent* au travail collectif *motivé*

Le développement d'Internet, qui pousse le développement de la thématique des ressources, agit aussi comme un révélateur, et un accélérateur, des formes collectives du travail de l'enseignant.

Le travail des professeurs intègre toujours une part collective. Naturellement, un enseignant de mathématiques fait partie de plusieurs collectifs : ses collègues dans l'établissement, l'administration, les parents d'élèves. Buisson (1911), en précisant le rôle du conseil des maîtres dans son dictionnaire, souligne que *« tout enseignement est une collaboration »*. En France, certains enseignants participent, volontairement, à des collectifs comme les Instituts de Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques (IREM) ou à l'Association des Professeurs de Mathématiques de l'Enseignement Public (APMEP) ainsi qu'à des dispositifs institutionnels ponctuels de formation continue. Dans les IREM, des groupes d'enseignants du collège, lycée et université effectuent en commun des recherches sur l'enseignement des mathématiques et assurent des formations continues s'appuyant sur ces recherches. Les IREM ont été fondés à un moment de rupture, constituée par la réforme des programmes de mathématiques inspirée par les « mathématiques modernes » de Bourbaki (encadré 1).

Toutes ces formes de travail en commun constituent le travail collectif *sous-jacent* au métier des professeurs de mathématiques. Les évolutions technologiques modifient profondément les conditions du travail des enseignants. Le développement d'Internet a rendu plus rapide la diffusion, la mutualisation et l'échange des ressources entre les enseignants. De plus, le développement des nouvelles technologies (outils nomades et clés USB par exemple) a facilité le transport des ressources numériques d'un support à un autre. La mise à disposition, pour autrui, de ses propres ressources est, du point de vue technologique, facilitée. Ces développements donnent de nouvelles occasions de travail collectif dont les ressources constituent le centre d'intérêt principal. Mais on note aussi que le développement des TICE suscite de nouveaux besoins et ajoute une nouvelle complexité à ce travail. Un simple recours à des ressources en ligne, pourtant abondantes sur une variété de sites, ou un simple échange de ressources numériques ne suffisent bien sûr pas à résoudre les difficultés d'intégration technologique dans l'enseignement des mathématiques. L'ensemble de ces facteurs favorise l'émergence d'un travail collectif *motivé* entre les enseignants de mathématiques.

Nicolas Bourbaki est un mathématicien imaginaire, sous le nom duquel un collectif de mathématiciens francophones a commencé à écrire et éditer des textes mathématiques à la fin des années 1930. Leurs travaux ont eu une influence considérable sur l'enseignement des mathématiques et sur l'évolution des mathématiques du 20ème siècle. Les membres fondateurs de Bourbaki sont des anciens élèves de l'Ecole Normale Supérieur de Paris, en particulier :

- André Weil (1906 – 1998), mathématicien connu pour ses travaux en théorie de nombres et en géométrie algébrique ;
- Henri Cartan (1904 – 2008), mathématicien connu pour ses travaux sur les fonctions de plusieurs variables complexes et la topologie ;
- Jean Dieudonné (1906 – 1992), mathématicien connu pour ses travaux en algèbre et en topologie ;
- Jean Delsarte (1903 – 1968), mathématicien connu pour ses travaux en analyse ;
- Claude Chevallay (1909 – 1984), mathématicien connu pour ses travaux en algèbre ;
- Szolem Mandelbrojt (1899 – 1983), mathématicien connu pour ses travaux en analyse.

Ce collectif de mathématiciens s'est réuni pour la première fois en décembre 1934 pour la réalisation d'un projet de rédaction d'un traité d'analyse. Les membres de Bourbaki enseignaient les mathématiques dans différentes universités en France. Le projet de Bourbaki est né d'un besoin : après la première guerre mondiale, les étudiants ne pouvaient pas s'appuyer sur une génération antérieure (enseignants ou chercheurs en mathématiques). Selon Jean Dieudonné (1970), cela signifiait que les étudiants, comme lui, manquaient d'une connaissance sur les dernières découvertes et progrès réalisés en mathématiques. Henri Cartan affirmait qu'ils étaient de la première génération après la guerre, faisant suite à un « vide », une génération qui devait entreprendre des choses nouvelles (Jackson 1999). André Weil et Henri Cartan étaient, à cette époque, chargés du cours « analyse différentiel et intégral » à l'université de Strasbourg. Weil (1992) rapporte que Cartan venait constamment lui poser des questions sur la meilleure façon de présenter une notion donnée à des étudiants, insistance qui lui vaut l'appellation de « grand inquisiteur ».

Chaque réunion de Bourbaki donnait lieu à un compte rendu. Le projet de Bourbaki avait une visée didactique qui apparaît clairement dans ses comptes rendus : *« il est ensuite décidé que le traité sera un traité 'enseignable' et non un traité de référence … »* (compte rendu Bourbaki, 12 décembre 1934)[1] ; *« Comme critérium, il faut qu'on puisse sans mercantilisme, conseiller la fréquentation du traité, ou tout au moins de ses fascicules essentiels, à un étudiant obligé de travailler seul, présumé d'ailleurs d'intelligence médiocre »* (compte rendu Bourbaki, 14 janvier 1935)[2].

Encadré 1. Nicolas Bourbaki, objectif du projet et formes d'organisation

Dans les dernières années, ce mouvement d'émergence de collectifs d'enseignants de mathématiques apparaît plus nettement, porté par une dynamique de conception de ressources :

- des collectifs associant chercheurs et enseignants pour étudier les conditions d'intégration et de viabilité des TICE en mathématiques. L'équipe e-coLab[3] de l'INRP (Aldon *et al.* 2008), par exemple, a pour objectif la conception de ressources adaptées à une technologie complexe donnée. Le but du travail est alors d'étudier les potentialités

[1] Compte rendu disponible à l'adresse : http://math-doc.ujf-grenoble.fr/archives-bourbaki/PDF/delta_001.pdf

[2] Compte rendu disponible à l'adresse : http://mathdoc.emath.fr/archives-bourbaki/PDF/delta_002.pdf.

[3] Expérimentation collaborative de laboratoires mathématiques http://educmath.inrp.fr/Educmath/recherche/equipes-associees/e-colab

offertes par cette technologie dans l'enseignement de mathématiques et les conditions facilitant son intégration dans les activités mathématiques de la classe ;

- des collectifs associant chercheurs et enseignants rassemblés pour penser un renouvellement de la formation continue des enseignants de mathématiques, par exemple le dispositif SFoDEM (Suivi de Formation à Distance pour les Enseignants de Mathématiques) développé par l'IREM de Montpellier entre 2002 et 2006 (Guin et Trouche 2008). Son objectif était de penser une formation susceptible d'accompagner l'intégration des TIC dans le travail des enseignants de mathématiques. Ce dispositif a suscité le développement de communautés d'enseignants qui collaboraient à la conception de ressources pour des contextes mathématiques particuliers ;
- des collectifs d'enseignants dont le travail s'effectue principalement en ligne, par exemple Sésamath[4], association d'enseignants de mathématiques qui a comme but de mettre à disposition des enseignants des ressources en ligne gratuites (nous en reparlerons au chapitre 7 de la thèse). Le travail est organisé par projet. Le mode de fonctionnement est à distance en ligne, via une liste de diffusion propre à chaque projet. Certains échanges ont lieu à partir de plates-formes ou dans des réunions en présence, mais ces derniers sont beaucoup moins fréquents.

Lié aux bouleversements technologiques, le travail collectif des professeurs de mathématiques subit un changement : d'un travail spontané constituant du métier (travail collectif sous-jacent) à un travail venant comme réponse à un bouleversement du métier (travail collectif motivé).

2.3 Aspect individuel et aspect collectif du travail des enseignants de mathématiques

L'émergence conjointe de la thématique des ressources et de nouvelles formes collectives de travail des professeurs de mathématiques (§ 2.1), pose naturellement des questions d'articulation entre le travail individuel et le travail collectif. Nous avons déjà posé cette question dans le cadre d'un mémoire de master (Sabra 2008). L'étude était restreinte à un collectif ayant comme objectif de concevoir des ressources adaptées à une calculatrice complexe, ainsi qu'un dispositif permettant la *mutualisation* des ressources. Nous avons alors considéré, plus particulièrement, le travail hors classe de deux professeurs de ce collectif. Dans les deux cas étudiés, nous avons remarqué que des processus complexes sont en jeu. Le type d'articulation qui peut avoir lieu est notamment lié aux *connaissances* du professeur de mathématiques, ainsi qu'à ses expériences mathématiques antérieures (formation, enseignement, etc.). De plus, cette étude a ouvert des questions autour du rôle de la forme du collectif (institutionnel, associatif ou autre) dans l'articulation entre le travail individuel et le travail collectif.

Nous nous proposons d'élargir le questionnement de ce mémoire de master en considérant à la fois la forme du collectif et les ressources individuelles et collectives produites. Nous prendrons en compte l'effet des contraintes liées à l'environnement de travail des enseignants de mathématiques (société, système éducatif, développement technologique) sur le développement du travail individuel, aussi que le travail collectif de conception de ressources pour l'enseignement des mathématiques. Nous nous interrogeons alors sur l'aide que les formes émergentes de travail collectif (§ 2.2), peuvent apporter aux enseignants.

[4] www.sesamath.net

Le questionnement général est alors :

- comment un professeur de mathématiques combine-t-il son propre travail de conception de ressources avec un travail au sein d'un collectif donné ?
- comment les différentes contraintes didactiques, technologiques et institutionnelles influent-elles sur le rapport entre le travail individuel et le travail collectif des enseignants de mathématiques ?

Les phénomènes à regarder sont complexes. Nous les étudierons à partir des traces de l'activité sur les ressources produites. Cette recherche nécessite un travail sur des concepts. Elle nécessite aussi la construction d'un terrain expérimental et une construction méthodologique. C'est l'objet des chapitres suivants.

Chapitre 3. Cadre théorique

Dans ce chapitre, nous présentons les cadres théoriques mobilisés pour notre recherche. Au regard de la complexité des phénomènes à regarder, nous avons fait le choix de plusieurs modèles théoriques, que nous avons cherché à articuler. A propos de l'articulation de cadres théoriques, Artigue (2009) écrit : « *Penser les rapports entre cadres théoriques ne peut se faire sans identifier leurs cohérences et leurs limites respectives, ni sans les respecter* » (Artigue 2009, p. 309). Nous tentons ainsi de justifier, à chaque fois, le choix de ces cadres et les articulations effectuées.

Nous commençons par présenter ce que les recherches sur l'enseignement des sciences entendent par « connaissances » (§ 3.1). Nous étudions ensuite les rapports existant entre catégories de connaissances et *niveaux d'activités* (Margolinas 2002) d'un professeur de mathématiques (§ 3.2). Nous proposons le concept du *monde de professeur* pour modéliser les métaconnaissances des enseignants de mathématiques (§ 3.3). Nous mobilisons ensuite différents cadres théoriques qui permettent de penser les collectifs. Nous utilisons plus particulièrement la théorie des *communautés de pratique* (Wenger 1998). Nous proposons dans cette même partie le concept de *monde de la communauté* pour l'étude de sa dynamique interne (§ 3.5). Nous continuons par la présentation de *l'approche documentaire du didactique* (§ 3.5). Ensuite, nous situons la documentation dans le cadre des communautés de pratique (§ 3.6). Les documentations individuelle et communautaire des professeurs de mathématiques seront présentées en termes d'interactions entre connaissances, activité et ressources. Nous terminons par une présentation de ce que nous entendons par *incident documentaire*, individuel et communautaire (§ 3.7).

Cette construction conceptuelle nous permet de formuler questions de recherche et hypothèses (§ 3.9).

3.1 Les connaissances dans la littérature de recherche

Les chercheurs en philosophie, épistémologie et didactique donnent diverses définitions de ce que sont « les connaissances ». Nous présentons, dans ce qui suit, les définitions des connaissances dans les recherches en didactique de mathématiques (§ 3.1.1), puis différentes classifications des connaissances proposées par des chercheurs en didactiques des disciplines (§ 3.1.2), à la fin nous présentons ce que nous retenons comme définition et comme typologie des connaissances pour notre recherche (§ 3.1.3).

Mais avant, voici les définitions de deux concepts que nous utilisons dans cette partie :

- le mot « situation » est entendu au sens de Brousseau (Brousseau et Sarrazy 2002) : *« Une situation modélise les enjeux et les possibilités de décision d'un actant dans un certain milieu »*. Nous préciserons davantage le sens de ce concept plus loin (§3.2.1) ;
- nous adoptons la définition du terme *activités*, distinguées du terme *pratiques* donnée par Robert (in Vandebrouck 2008) : « *Le mot pratiques est utilisé pour qualifier tout ce qui se rapporte à ce que l'enseignant pense, dit ou ne dit pas, sur un temps long, que ce soit avant,*

pendant, après les séances de classe. Le mot activités est réservé à des moments précis de ces pratiques, référés à des situations spécifiques dans le travail de l'enseignant».

3.1.1 Définition des connaissances en didactique des mathématiques

Brousseau, dans le glossaire (Brousseau et Sarrazy 2002) de la Théorie des Situations Didactiques (1998), définit les connaissances comme formes diverses : moyens de prendre une décision, de choisir une action, une formulation, une preuve, mais aussi toute une chaîne de rapports réflexifs à ces formes. Brousseau et Centeno (1991) les définissent comme : *« moyens transmissibles (par imitation, initiation, communication, etc.) mais non nécessairement explicitables, de contrôler une situation et d'y obtenir un certain résultat conformément à une attente ou à une exigence sociale. La connaissance – ou la reconnaissance – n'est pas analysée mais exigée comme une performance relevant de la responsabilité de l'acteur »* (p. 176). Ils distinguent les *connaissances* du côté de l'action, et les *savoirs* du côté de la validation et la communication.

Conne (1992) définit les connaissances en fonction de leurs liens avec le savoir et l'action du sujet : *« Une connaissance ainsi identifiée est un savoir, c'est une connaissance utile, utilisable dans ce sens qu'elle permet au sujet d'agir* [...] *»* (p. 225) ; *« Le savoir est une connaissance qui contrôle une situation est ses transformations, elles-mêmes inductrices de connaissances »* (p. 240). Ainsi, selon Conne, les connaissances peuvent être considérées comme moyens d'action et moyens de *contrôle* des situations.

Margolinas (2002) utilise le mot « connaissances » dans le sens de Brousseau. Elle situe les mêmes relations que Conne (1997) entre connaissances et activité d'une part, savoir et pratique d'autre part.

Mercier et Le Maréchal (2006) soulignent que l'approche majoritaire dans la communauté française de didactique des mathématiques considère *« la connaissance comme le rapport d'une personne à un objet (au sens large, non limité aux objets matériels...)* ». Ils distinguent les connaissances *individuelles* définies par la description des rapports des personnes aux objets et les connaissances *partagées*, « les savoirs », qui relèvent d'une description des rapports collectifs, officiels ou institutionnels, aux objets.

De cette présentation des définitions de « connaissances », nous retiendrons que les connaissances sont vues comme moyens d'action et moyens de contrôle de l'action. Elles sont des construits, résultats d'une adaptation du sujet à une certaine situation. Parmi les connaissances du sujet, certaines sont reconnues et collectivement partagées.

3.1.2 Classifications des connaissances dans les recherches sur l'enseignement des sciences

Dans la plupart des recherches, la présentation de « ce que sont des connaissances » passe par l'identification d'une classification ou d'une typologie de ces connaissances. Dans ce paragraphe, nous présentons une revue de quelques classifications et typologies des connaissances proposées dans des recherches sur l'enseignement des sciences.

Vergnaud (2002) demande qu' *« on reconnaisse comme une vraie connaissance les savoir-faire acquis au cours de l'expérience »*. Il déclare qu'il n'y a pas d'action possible sans propositions tenues pour vraies sur le réel qui sont, effectivement, des connaissances. Vergnaud adopte le point de vue de Piaget : *« l'expérience et l'apprentissage sont adaptation. La connaissance est*

adaptation [à l'environnement] ». Dans cette perspective, il parle de deux formes de connaissances :

- *connaissances opératoires* (savoir faire, manière de procéder, utilisation et adaptation d'une procédure). Ces connaissances ne sont pas toujours faciles à expliciter par le sujet ;
- *connaissances prédicatives*, celles qui sont explicites (elles prennent la forme d'un texte, d'énoncés, de traités et de manuels) verbalisables et conscientes ;

Selon Vergnaud, les connaissances opératoires rendent davantage justice aux connaissances acquises au cours de l'expérience qui peuvent être vraies ou fausses.

Bloch (1997), s'intéressant aux connaissances mathématiques spécifiques à l'enseignement des mathématiques et interrogeant quelques unes de leur caractéristiques, distingue les *« connaissances mathématiques de l'enseignant ou pour l'enseignement »* (KME) et les *« connaissances mathématiques universitaires »* (KMU). Selon l'auteur, le professeur va faire appel à ses KMU pour les adapter à son enseignement, ou pour contrôler l'activité mathématique des élèves. Cependant, les contenus des programmes à enseigner pourront laisser des domaines absents de la formation universitaire. Dans ce cas l'enseignant ne pourra plus suivre la procédure d'adaptation des KMU. Bloch envisage alors plusieurs types d'articulation entre les KMU et KME :

- KMU adaptées et réorganisées : le passage du niveau universitaire au niveau scolaire n'est pas une simple application de connaissances. Il s'agit de construire des passerelles épistémologiques pour contrôler le passage du KMU au KME. Ce travail d'adaptation demande à l'enseignant d'interpréter le contenu et de penser des manières pour le présenter à ses élèves (analogies, métaphores, problèmes, etc.) ;
- connaissances non disponibles dans les programmes : les connaissances universitaires des professeurs où les programmes indiquent qu'il ne s'agit pas d'y recourir dans l'enseignement. Même si ces connaissances ne font pas partie du savoir à enseigner, elles contribuent à la construction épistémologique du savoir mathématique chez un professeur et lui permettent de contrôler son activité en classe ;
- connaissances non disponibles dans la formation universitaires des professeurs : comme le cas de la construction des nombres rationnels et réels. Dans ce cas, l'institution doit assumer un premier niveau de transposition du savoir (par la formation des maîtres), et ne pas laisser tout à la charge de l'enseignant. Les collectifs dont l'enseignant fera partie, pourront aussi jouer un rôle ;
- connaissances exogènes au champ universitaire des mathématiques : elles contiennent les connaissances qui ne sont pas purement mathématiques, comme la didactique des mathématiques, l'épistémologie et l'histoire des sciences ou la linguistique. Dans ce cadre, Bloch attribue un rôle important à la *transposition didactique* pour comprendre le passage du savoir savant au savoir de la classe.

Les travaux de Shulman (1986, 1987) portent sur les connaissances des enseignants de sciences relatives à la fois à leur discipline et à l'enseignement. Il propose une classification permettant de penser les connaissances professionnelles des enseignants en sciences expérimentales. Dans sa classification, il distingue :

- les connaissances du contenu disciplinaire : ces connaissances contiennent les connaissances que l'enseignant est chargé de transmettre aux élèves, les connaissances

autour de l'organisation du concept (principes et théories) et les preuves introduites pour justifier ;

- les connaissances purement pédagogiques qui ne sont pas en lien avec un contenu disciplinaire. Ces connaissances permettent notamment à l'enseignant de régir ses relations aux élèves ;
- les connaissances sur le contexte : connaissances sur l'origine de ses élèves, le type d'établissement dans lequel il enseigne, etc. ;
- les connaissances pédagogiques liées au contenu (PCK[5]) : ce sont les connaissances que développe un enseignant pour aider les élèves dans le processus d'apprentissage d'un contenu disciplinaire.

Shulman, dans son modèle, ne prend pas en compte le processus suivant lequel ces connaissances ont été construites. D'autres chercheurs ont proposé des adaptations de ce modèle : Grossman (1990), puis Magnusson, Krajcik et Borko (1999) ont proposé des modélisations qui s'inscrivent dans le cadre de la continuité des travaux de Grossman. Ces derniers distinguent :

- les connaissances sur les difficultés des élèves : parmi ces connaissances, les acquis des élèves et les connaissances sur les concepts et les notions disciplinaires difficiles (niveaux d'abstraction, originalité, etc.) ;
- les connaissances sur les stratégies d'enseignement : elles correspondent aux manières d'enseigner un contenu disciplinaire pour aider les élèves à les comprendre ;
- les connaissances sur l'évaluation ;
- les connaissances sur le contexte : autour des programmes scolaires et autour de la globalité des matériels disponibles dans son établissement ou environnement de travail ;
- les buts et raisons de l'enseignement d'une discipline : elles orientent les décisions des professeurs pour atteindre leurs objectifs. Cette composante chapeaute les autres composantes de ce modèle.

Ball et *al.* (2007) présentent une classification des connaissances mathématiques auxquelles l'enseignant fait appel lors de son enseignement. Ils distinguent les catégories suivantes :

- Common Content Knowledge (CCK) : connaissances mathématiques utilisées ailleurs que dans l'enseignement (calculer, résoudre des problèmes, utiliser un vocabulaire correct, etc.). Ces connaissances sont essentielles ;
- Specialized Content Knowledge (SCK) : connaissances mathématiques rarement utilisées hors enseignement, comme : présenter une idée mathématique, utiliser une notation mathématique et un langage mathématique, etc. Par exemple, « dresser le tableau de variation de la fonction carrée en interprétant sa courbe représentative », les connaissances auxquelles l'enseignement fait appel pour faire apprendre cette tâche sont rarement utilisées hors la classe ;
- Knowledge of Content and Students (KCS) : connaissances sur les représentations des élèves, interprétations des réponses des élèves, difficultés des élèves ;
- Knowledge of Content and Teaching (KCT) : connaissances sur le choix des exemples et des matériels à introduire, connaissances sur la gestion de la classe.

[5] L'acronyme anglais de Pedagogical Content Knowledge.

Ces travaux s'inscrivent dans la perspective des travaux de Shulman et Grossman, situant les CCK et SCK dans le cadre des connaissances disciplinaires (mathématiques) et les KCS et KCT dans le cadre des PCK.

Coppé (2007) propose une classification des connaissances professionnelles des enseignants de mathématiques à partir de l'origine de ces connaissances :

- des savoirs institutionnels enseignés à l'université ou à l'IUFM. Ces connaissances sont explicites, reposant sur des textes du savoir repérés ;
- des savoirs construits par le sujet, qui proviennent d'initiatives personnelles : par exemple de lecture de livres dont le contenu est repris dans le cadre du métier d'enseignement et retravaillé par le professeur ;
- des éléments de savoir ou de savoir-faire dont la transmission se fait souvent par oral par les maîtres de stage ou d'autres collègues ;
- des savoir-faire récents construits dans l'action qui peuvent rester implicites (c'est ce que Vergnaud appelle les connaissances opératoires) ;
- des savoirs ou savoir-faire qui proviennent d'expériences en tant que professeur, apprenant, ou d'autres expériences dans le cadre des collectifs ;
- des représentations, des croyances sur les missions du professeur, les valeurs de l'éducation ou sur d'autres valeurs, des connaissances qu'on peut considérer comme des connaissances collectivement partagées.

De cette présentation des classifications et des typologies de connaissances dans les recherches, nous retenons deux niveaux de classifications : classifications de connaissances liées à l'action d'enseignement (Shulman 1986, Grossman 1990, Ball et *al*. 2007) ; classifications liées au contexte institutionnel de leur construction (Bloch 1997, Coppé 2007), qui soulignent leur dimension collective.

3.1.3 Conclusion

Cette classification des connaissances n'est pas exhaustive, mais elle nous permet de situer nos choix. Nous appréhendons les connaissances comme des moyens pour l'action et des moyens de contrôle et de réflexion sur des raisonnements, choix et actions. La classification des connaissances que l'on se propose de construire prendra en compte chez un professeur, à la fois les connaissances liées à l'action d'enseigner les mathématiques, les connaissances communément partagées et construites dans des collectifs professionnels sur l'enseignement des mathématiques et les connaissances liées aux mathématiques comme savoir savant et savoir à enseigner.

3.2 Activités et connaissances pour l'enseignement des mathématiques

Nous commençons par une exposition des niveaux d'activité suivant le modèle de Margolinas (2002), puis nous proposons une catégorisation des connaissances des enseignants de mathématiques. Nous discutons enfin la mise en relation entre la nature de l'activité d'un professeur pour l'enseignement des mathématiques et le type de connaissances construites et mobilisées par cette activité.

3.2.1 Niveaux d'activités du professeur de mathématiques

Une *situation* (Brousseau 1998) est caractérisée par un ensemble de relations et de rôles réciproques d'un ou de plusieurs sujets (élève, professeur, etc.) avec un milieu, visant la transformation de ce milieu selon un projet. Le *milieu* est constitué des objets (physiques, culturels, sociaux et humains) avec lesquels l'acteur interagit dans une situation.

Les activités des professeurs sont complexes. Margolinas a proposé un modèle de l'activité du professeur de mathématiques qui prend en compte cette complexité. Son modèle est un modèle de *« structuration de milieu »* (Margolinas 1995), sous la forme de *niveaux* (Margolinas 2002) en interactions, dont chacun a ses propres caractéristiques (tableau 1). Commençons par le niveau le plus général du modèle, le *niveau idéologique* (+3), représentant la réflexion du professeur sur son enseignement de mathématiques. A ce niveau, l'activité du professeur est non finalisée, mais ses relations avec la *noosphère*[6] se traduisent par des influences qu'il ne peut pas toujours contrôler. Le niveau suivant (+2) est le *niveau de conception d'un thème mathématique*. A ce niveau le professeur cherche à situer son cours dans une progression mathématique. Ensuite le *niveau du projet de leçon* (+1) qui consiste à traduire et expliciter son projet d'enseignement. Dans son activité de conception d'un thème mathématique (+2), un professeur a dans la tête une esquisse des projets de leçons (+1) s'inscrivant sous ce thème. Son travail sur un projet d'une leçon donnée (+1) peut être aussi un générateur d'idées sur la construction d'un thème dans lequel s'inscrit cette leçon. Le *niveau de la situation didactique* (0) est le niveau qui prend en compte l'activité du professeur en classe. Ce niveau constitue le centre de l'activité professionnelle d'un enseignant. Il constitue l'« origine » et la finalité de son travail. Le niveau suivant est le niveau d'observation des actions des élèves (-1). A chaque niveau d'activité correspond un milieu avec des caractéristiques spécifiques. Cette structure permet de classifier l'activité d'un professeur de mathématiques en fonction des caractéristiques du milieu avec lequel il est en interaction.

Niveau idéologique	+3
Niveau de construction ou de conception d'un thème	+2
Niveau de projet de leçon	+1
Niveau de la situation didactique	0
Niveau d'observation ou de dévolution	-1

Tableau 1. Les différents niveaux d'activité du professeur (Margolinas 2002)

L'activité du professeur s'inscrivant dans différents niveaux est à la fois mobilisatrice et productrice des connaissances. Nous situons ces connaissances dans un cadre que nous appelons *cadre cognitif*, parce qu'elles sont mobilisées dans l'action et construites par cette action.

3.2.2 Les connaissances mathématiques et les connaissances pour l'enseignement

Le cadre cognitif des connaissances contient les connaissances mathématiques du professeur qui les a construites tout au long de son apprentissage scolaire et universitaire, sa formation et son enseignement.

[6] L'ensemble des personnes et des groupes dont la fonction est d'assurer, en incluant des éléments de savoir scientifique, l'interface, la relation entre le système d'enseignement et la société globale (Chevallard 1985)

Bloch (1997) précise : *« on ne peut considérer un ensemble de connaissances comme une simple collection d'objets : cet ensemble est structuré par une organisation interne, des relations entre connaissances »*. Chaque professeur possède sa propre organisation interne de connaissances. En partant de ce point de vue, nous présentons une structure de ces connaissances en distinguant, d'une part, les connaissances mathématiques (KM) des enseignants de mathématiques construites au cours du temps dans des différents contextes institutionnels et collectifs et, d'autre part, les connaissances nécessaires pour enseigner les mathématiques (KE).

Les KM des enseignants de mathématiques que nous considérons sont celles mobilisées et construites dans tous types d'activités d'enseignement des mathématiques, dont celles communément partagées et construites dans des collectifs (institutionnels ou professionnels), aussi que les connaissances sur les mathématiques en tant que savoir savant. Nous distinguons alors les catégories suivantes :

- le savoir savant. L'ensemble des connaissances mathématiques universitaires construites tout au long de son expérience comme apprenant à l'université. Ces connaissances constituent une référence à laquelle l'enseignant a recours pour la validation de ses activités d'enseignement, mais aussi pour contrôler certaines situations didactiques. Un enseignant adapte et réorganise ces connaissances tout au long de son enseignement (voir Bloch, § 3.1.2) ;
- les connaissances construites dans des collectifs (institutionnels ou professionnels). Elles peuvent prendre la forme de méthodes sur la façon d'apprendre ou d'organiser un savoir ;
- les connaissances mathématiques spécifiques pour l'enseignement (comme les SCK, § 3.1.2). Elles peuvent être des méthodes mathématiques spécifiques pour la transmission du savoir aux élèves.

Les KE des enseignants de mathématiques que nous considérons sont celles qui jouent un rôle essentiel dans la préparation de son enseignement en général et son enseignement des mathématiques plus particulièrement. Dans ce cadre, nous retenons les catégories suivantes, issues de celles de Grossman sur les PCK (§ 3.1.2) :

- les connaissances relatives à sa représentation du professeur de mathématiques et de l'enseignement des mathématiques et aux valeurs qu'il y attache, valeurs collectivement partagées ou qui lui sont propres ;
- les connaissances sur les difficultés des élèves dans l'apprentissage des mathématiques ;
- les connaissances sur l'organisation de son enseignement des mathématiques : choix des exemples, des méthodes, des matériels, des TICE, gestion didactique de la classe ;
- les connaissances sur les stratégies d'enseignement des mathématiques.

Les KM et les KE couvrent l'ensemble de ce que la littérature de recherche propose comme catégories de connaissances pour l'enseignement des mathématiques.

3.2.3 Mise en relation des activités et des connaissances

Chaque catégorie de ces deux types de connaissances (KM et KE) mobilisées ou construites, est privilégiée dans un niveau d'activité du professeur (§ 3.2.1). Prenons l'exemple de l'image d'un intervalle par la fonction carrée en classe de seconde. Dans sa formation universitaire (+3) un enseignant apprenait que pour identifier l'image d'une fonction continue sur un intervalle, il peut recourir au théorème de la bijection : « Si f est continue et strictement monotone (bijective) sur un intervalle $[a; b]$, alors elle constitue une bijection entre $[a; b]$ et un intervalle fermé $J =$

$[f(a); f(b)]$ ». Dans la préparation de son enseignement en classe de seconde (+1), il fait référence à ce théorème pour apprendre ses élèves à déterminer l'image de l'intervalle $[-2; 1]$ par la fonction $f(x) = x^2$, en s'appuyant sur une représentation graphique de la fonction : il s'agit de découper l'intervalle en des subdivisions sur lesquelles la courbe est strictement monotone ; identifier l'image (intervalle) de f sur chaque subdivision. L'union des intervalles trouvés formera la solution. Pour cela, il s'agit de préparer une progression (+2) précédant cette activité mathématique et prenante en compte l'identification de l'image d'un point par une fonction et le sens de variation d'une fonction. Ensuite, dans la classe (0) le théorème de la bijection va l'aider pour contrôler et orienter l'activité mathématique des élèves.

Après avoir proposé un modèle des connaissances du professeur de mathématiques qui sont en lien avec son activité, nous étudions dans ce qui suit les *conditionnements* qui contraignent ses choix didactiques et professionnels.

3.3 Monde du professeur de mathématiques

Dans cette partie, nous proposons le concept de *vision* d'un enseignant de mathématiques (§ 3.3.1). Ensuite, nous faisons une revue de différentes notions développées dans le but d'étudier les conditionnements et les ressorts de l'activité des enseignants de mathématiques (§ 3.3.2). Nous dégageons de cette présentation le concept de « monde du professeur » (§3.3.3).

3.3.1 Les visions d'un professeur de mathématiques

Flavell (1976) définit la *métacognition* comme *« la connaissance de sa propre activité cognitive ou de celle d'autrui, qui permet la planification puis la régulation de celle-ci pendant la communication d'informations »*. Coen et Gurtner (1998) spécifient des mécanismes constitutifs de la métacognition, comme la *planification*, le *contrôle* et la *régulation*. Ces mécanismes intègrent une certaine *réflexivité* sur les pratiques. Pour Wolfs (2005), les termes de « métacognition » et de « réflexivité » possèdent des points communs *« les stratégies du sujet sont centrales dans les deux courants et tous deux tentent de décrire la prise de conscience de manière objectivante »* (p. 22).

En didactique des mathématiques, plus particulièrement dans le cas de l'apprentissage mathématique, Robert et Robinet (1996) soulignent qu'elles utilisent *« le préfixe méta devant les mots connaissances ou cognitif ou cognition pour désigner des éléments d'information ou de connaissances SUR les mathématiques, sur leur fonctionnement, sur leur utilisation, sur leur apprentissage »* (p. 156). Elles précisent : *« il y a plusieurs formes ou plusieurs niveaux d'information et de connaissances sur les mathématiques, sur leur fonctionnement, sur leur utilisation […]* :

- *des informations constitutives de la connaissance mathématique (méthodes, structures, organisation) ;*
- *des informations constitutives de l'accès à la connaissance mathématique, accès d'un individu donné ou plus général (jeux de cadre, rôle des questionnements, des exemples et des contre-exemples, et aussi rôle de la réflexion épistémologique pour apprendre) ;*
- *des informations sur le mode de production et le fonctionnement mathématique (contrôle, guidage) »* (p. 157).

Nous proposons une explicitation des mécanismes métacognitifs des professeurs de mathématiques en termes de « visions », qui diffère des notions de *conceptions* et de *croyances* (ou belief en anglais). Balacheff et Margolinas (2005) définissent la conception comme suit : *« On peut donc résumer en proposant qu'une conception est une instance de la connaissance de l'apprenant, qui se distingue par la représentation et les traitements qu'elle mobilise, et mais dont la portée est locale, attestée sur un domaine de validité et d'efficacité particulier (éventuellement scolaire) »*. La vision d'un enseignant de mathématiques peut avoir un domaine de validité qui dépasse le contexte scolaire, vers la société. Lafortune & *al.* (2004), soulignent la polysémie du terme « croyance » qui peut être une *conception*, qui renvoie davantage au cadre cognitif (§ 3.2.2), et qui peut être une *conviction* qui renvoie à une dimension affective. Richardson (1996) souligne d'ailleurs la difficulté d'opérationnaliser le concept de croyance dans les recherches empiriques. Nous introduisons donc la notion de *vision*, définie comme une méta-connaissance d'un enseignant rendant ses KM et KE fonctionnelles. En adaptant la définition de Robert et Robinet (1996) des métaconnaissances, nous distinguons différentes formes que peut prendre une vision :

- formes constitutives des KM et KE (méthodes d'enseignement d'une notion donnée, structures des rapports entre les différents domaines mathématiques, organisations du savoir à enseigner) ;
- formes constitutives de l'accès au KM et KE (rôle de la réflexion épistémologique, rôle de la réflexion sur des expériences antérieures) ;
- formes productives de modes de conception des ressources pour l'enseignement de mathématiques.

Les réflexions de l'enseignant sur ses propres activités, ses choix, les décisions qu'il prend, sont liés à ses différentes visions. Nous avons mis à l'épreuve la notion de vision dans le cadre d'une étude empirique sur un groupe d'enseignants de mathématiques, membres de l'association Sésamath (Sabra 2009). Nous avons alors considéré quatre visions : la vision des mathématiques, la vision de l'enseignement des mathématiques, la vision des TICE et la vision du travail collectif. Le choix de ces quatre visions est lié à notre questionnement de recherche.

Voici, par exemples, deux visions différentes des mathématiques, issues de cette étude. Une première vision qui considère les mathématiques comme langage/outil théorique pour traduire des phénomènes et des faits réels étudiés dans le cadre d'autres domaines scientifiques (physique, chimie, biologie par exemple). Une deuxième vision qui considère les mathématiques comme domaine qui se développe grâce aux interactions qui peuvent avoir lieu avec les autres disciplines scientifiques (les mathématiques considérées dans une dimension expérimentale).

Voici un autre exemple de deux visions différentes de l'enseignement, issues de la même étude. Une première vision adopte un mode de conception de ressources pour l'enseignement par adaptation : chercher les ressources préparées l'année précédente →adapter ces ressources en fonction de certaines conditions (changement de programme, niveau des élèves en classe). Une deuxième vision adopte un mode heuristique de conception de ressources : choisir des ressources dans des différents endroits (sites, livres, etc.) → éliminer progressivement les alternatives considérées comme non pertinentes → intégrer les ressources choisies dans une progression mathématique.

La prise en compte des TICE dans l'enseignement constitue un facteur important dans le développement des connaissances d'un professeur, surtout dans un moment où les programmes et les textes officiels recommandent leur utilisation. La vision des TICE est en rapport, d'une

façon ou d'autre, avec la considération de la technologie en général que construit un professeur tout au long de son expérience (professionnelle ou non) antérieure. Nous désignons par technologie celle extra-professionnelle (Internet, utilisation de l'ordinateur, messagerie, logiciel de traitement de texte, etc.) ainsi que celle pour l'utilisation professionnelle (dont les TICE).

La façon de prendre en compte la dimension collective dans son travail diffère d'un enseignant à un autre. Par exemple, pour deux enseignants engagés dans un projet de partage des cours avec leurs collègues au lycée : le premier conçoit ses leçons d'une façon qu'elles soient adaptables par ses collègues ; le deuxième les conçoit en joignant un rapport détaillant le processus de mise en œuvre en classe de la leçon. On a alors deux enseignants ayant deux visions différentes du même type de travail collectif : la première basée sur une organisation pointant le partage d'idées sur les mathématiques et leur enseignement, qui seront à leur tour interprétées et adaptées par l'enseignant qui les reçoit ; la deuxième basée sur une organisation pointant la mutualisation de ressources « prêtes » pour la mise en œuvre. La vision du travail collectif se construit au cours du temps selon les interactions vécues dans divers collectifs.

Les visions d'un professeur de mathématiques citées ci-dessus ont une portée épistémologique et didactique importante. La construction de ces visions se réalise au cours du temps. Elles sont le résultat d'interactions diverses ainsi que de conditionnements variés. Nous proposons de développer ce point dans le paragraphe suivant.

3.3.2 Notions pour l'étude des conditionnements et des ressorts de l'activité

Dans cette partie, nous présentons différentes notions qui ont été développées dans le but d'étudier les conditionnements et les ressorts de l'activité dans des différents domaines : le style de pensée (Fleck 1935) en philosophie de sciences, l'habitus (Bourdieu 1980) en sociologie, le monde du travail (Béguin 2005) en ergonomie cognitive et les niveaux de co-déterminations didactiques en didactique des mathématiques (Chevallard 2002). Le but de cette présentation est de dégager une notion qui nous permette de regrouper les quatre visions (§ 3.3.1) d'un professeur de mathématiques et leurs interactions.

Fleck et le style de pensée

Pour Fleck[7] (1935/2005), toute hypothèse, toute connaissance et toute théorie scientifique émergent au sein de ce qu'il appelle un *style de pensée*. Le style de pensée 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 : *« Il existe un lien conforme à un style entre tous les concepts d'une époque - ou beaucoup d'entre eux - ; lien qui repose sur l'influence réciproque s'exerçant entre ces concepts. C'est pourquoi nous pouvons parler d'un style de pensée, qui commande le style de chaque concept »* (Fleck 2005, p. 22).

Le concept de style de pensée de Fleck semble constituer un outil pertinent pour l'étude des facteurs contribuant à l'orientation des pratiques des enseignants car il prend en compte des éléments (socioculturels et historiques) influant sur l'*acte cognitif* qui, selon Fleck, *« n'est en aucun cas le processus individuel d'une conscience théorique "existant de toute façon" ; il est le*

[7]Ludwik Fleck (1896-1961) est un biologiste d'origine, qui a développé une œuvre philosophique et sociologique.

résultat d'une action sociale, puisque l'état des connaissances du moment dépasse les limites imposées à un individu » (ibidem, p. 73).

Le statut du savoir, à une époque donnée, constitue une dimension importante qui caractérise, d'une façon ou d'autre, le style de pensée. Dans le cas d'un professeur de mathématiques, l'identification d'un certain style de pensée qui dépasse ses propres visions (§ 3.3.1) peut expliquer certains choix qu'il effectue. L'élaboration d'un style de pensée repose sur des éléments fondamentaux qui contribuent à son élaboration. Il est sous-tendu par un *collectif de pensée*[8] : *« 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 de la culture, c'est-à-dire d'un style de pensée particulier »* (ibidem, p. 74).

Le repérage des collectifs de pensée dont un enseignant fait ou a fait partie peut nous donner une idée des processus de construction des ses diverses visions. L'appartenance à un collectif de pensée peut être un facteur déterminant dans les choix effectués par un professeur. En revanche, les caractéristiques propres d'un enseignant, ainsi que sa propre expérience, vues dans un contexte social large, ne sont pas prises en compte dans cette notion. Or, le sujet, pour nous, l'enseignant, est associé à différents styles de pensée au long d'une histoire d'expériences propres.

La notion de style de pensée semble pertinente aussi dans d'autres domaines d'étude : Fleck évoque la possibilité de l'adapter pour l'étude éventuelle des communautés de recherche, nous l'exploiterons pour l'étude de communautés d'enseignants de mathématiques (§ 3.4). Chaque professeur appréhende un style de pensée à sa façon, mais comment ? Suivant quel processus ? Avec quelles actions de régulation et de contrôle propre ? Nous avons cherché des réponses à ces questions par le concept d'*habitus*.

Bourdieu et l'habitus

Par le concept d'habitus, Bourdieu (1980) vise à penser le lien entre socialisation[9] et actions des sujets. L'habitus est constitué par tout ce que le sujet acquiert à travers son expérience sociale, notamment par ses perceptions. Selon les mots du sociologue: *« L'habitus, système de dispositions durables et transposables, structures structurées disposées à fonctionner comme structures structurantes, c'est-à-dire en tant que principes générateurs et organisateurs de pratiques et de représentations qui peuvent être objectivement adaptées à leur but sans supposer la visée consciente de fins et la maîtrise expresse des opérations nécessaires pour les atteindre »* (Bourdieu 1980, pp. 88-89).

L'individu est en rapport avec un ensemble de règles, de conduites, de croyances, de valeurs propres à son groupe d'appartenance sociale, ce qui renvoie, pour Bourdieu, à des « structures structurées ». L'individu les intériorise sans en avoir conscience ; ces dispositions acquises influencent sa manière de voir, de se représenter et d'agir sur son environnement, elles le structurent en retour. Donc, l'habitus est une « structure structurée » produite par socialisation,

[8]Nous développerons cette notion dans une partie ultérieure

[9]La socialisation désigne le « *processus par lequel la personne humaine apprend et intériorise tout au cours de sa vie des éléments socioculturels de son milieu, les intègre à la structure de sa personnalité sous l'influence d'expériences et d'agents sociaux significatifs et par là s'adapte à l'environnement social où elle doit vivre* » (Rocher 1968).

mais il est également « structure structurante » car générateur d'une infinité de comportements et de conduites nouvelles possibles. Dans le cas d'un professeur par exemple, son appartenance à un système éducatif construit un lien avec un ensemble de conduites, de croyances et de valeurs. L'intériorisation de ces conduites va contribuer à structurer son activité professionnelle ; il s'agit de l'incorporation des expériences. Cette incorporation permettra alors au professeur d'interpréter l'environnement social sur lequel il agit.

L'habitus est le produit d'un processus historique. Un professeur agit en correspondance avec ce qu'il a intériorisé lors de l'histoire complète de sa socialisation, qui sous-tend son activité professionnelle et la façonne. Les connaissances acquises dans une certaine activité sociale, par exemple au sein de la famille, peuvent être mobilisées dans une autre activité, par exemple l'environnement professionnel ou individuel. Les actions propres d'un individu sont la conséquence de désirs propres aux individus qui se conforment, après un certain temps, à leur rôle assigné par la société. Ceci résulte d'une détermination des comportements par les structures objectives qui poussent les individus à agir dans un sens donné.

Nous retiendrons du concept d'habitus l'idée de mettre en lien les changements des gestes et comportements d'un individu avec des changements introduits dans les groupes d'appartenance sociale de l'individu au cours du temps. Si l'action du sujet semble une action individuelle, son orientation est une conséquence de désirs de ce que doit être son rôle dans son groupe d'appartenance social, et du rôle que ce groupe lui donne. Bourdieu a réalisé des études sur des groupes sociaux avec des caractéristiques spécifiques (des groupes sociaux rigides et clos, comme le village Kabyle), ne présentant pas un dynamisme d'évolution fort, contrairement aux groupes d'enseignants de mathématiques qui nous intéressent dans cette thèse.

Les deux concepts d'habitus et de style de pensée peuvent donner des pistes permettant d'appréhender, de mieux comprendre, les expériences propres et parcours personnels des sujets - enseignants - dans différents contextes sociaux, culturels et professionnels. L'action d'un professeur est fonction de connaissances acquises et d'expériences vécues. Le concept d'habitus peut nous permettre d'approfondir les relations entre un collectif auquel un enseignant appartient (Éducation nationale, établissements scolaires) et les retombées de ces conditionnements sur la trajectoire individuelle d'un enseignant. Il s'agit de repérer les processus par lesquels un enseignant adopte un style de pensée, intériorise des comportements sociaux, les assimile et les transforme en connaissances qui lui sont propres, afin de les mobiliser pour de futures actions professionnelles. Ceci nous semble être en lien avec un certain retour réflexif de l'individu sur sa propre activité et la mobilisation d'un ensemble de méta-connaissances, à partir des mécanismes de régulation et de contrôle.

Béguin et le monde du travail

En ergonomie cognitive, Béguin (2005) propose des outils pour l'étude des structures structurantes propres à un métier. La notion du *monde* permet de proposer un regard global sur l'orientation de l'activité d'un sujet. Ce monde est le produit d'une expérience professionnelle, personnelle et sociale. Béguin, dans ses travaux de recherche, parle du *monde de travail*. Il déclare que le concept du monde est un « concept nomade » puisqu'on le trouve dans différents champs de recherche (Béguin 2004) :

- en anthropologie, Prieto (1975) et Bucciarelli (1994) considèrent cette notion[10] pour l'étude des processus de conceptualisation. Ils pensent la notion de monde comme une représentation mentale d'un objet en cours de construction ;
- Foucault, dans ses travaux de recherche, parle, dans une perspective historique, des discontinuités et ruptures dans le développement du savoir. Dans cette perspective, il présente le concept de l'*épistémè* : *« ce sont ces phénomènes de rapport entre les sciences ou entre les différents discours dans les divers secteurs scientifiques qui constituent ce que j'appelle épistémè d'une époque »* (Foucault 2001, p. 1239). L'épistémè est implicite mais, à partir de cette notion, on définit un champ épistémologique qui permet de comprendre le développement d'un savoir. La dimension historique dans ce développement est fortement présente ;
- Cassirer (1991), en philosophie, développe la notion de « monde » et met en question trois concepts : l'objet, le sujet et la réalité. Il questionne les conditions sous lesquelles l'homme peut construire une connaissance objective avec un minimum de décalage avec la réalité. Il donne un rôle important aux langages et aux formes symboliques comme médiateur dans la construction de ce processus. Il pense le monde dans une dimension praxique importante qui vise à mettre en avant les mécanismes métacognitifs implicites dans l'appréhension du réel. Cassirer, cité par Béguin (2005), définit la notion de monde comme : *« les arrière-plans conceptuels, axiologiques et praxiques qui forment système avec les objets de l'action »* (p. 35).

Béguin utilise la notion du monde, définie comme une conceptualisation de la notion de point de vue, dans le sens suivant : *« un monde est une saisie par le sujet de certaines propriétés du réel, dans le cadre de son activité historiquement et socialement située »* (Béguin 2005, p. 33). Nous illustrons cette définition par un exemple cité par Béguin (2005). Dans une unité de production chimique, les opérateurs conduisent leur travail au froid (empêcher les hautes températures ou le produit trop froid), pour éviter des incidences dans les réactions chimiques (cristallisation, marbrures, etc.). Les opérateurs inscrivent dans leur activité un prototype d'alarme conçu par des ingénieurs pour prédire les temps restant avant explosion, ceci en fonction de l'élévation de la température. Tandis que les ingénieurs, concepteurs de l'alarme, réalisent des observations minutieuses des conditions d'emballement des réactions, à partir d'instruments spécifiques, études in vitro, ils travaillent avec des formules et des calculs, où la référence n'est plus la cristallisation. *« Les opérateurs travaillent avec un monde de froid, avec ses instruments, ses concepts et ses représentations opératives, organisés en système »* (Béguin 2004). Le monde des ingénieurs est un monde du chaud. Le monde est un monde *pour l'action* qui se construit *par l'action,* ce qui explique des saisies différenciées du même réel par deux sujets différents : *« Un monde ne retient qu'une partie de la réalité »* (Béguin 2005, p. 33).

Dans le cas des enseignants de mathématiques, les instruments, concepts sont des valeurs et normes en lien avec les mathématiques et l'enseignement des mathématiques. Ils sont intériorisés par l'enseignant au cours de son expérience dans différentes périodes de son histoire, ainsi que dans le cadre de ses interactions culturelles et sociales.

[10]En anglais, il utilise le terme "object world".

Chevallard et la co-détermination didactique

Chevallard (2002), en interrogeant les *déterminations didactiques* de l'activité enseignante, distingue plusieurs contraintes pesant sur les *organisations didactiques.* Les organisations didactiques pour l'enseignant sont définies à partir des tâches de conception et d'organisation de dispositifs d'étude ainsi que de la gestion de leurs environnements. Dans la Théorie Anthropologique du didactique (TAD), Chevallard (ibidem) tente d'appréhender les conditions et les contraintes, non créées par le professeur et agissant sur son travail, par le biais d'une échelle *de niveaux de co-détermination* didactique. Il distingue les déterminations provenant : de la société, de l'école, de formes générales de la pédagogie, de la discipline (les mathématiques), du domaine mathématique étudié, du thème mathématique, du sujet mathématique (figure 1). L'étude de ces déterminations permet d'identifier les contraintes organisationnelles et les sollicitations *institutionnelles*. Chacun des niveaux concourt à déterminer les *organisations mathématiques* d'un concept mathématique (Chevallard 1997) par les points d'appui qu'il offre et les contraintes qu'il impose. Nous les considérons comme les facteurs et conditionnements totalement extérieurs à l'individu, qui orientent son activité dans différentes situations. Margolinas et Wozniak (2010) notent que les niveaux d'activités de Margolinas et la notion des niveaux de co-détermination didactique de Chevallard présentent des ressemblances formelles mais ne sont pas de la même nature : *« l'échelle des niveaux de co-détermination didactique permet de rendre compte des divers assujettissements du professeur. Cette perspective… permet, par exemple, de rendre compte et de comprendre les conditions sous lesquelles le professeur apprête les savoirs à enseigner* […] *Les niveaux d'activités du professeur cherchent, eux, à rendre compte de la complexité de la situation du professeur dans ses relations avec les milieux, internes à l'école ou en résonnance avec le pédagogique, auxquels il est confronté, en tenant compte de ses projets d'enseignement d'une leçon ou d'un thème »* (p. 236).

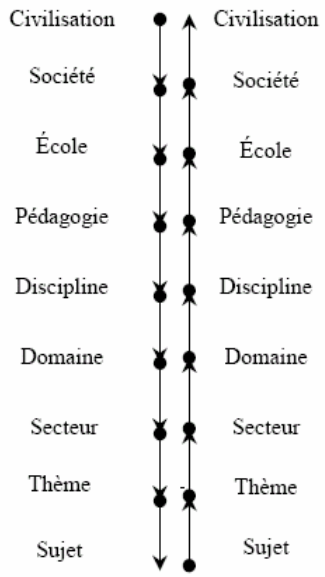


Figure 1. Niveaux de co-détermination didactique

Synthèse

Le but annoncé de cette présentation des cadres est de dégager une notion qui nous permette de regrouper les quatre visions d'un professeur pour étudier les interactions existantes entre elles.

Les deux concepts d'habitus et de style de pensée peuvent donner des pistes permettant d'appréhender, de mieux comprendre, les expériences propres et parcours personnels des sujets - enseignants - dans différents contextes sociaux, culturels et professionnels. Par ailleurs, le concept de monde de Béguin considère les instruments et concepts qui sont des valeurs et normes en lien, dans le cas des enseignants des mathématiques, avec les mathématiques et l'enseignement des mathématiques. Bien que le monde, selon Béguin, soit intériorisé par le sujet au cours de son expérience dans différentes périodes, c'est la valeur opérationnelle de ce qui est intériorisé qui est étudiée. Ceci rejoint nos intérêts pour un concept qui rende opérationnelle l'étude des interactions entre les quatre visions d'un enseignant de mathématiques.

3.3.3 Monde d'un professeur de mathématiques

Partant de l'hypothèse que la forme des interactions qui peuvent exister entre les différentes visions d'un enseignant de mathématiques dépend du contexte institutionnel dans lequel il agit, nous considérons qu'elle [la forme des interactions] est porteuse d'une dimension collective. Cette dimension est prise en compte dans la notion de monde de Béguin. Béguin parle d'un monde « du travail » qui incite à un retour réflexif sur le travail. Nous nous intéressons à étudier un monde « du professeur » des mathématiques qui incite à un retour réflexif sur son enseignement des mathématiques.

Nous considérons alors que le monde du professeur est constitué des visions du professeur et des interactions existantes entre elles. Il permet à un professeur de saisir certaines propriétés, valeurs, normes et concepts du réel dans le cadre de son activité mathématique, historiquement et institutionnellement située.

Son monde pilote les activités d'un enseignant de mathématiques, qui, à leur tour, contribuent à la reconstitution de ce monde. Pastré dit (2005) : *« le soi doit se reconstituer à partir des œuvres de toutes les traces de lui-même qu'il a laissées dans son vécu »*.

La notion du monde intègre les différentes visions d'un professeur de mathématiques (§ 3.3.1). Ces visions se construisent au cours du temps et conditionnent l'action future de l'enseignant. Les quatre visions des mathématiques, de l'enseignement de mathématiques, de la technologie et du travail collectif sont enchevêtrées. Chacune d'elles nourrit l'autre et en fait partie. Les visions d'un professeur de mathématiques sont, dans certains de leurs aspects, des construits. La construction des visions est déterminée par l'ensemble des conditionnements externes liés à des différents niveaux de co-déterminations didactiques. Par exemple, à la fin des années soixante, les mathématiques modernes ont témoigné d'une profonde remise en question de l'enseignement de mathématiques : un nouveau style de pensée émergeant (niveau de société, figure 1) a affecté, ultérieurement, la vision de l'enseignement des mathématiques chez beaucoup d'enseignants qui ont vécu cette « révolution ». Par conséquent, elle a induit pour eux de nouvelles activités (activités au sein des IREM par exemple).

3.3.4 Conclusion

Les quatre visions des professeurs de mathématiques (§ 3.3.1) se construisent dans le temps. Elles se révèlent particulièrement lorsqu'ils développent une réflexivité sur leurs propres activités. Elles sont soumises à des conditions et contraintes extérieures à eux qui contribuent à

l'orientation de leur activité. Nous retenons la notion de « monde du professeur », composée des quatre visions de l'enseignant des mathématiques et des interactions entre elles, pour l'étude des conditionnements et des ressorts de l'activité d'un enseignant de mathématiques.

3.4 Collectifs et travail collectif des enseignants de mathématiques

Nous introduisons cette partie par la présentation de différentes formes du travail collectif des enseignants (§ 3.4.1). Nous proposons ensuite une revue de différents cadres théoriques qui visent à étudier les collectifs, leurs structures et le processus de leur développement (§ 3.4.2). Nous faisons le choix de la théorie des *communautés de pratique* (CoP) pour l'étude des communautés des enseignants de mathématiques et précisons ce que nous entendons par une CoP d'enseignants de mathématiques (§ 3.4.3). Enfin, nous proposons le concept de *monde de la communauté* pour l'étude des rapports entre les différents mondes de professeurs membres de cette communauté (§ 3.4.4).

3.4.1 Différentes formes du travail collectif

Krainer (2003) distingue trois formes de collectifs d'enseignants : *équipe* (teams) ; *communautés* (communautés) et *réseaux* (networks) : les *équipes* sont des groupes de projet, ils ont des objectifs prédéterminés, il existe des liens formalisés entre les membres ; les *communautés*, sont vues comme des auto-sélections (« selfselecting »), leurs membres négociant les objectifs et les tâches ; les *réseaux* sont informels, sans entreprise commune qui les maintienne, leur but premier est de collecter et de transmettre l'information. Les relations entre les membres d'un réseau sont toujours en mouvement, elles sont liées aux besoins de la communication.

Des chercheurs distinguent par ailleurs *coopération* et *collaboration*. Cette distinction peut paraître quelque peu formelle, mais elle sert cependant à positionner deux formes de travail différentes lorsqu'il s'agit d'organiser un travail impliquant plusieurs acteurs. Ainsi, pour Rameau et Samyn (2006) :

- *coopérer*, c'est œuvrer dans le cadre d'une « division du travail » organisée. En ce sens, la coopération est plutôt placée sous le signe d'une organisation hiérarchique où la place et le rôle de chacun sont prédéfinis. Dans la conception et la réalisation du projet commun, chacun sait précisément ce qu'il a à faire, et donc on peut définir tout aussi précisément ce que chacun doit faire ;
- *collaborer* implique une participation importante des différents acteurs à la définition du projet collectif et à la définition du rôle de chacun au sein du groupe. Dans ce contexte, on a l'idée de *« ce vers quoi on va »*, mais le *« vers quoi on va »* peut évoluer - et même très souvent va évoluer- en fonction du jeu des interactions entre les acteurs.

Cela recoupe des distinctions entre *travail coopératif* et *travail collaboratif* : *« Le travail coopératif implique une division du travail entre les participants, chaque participant étant responsable d'une partie du problème à résoudre. Dans la collaboration, les participants s'engagent tous dans les mêmes tâches, en se coordonnant, afin de résoudre le problème ensemble »* (Roschelle et Teasley 1995). Dans le travail coopératif, il n'y a pas nécessairement un projet commun, la production s'inscrit dans le cadre de projets individuels. Chaque production individuelle se juxtapose à d'autres. La communication et l'interaction entre les acteurs peuvent être faibles. Cette distinction entre travail coopératif et collaboratif n'est pas toujours très claire, en particulier pour une activité qui alterne des phases individuelles et

collectives et, très souvent, mixe ces deux aspects selon la tâche considérée. C'est pourquoi des auteurs (George 2001 ; Jermann et Dillenbourg 1999) utilisent un terme plus général que collaboratif ou coopératif : le terme *collectif*.

Dans notre travail, nous allons utiliser le mot « communauté » qui rejoint le sens donné à ce mot par Krainer (2003). Nous n'appelons pas « communauté » un ensemble d'acteurs réunis par hasard. Pour former une communauté, les acteurs doivent partager un projet commun dans lequel tous s'engagent consciemment. Cet engagement suppose un partage des *rôles* et des responsabilités dans le but de donner un sens à leur projet commun. Par exemple, dans le cas de Bourbaki, nous pouvons parler de la présence d'une communauté dès le début de leur réunion en décembre 1934. Weil présentait lors de la première réunion le projet de rédaction d'un traité d'analyse sur lequel tous les présents ont été d'accord : *« Weil expose son projet – fixer pour 25 ans les matières du certificat de calcul différentiel et intégral en rédigeant en commun un traité d'analyse … Tout le monde est d'accord sur l'opportunité de l'initiative de Weil »* (Compte rendu de la réunion Bourbaki 10 décembre 1934). Et lors de cette même réunion un partage des rôles et responsabilités a été fait : *« Aux prochaines grandes vacances aura lieu une réunion plénière d'où sortira un plan définitif très précis et une répartition du travail de rédaction des différents fascicules. En principe la rédaction de chaque fascicule sera confiée à un couple de rédacteurs, la rédaction sera soumise au libre examen de chacun des membres du comité, elle pourra être discutée en réunion plénière et le comité pourra charger les auteurs de la reprendre en tout ou en partie »* (Compte rendu de la réunion Bourbaki 10 décembre 1934).

Différents caractéristiques déterminent donc la forme du travail communautaire : un projet commun, le rôle de chacun des membres du collectif dans la réalisation du projet commun et l'imbrication des activités des membres. L'étude d'un travail communautaire consiste alors à penser ces caractéristiques et leurs interactions.

3.4.2 Des outils théoriques pour penser les collectifs

L'étude des collectifs s'inscrit toujours dans la perspective de l'analyse des conditionnements et des ressorts de l'activité de l'individu (§ 3.3.2). Nous présentons dans cette partie : les collectifs de pensée (Fleck 1935/2005) ; les institutions (Douglas 1986) ; le monde commun (Béguin 2005) et les communautés de pratique (Wenger 1998).

Collectif de pensée

Fleck (1935/2005), dans son analyse de la notion de « groupe social », introduit le concept de *collectif de pensée* (§ 3.3.2). Un collectif de pensée partage une perception commune d'un ensemble de savoirs scientifiques. Fleck expose les bases sociales du développement du savoir scientifique. Selon lui, la pensée d'un individu est soumise au style de pensée (§ 3.3.2) dominant dans le collectif de pensée.

Un individu peut être impliqué dans plusieurs collectifs de pensée[11] en même temps, chacun pourvu d'un centre et d'une périphérie et qui peuvent se croiser, se séparer, fusionner. Fleck souligne : *« Nous voyons un travail collectif organisé avec une division du travail, un travail en*

[11] Notons que certaines traductions font figurer le terme « monde de pensée ». Douglas (1999) dit : *« il est aujourd'hui plus aisé d'utiliser les termes de monde de la science, monde de l'art, monde de la musique ou monde de pensée, plutôt que collectif de pensée pour désigner le groupe social défini par un style de pensée spécifique »* (p. 40).

commun, un travail préparatoire, des moyens techniques, un échange contradictoire d'idées, de la polémique, etc. » (ibidem, p. 78).

Il souligne ainsi l'existence d'une structure, même implicite, dans un collectif de pensée. Cette structure soutient la durée de vie du collectif de pensée. Dans une perspective historique, Fleck considère que les collectifs de pensée peuvent se différencier suivant leur durée, depuis les formations les plus courtes et les plus contingentes, jusqu'aux groupes les plus stables.

Les institutions

Le cadre théorique proposé par Mary Douglas (1986, 1999) s'appuie sur le travail de Fleck dans la prise en compte de la construction collective des connaissances. Elle interroge la place de la culture dans la construction de l'ordre social et la façon dont la pensée dépend de l'appartenance à des *institutions*. Elle définit les institutions comme des structures à l'organisation stable, reconnues comme légitimes au sein d'un groupe social. *« On entendra institution au sens de groupe social légitimé. L'institution en question peut être une famille, un jeu ou une cérémonie ; l'autorité légitimante venir d'une personne - un père, un docteur, un juge, un arbitre ou un maître d'hôtel - ou bien, de façon plus diffuse, se baser sur un consensus ou sur un principe fondateur général »* (Douglas 1999, p. 66). Dans le sens de Douglas, une institution sociale procède de l'articulation d'un contexte social et de principes culturels qui le stabilisent en lui assurant des justifications et des raisons d'être : *« Toute institution a besoin d'une définition qui fonde sa vérité en raison et en nature »* (Douglas 1999, p. 65).

Elle définit la culture comme : *« La collection publiquement partagée de principes et de valeurs utilisés à chaque moment pour justifier les conduites »*[12] (Douglas 1986, p. 67). La culture est considérée comme un ensemble de *connaissances collectivement partagées* qui sous-tendent l'organisation de l'institution et justifient les relations sociales. Ainsi, les individus à l'intérieur d'une institution s'occupent, dans leurs activités, de la création des tactiques qui permettent d'équilibrer et adapter les propres actions aux conditions de l'institution dans lequel ils se trouvent.

Chevallard (2003) se réfère à Douglas quand il parle des institutions. Il met l'accent sur la dimension cognitive des institutions qu'il place au cœur de son approche théorique. Il s'intéresse aux rapports d'un sujet (enseignant ou élève) aux institutions et des objets (comme le savoir mathématique) aux institutions, sans rendre compte des dynamiques internes de ces institutions.

La communauté de pratique

La notion de *communauté de pratique* (CoP) a été introduite pour la première fois par Lave et Wenger (1991). Les communautés de pratique ont trois dimensions fondamentales (Stewart 1999) :

- une dimension sociale, qui réfère à l'échange d'informations et de savoirs entre les membres d'un réseau ;
- une dimension structurelle, qui réfère à l'ensemble de significations qui maintiennent et soutiennent le réseau ;

[12] Traduit de l'anglais.

- une dimension cognitive qui fait référence au processus d'apprentissage qui prend place dans l'interaction avec les autres. Selon Wenger (1998), une CoP est une communauté d'apprentissage.

La notion de *pratique*[13] est structurante de la théorie des CoP. Wenger (2005) la définit comme suit : *« elle inclut… les relations implicites, les conventions tacites, les indices subtils, les règles d'usages implicites, les intuitions, les perceptions, les préconceptions… »* (p. 53). Il ajoute : *« Le concept de pratique est associé à « faire », mais pas strictement en tant que tel. C'est « faire » dans un contexte historique et social qui donne une structure et une signification à ce qu'on accomplit »* (p. 53). Il construit une modélisation des CoP autour de cette notion de pratique. La pratique est caractérisé par :

- l'*engagement mutuel* qui se traduit par la réciprocité d'intérêt entre les membres d'un part et la communauté d'autre part. Il est caractérisé par la volonté de chaque membre de mettre à disposition de la communauté ses savoirs et savoir-faire ;
- l'*entreprise commune* qui est vue comme un objectif général qui réunit les membres de la communauté et qui construit sa raison d'être ;
- le *répertoire partagé* qui est formé par l'ensemble de ressources partagées par les membres de la communauté.

Selon Wenger, la pratique se développe dans une *négociation de sens* suivant deux processus : la *participation* et la *réification*. La participation est constituée par les interactions entre les différents acteurs de la communauté. Wenger (2005) précise que la signification du terme de participation se distingue d'une simple collaboration : *« Il s'agit d'un processus complexe qui comprend plusieurs gestes : faire, parler, penser, ressentir et appartenir. Elle engage l'individu dans sa totalité : corps, esprit, émotions et relations »* (p. 61). Elle est liée au sentiment d'appartenance que les participants sont susceptibles de développer. Quant à la réification, elle est la transformation d'une expérience en un objet. La réification n'est pas simplement un processus mais aussi les produits de ce processus. Les *objets réifiés* peuvent être abstraits ou concrets : des outils, des symboles, un langage commun pour les membres, des concepts qui chosifient les objets de pratique.

Un « bon » fonctionnement de la communauté de pratique suppose un équilibre entre participation et réification : une réification qui l'emporte sur la participation signifie la présence d'objets réifiés qui constituent un obstacle pour la négociation du sens et la participation des membres ; une réification faible ne donne pas des objets communs de négociation entre les membres qui peuvent favoriser la participation. Cet équilibre contribue au développement de la communauté dont la structure émerge au cours du temps.

Wenger (1998) distingue dans le développement d'une CoP plusieurs stades :

- le stade de l'*incubation* : c'est la réunion des individus autour d'un projet commun ;
- le stade de la *fusion* : c'est le stade de la naissance effective de la communauté. A ce stade, le partage et les interactions entre les membres favorisent l'engagement mutuel ;
- le stade de *maturation* : c'est le stade de la potentialité d'impliquer des nouveaux membres ;

[13] Quand nous parlons des « pratiques » (au pluriel), nous le faisons au sens de Robert (§3.1). Quand nous parlons de « pratique » (singulier), le mot correspond au contexte des communautés de pratique.

- le stade de *consolidation* : à ce niveau on peut parler d'une stabilité au sein de CoP. A ce stade, les objets réifiés par les membres sont affinés et précis ;
- le stade de *transformation* : c'est le dernier stade de la vie d'une CoP. La transformation peut prendr*e différentes* formes (dissolution, division en plusieurs CoP, intégration dans *une autre CoP ou institution).*

La théorie des CoP nous donne des moyens pour repérer des évolutions des communautés, et aussi pour l'analyse des productions liées à l'activité de ces membres. Elle constitue un cadre pour l'étude des communautés des enseignants de mathématiques que nous allons suivre.

3.4.3 Communauté de pratique d'enseignants des mathématiques

Dans cette partie, nous présentons ce que nous entendons par CoP d'enseignants de mathématiques rassemblés dans un objectif de conception de ressources. Nous illustrerons notre présentation par des exemples issus de Bourbaki (voir Encadré 1).

Nous proposons une présentation des communautés d'enseignants de mathématiques suivant les caractéristiques de la pratique :

- un *engagement mutuel*, qui reflète un intérêt professionnel propre à chaque professeur. Il suppose une mobilisation des KM et KE, et une mutualisation de ressources au service de l'entreprise commune. Par exemple, la conception d'un traité d'analyse intéressait Weil et Cartan pour leur enseignement (Encadré 1), d'où la naissance de l'idée de se rassembler, anciens collègues de l'Ecole Normale Supérieure de Paris, pour discuter leurs propres problèmes et rédiger un traité d'analyse pour leurs propres cours ;
- une *entreprise commune*, qui n'est autre que le projet commun dans lequel les enseignants sont engagés. L'objet principal du projet est lié au savoir mathématique à enseigner (ou à transmettre). Par exemple, Bourbaki pensait la conception d'un traité d'analyse *« utile à tous : aux chercheurs (patentés ou non), aux 'trouveurs', aux candidats aux fonctions de l'enseignement public, aux physiciens et à tous les techniciens »* (compte rendu de la réunion Bourbaki, 14 janvier 1935), ainsi qu'aux étudiants (Encadré 1) ;
- un *répertoire partagé*, formé par l'ensemble de ressources communes aux membres de la communauté, programme de mathématiques, textes officiels, ou bien d'objets réifiés au sein de la communauté dans le cadre de la réalisation du projet commun. A titre d'exemple, pour la réalisation du projet de conception d'un traité d'analyse, Bourbaki s'est appuyé sur des références existantes à leurs époques : une sous-commission a été constituée en ayant comme tâche de constituer des listes bibliographiques de ces références ; ensuite, le répertoire partagé de Bourbaki s'est enrichi par des objets réifiés par les membres (les différentes versions des chapitres du traité d'analyse). Les symboles mathématiques conçus par Bourbaki sont aussi des objets réifiés. Par exemple, « $\emptyset$ » pour désigner un ensemble vide, et « $\Rightarrow$ » pour désigner une implication logique.

Les caractéristiques de la pratique peuvent servir comme critère pour l'identification des communautés. Le processus d'émergence (ou non-émergence) d'une communauté est intéressant à repérer. L'émergence d'une communauté se réalise par des négociations de sens qui s'appuient sur les réifications qui sont elles-mêmes dépendantes de la participation. Nous définissons la participation dans une CoP des enseignants des mathématiques, comme une contribution qui suppose une activité individuelle ou collective et qui peut prendre des formes variées suivant le

niveau d'activité (§ 3.2.1) dans lequel elle s'inscrit. La réification renvoie d'une part au processus structuré par l'ensemble des activités, d'autre part aux productions de ces activités.

La théorie des CoP nous fournit alors un cadre pour étudier le travail collectif des enseignants de mathématiques, en mettant en relation : le projet commun (dans notre cas en rapport avec l'enseignement des mathématiques) qui se développe au cours du temps en fonction de la participation des membres ; l'activité des membres qui peuvent s'inscrire dans le cadre de différents niveaux (§ 3.2.1) et la production de cette activité.

Nous étudions dans ce qui suit l'organisation des interactions entre des enseignants de mathématiques dans une CoP.

3.4.4 Vers un concept de monde de la CoP

Il s'agit d'étudier : l'émergence des rôles de membres dans la communauté pour la réalisation du projet commun et l'évolution des quatre visions (§ 3.3.1) des membres. Dans cette perspective, nous proposons le concept de *monde de la CoP*, défini comme un *système de mondes des professeurs* (§ 3.3.3) qui y sont impliqués. Le monde de la CoP est déterminé par :

- l'organisation de la CoP pour répondre aux exigences du projet commun. Cette organisation peut être étudiée à partir des différents *rôles* des membres (variés, identiques, opposés, complémentaires) ;
- l'organisation de chacun des quatre types de visions de l'enseignant de mathématiques (§ 3.3.1) dans la CoP.

En ce qui concerne l'organisation d'un type de visions (des mathématiques, de l'enseignement des mathématiques, des TICE ou du travail collectif) dans une CoP, les visions peuvent être :

- *convergentes* : c'est-à-dire engendrant des formes constitutives de KM et KE identiques ; ou bien engendrant des formes constitutives de mode de conception de ressources identiques ;
- *divergentes* : c'est-à-dire engendrant des formes constitutives de KM et KE opposées ; ou bien engendrant des formes constitutives de mode de conception de ressources opposées ;
- *rapprochées* : c'est-à-dire engendrant des formes constitutives de KM et KE complémentaires ; ou bien engendrant des modes de conception de ressources complémentaires ;
- *éloignées* : c'est-à-dire engendrant des formes constitutives de KM et KE incompatibles ; ou bien engendrant des modes de conception de ressources incompatibles ;

Pour synthétiser, nous déterminons le monde de la CoP en fonction des rôles des membres et de l'organisation de chacun des quatre types de visions des membres impliqués.

3.4.5 Conclusion

Après une présentation des différentes formes de travail collectif, nous avons présenté ce que nous entendons par « communauté ». Ce sont des communautés d'enseignants de mathématiques dont nous visons les étudier dans cette thèse. Pour l'étude des processus d'évolution et des productions, résultats de l'activité des membres, nous avons fait le choix de la théorie des CoP, où le projet commun est lié à l'enseignement des mathématiques. Nous avons proposé une mise en relation du processus de participation avec les niveaux d'activités (§ 3.2.1). Pour l'étude de l'organisation de la CoP et de l'organisation des visions des membres, nous proposons le concept de monde de la communauté. La théorie des CoP et le concept de monde de la communauté

devraient fournir un cadre permettant d'étudier la structure, les interactions et la dynamique dans les communautés d'enseignants de mathématiques.

3.5 L'approche documentaire du didactique

Nous situons l'approche documentaire du didactique (Gueudet et Trouche 2008) comme cadre théorique central de ce travail de thèse. Nous commençons par une présentation de la notion de schème (§ 3.5.1) qui nous sera utile pour la présentation de l'approche instrumentale (§ 3.5.2). Nous continuons par une exposition de ce que nous entendons par ressources pour l'enseignement des mathématiques (§ 3.5.3). L'approche documentaire constitue un prolongement de l'approche instrumentale. Nous nous appuyons sur cette dernière pour décrire ce qu'est un document pour un enseignant de mathématiques (§ 3.5.4). Nous terminons cette partie par une présentation du système documentaire comme interaction entre système de ressources et système de connaissances, enfin nous situons le concept de monde du professeur au sein de ces interactions (§ 3.5.5).

3.5.1 La notion de schème

La notion de schème, introduite par Kant et reprise par Piaget (1967), a été définie analytiquement par Vergnaud (1990, 1994, 2002). Selon Vergnaud (1994), un schème est *« une totalité dynamique fonctionnelle, c'est-à-dire quelque chose qui fonctionne comme une unité … c'est une organisation invariante de la conduite pour une classe de situations*[14] *données … un schème est composé de quatre catégories d'éléments : des buts et intentions et anticipations, des règles d'action, des invariants opératoires et des possibilités d'inférences en situation »* (p. 180).

Le schème vise à décrire les rapports entre connaissances et activités dans une situation donnée. Mais un schème est aussi le résultat d'un processus continu d'ajustement et de contrôle de l'action et de développement des connaissances. Les schèmes, avec les régularités qu'ils intègrent, sous-tendent les pratiques du sujet.

3.5.2 L'approche instrumentale

L'approche instrumentale (Rabardel 1995) a été introduite en didactique des mathématiques pour l'étude de l'intégration des TICE dans les processus d'apprentissage (Guin et Trouche 1999, Artigue 2002). Elle s'est révélée une approche riche pour l'étude des processus d'intégration des outils technologiques dans le travail des enseignants en classe (Artigue 2009). Un ouvrage faisant le point sur la place de l'approche instrumentale dans les recherches en didactique des mathématiques est paru en 2002 (Guin et Trouche 2002). L'importation de ce cadre théorique dans la didactique des mathématiques a suscité de nouveaux développements théoriques et méthodologiques (Trouche 2005 ; 2007).

Selon Rabardel (1995), les *instruments* sont subjectifs. Ils sont construits par le sujet à partir d'un ou d'un ensemble d'*artefact(s)*. Ici le mot « artefacts » désigne des dispositifs matériels (calculatrice, ordinateur ou logiciel, livres…), mais aussi symboliques (comme le langage par

[14] L'expression *situations* utilisée dans cette partie ne se réfère pas aux situations didactiques (Brousseau 1998), mais aux situations d'activité professionnelle dans le sens de Vergnaud (1990), pour qui *« toute situation peut être ramenée à une combinaison de relations de base avec des données connues et des inconnues, lesquelles correspondent à autant de questions possibles »*.

exemple), utilisés comme moyen d'action. Les artefacts sont des constructions humaines sociales, produites au cours du temps pour répondre à un besoin, qui se présentent comme des propositions pour des utilisateurs potentiels. Un *instrument* est un construit par l'utilisateur pour le traitement d'une situation donnée, il est formé de deux composantes : l'artefact (ou les artefacts) et un *schème d'utilisation* associé, propre à un sujet pour cette situation. Un schème d'utilisation peut être considéré comme une organisation invariante de l'activité (§ 3.5.1), intégrant un ou des artefacts, pour une classe de situations (Rabardel 1999). Un instrument est développé au cours d'un processus de *genèse instrumentale* combinant deux processus :

- *« l'instrumentalisation concerne l'émergence et l'évolution des composantes artefact de l'instrument : sélection, regroupement, production et institution de fonctions, transformation de l'artefact (structure, fonctionnement, etc.) qui prolongent la conception initiale des artefacts ;*
- *l'instrumentation est relative à l'émergence et à l'évolution des schèmes d'utilisation : leur constitution, leur fonctionnement, leur évolution ainsi que l'assimilation d'artefacts nouveaux à des schèmes déjà constitués* » (Rabardel 1999).

Une genèse instrumentale renvoie donc, d'une part, à une transformation de l'organisation de l'activité du sujet et, d'autre part, à un développement potentiel de l'artefact. *« Les genèses instrumentales ne doivent pas être pensées comme des mécanismes de production, avec un début et une fin clairement identifiables. Ce sont des processus qui s'étendent dans le temps, incluant des moments de stabilité et des ruptures »* (Gueudet et Trouche 2010a, p. 58). On peut alors dire que la constitution de l'instrument a lieu dans l'usage par l'activité du sujet/utilisateur au cours du temps (Folcher 2005). Autrement dit : *« l'instrument est un moyen de capitalisation de l'expérience accumulée (cristallisée disent même certains auteurs). En ce sens, tout instrument est connaissance »* (Rabardel 1995, p. 73).

Un nouvel instrument, construit par un sujet, s'intègre nécessairement dans un système d'instruments déjà construit et qui conditionne sa genèse instrumentale. Cette intégration débouche sur un nouveau système prenant en compte ce nouvel instrument. Comme le souligne Rabardel (1999), Les instruments, pour le sujet, ne sont pas isolés. Ils se constituent en systèmes d'ensembles qui forment leur outillage à un moment donné.

Sur le plan didactique, le développement d'un instrument suppose une réflexion, dans la durée, à propos de son impact sur le système d'instruments déjà construit, ainsi que sur la réorganisation des connaissances du sujet (Rabardel 1999). Dans ce qui suit, nous présenterons des prolongements théoriques de l'approche instrumentale dans la didactique des mathématiques : *l'approche documentaire* (Gueudet et Trouche 2008). Cette approche nous servira de cadre à l'étude des dynamiques de conception de ressources individuelles et collectives pour l'enseignement des mathématiques.

3.5.3 Les ressources pour l'enseignement des mathématiques

Dans sa réponse à la question « qu'est-ce qu'une ressource ? », Adler (2010) souligne qu'*« il est possible de penser les ressources comme une forme du verbe re-sourcer : nourrir à nouveau, ou différemment. Cette interprétation est provocante : elle a pour objectif d'attirer l'attention sur les ressources et leurs usages »* (p. 25). En partant de cette définition d'une ressource, *« comme objet et comme action »* (Adler 2010), nous présentons ce que nous entendons par ressources dans et pour l'enseignement des mathématiques.

En fonction du moyen d'action mathématique qu'elles constituent, on peut distinguer différents types de ressources :

- des ressources qui permettent à l'enseignant de forger le savoir à enseigner suivant ses visions des mathématiques et de l'enseignement des mathématiques. Comme exemple de ces ressources, il y a les méthodes mathématiques (par exemple : détermination du domaine de définition d'une fonction rationnelle) ; mais encore, il y a les ressources mathématiques qui servent comme outils (représentation graphique d'une fonction à partir duquel nous demandons de dresser le tableau de variation) ;
- des ressources comme support qui permettent à l'enseignant de préparer son enseignement et d'enseigner une notion mathématiques (logiciel, calculatrices et ordinateurs, matérielles scolaires (tableau, rétroprojecteur), livres, manuels scolaires, textes officiels) ;
- des ressources qui permettent à l'enseignant d'orienter ses activités et d'effectuer des choix en classe et hors classe. Par exemple, les copies d'élèves, des échanges verbaux avec des collègues, des mels échangés avec des collègues ;
- des ressources qui permettent à l'enseignant d'échanger et d'expliciter ses idées. Par exemple : langage, changement verbal, communication orale et écrite, aussi que les plateformes et les forums en ligne.

Une même ressource peut forger le savoir à enseigner ou permettre à l'enseignant de préparer son enseignement, ceci en fonction de l'activité de l'enseignant associée à cette ressource. En fonction de leur nature, certaines ressources sont accessibles à une observation directe (ressources matérielles, numériques et papiers) alors que d'autres semblent plus difficiles d'accès mais jouent tout de même un rôle déterminant dans le développement des connaissances des enseignants de mathématiques, par exemple un film documentaire sur le développement de la notion de fonction dans l'histoire des mathématiques. Nous désignons par ressources tout « ingrédient » qu'un professeur exploite pour penser son enseignement. Elles sont des propositions, produites par un concepteur (comme les ressources en ligne mises à disposition des enseignants, des idées d'un collègue) ou des ressources conçues par l'enseignant lui-même (ses propres ressources des années antérieures et les ressources issues de son travail au sein de différents collectifs), pour répondre à un besoin d'enseignement des mathématiques.

3.5.4 Le document d'un enseignant des mathématiques

Suivant l'approche documentaire, nous établirons une distinction entre ressources et *document* (Gueudet et Trouche 2009a). En se basant sur cette distinction, nous présentons les composantes du document en fonction de deux paramètres : l'activité d'un professeur de mathématiques liée à une situation donnée et les KM et KE de ce professeur mobilisées et produites dans cette situation.

De même que la dialectique artefacts/instrument, la construction d'un document se fait à partir d'un ensemble de ressources en passant par des phases d'*appropriation* et de *transformation* (combinaison et adaptation) par l'enseignant. Le document est un construit par un professeur, formé de deux composantes : les ressources recombinées et un schème d'utilisation associé propre à un enseignant de mathématiques, ce que synthétise l'équation :

Document = Ressources recombinées + Schème d'utilisation.

Un schème d'utilisation de ressources est l'organisation invariante de l'activité mathématique pour une classe de situation (§ 3.5.1). L'ensemble des ressources mobilisées pour traiter cette classe de situations donne naissance à un document au cours d'une *genèse documentaire*. Comme la genèse instrumentale, la genèse documentaire est un processus de développement qui repose sur l'appropriation et la transformation des ressources par un enseignant pour résoudre un problème d'enseignement des mathématiques (voir figure 2). Cette genèse articule deux processus imbriqués :

- l'instrumentalisation concerne le travail sur les ressources (sélection, combinaison et adaptation) en lien avec un objectif d'enseignement précis. Le professeur pourrait prolonger ou détourner le fonctionnement initial pour lequel les ressources sont conçues ;
- l'instrumentation est relative à la constitution des schèmes d'utilisation des ressources recombinées. Elle se manifeste d'une part, par le développement d'usages des ressources, et d'autre part, par le développement des KM et KE mobilisées par le travail sur les ressources.

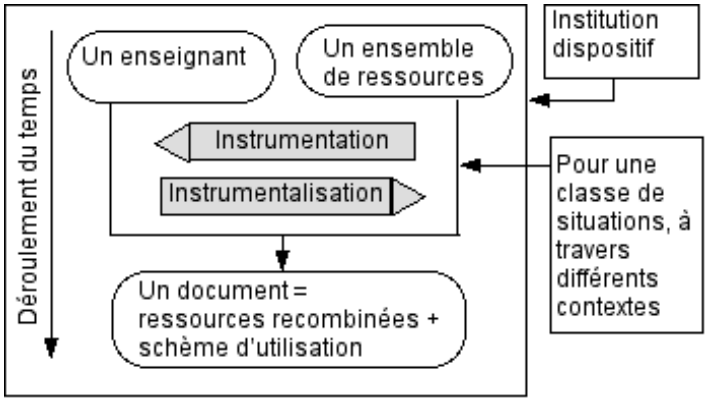


Figure 2. Représentation schématique de la genèse d'un document (Gueudet et Trouche 2010a)

Les genèses documentaires sont des processus qui se développent au cours du temps. Un document construit par un professeur peut donner matière à de nouvelles ressources pouvant être exploitées au cours de nouvelles genèses. Dans ces genèses, il faut naturellement prendre en compte les conditions et contraintes des institutions sur le travail de combinaison et d'adaptation des ressources (comme les recommandations des inspecteurs, le programme et les textes officiels).

Gueudet et Trouche (2009b) distinguent une partie observable et une partie invisible des schèmes d'utilisation. La partie observable des schèmes d'utilisation sont les *régularités* dans les activités des enseignants dans le cadre de divers contextes, relevant la même classe de situation. C'est ce que Gueudet et Trouche (2009b) appellent « usages ». La partie invisible est essentiellement les connaissances du professeur (KM et KE dans notre cas). Nous introduisons alors l'équation suivante :

$$Document = Ressources + Usages + KM\ et\ KE$$

Un document ne vit pas d'une façon isolée. Comme pour les instruments (§ 3.5.2), les documents s'articulent en système, le *système documentaire* (Gueudet et Trouche 2010a). Un système documentaire est donc un ensemble de documents articulés : ce qui créé les liens entre deux documents, ce sont les ressources communes qu'ils intègrent, ou les KM et KE communes qui permettent de les mettre en œuvre, nous parlerons donc du *système de ressources* et du *système des connaissances professionnelles* du professeur de mathématiques.

3.5.5 Système d'activité, système de ressources et système de connaissances du professeur

Rabardel et Bourmaud (2005), dans les développements théoriques de l'approche instrumentale (§ 3.5.3), proposent une organisation de l'ensemble des classes de situations en *familles d'activité* ayant les mêmes finalités générales de l'action. Dans la même perspective, la famille d'activité d'un professeur de mathématiques regroupe un ensemble de classes de situations ayant les mêmes finalités didactiques de l'action. Un *système d'activité* est l'ensemble des familles d'activités d'un enseignant de mathématiques (Gueudet et Trouche 2010a). Gueudet et Trouche (ibidem) proposent neuf familles d'activité susceptibles de concerner les professeurs de mathématiques :

- *développer une réflexion sur sa pratique [Réflexion] : lire une revue professionnelle, suivre un stage de formation continue, discuter avec un collègue sur la manière d'aborder un contenu donné ;*
- *concevoir et mettre en œuvre la planification et la gestion des temps de l'enseignement [C/O Planification] : établir une progression annuelle seul ou avec des collègues, revoir, ajuster cette progression, prévoir le déroulement temporel d'une séance ;*
- *concevoir et mettre en œuvre des moments de découverte et d'introduction [C/O Découverte] : chercher des idées de situations de recherche, élaborer un énoncé pour la classe, le mettre en œuvre ;*
- *concevoir et mettre en œuvre des moments de synthèse et d'apports mathématiques [C/O Synthèse] : choisir des extraits de productions d'élèves pour faire une synthèse, élaborer une fiche de cours, réviser une fiche à la fin d'une séance ;*
- *concevoir et mettre en œuvre des moments de travail de la technique [C/O Technique] : choisir des exercices à faire en classe ou à la maison, corriger des exercices au tableau ;*
- *concevoir et mettre en œuvre des moments d'évaluation [C/O Evaluation] : élaborer un sujet de devoir surveillé, corriger des copies, les noter, faire un corrigé en classe ;*
- *gérer la classe et suivre les élèves [Suivi] : saisir des notes, calculer des moyennes, remplir les bulletins, participer aux conseils de classe, aux réunions parents-professeurs ;*
- *participer à la vie du ou des établissements [Vie établissement] : accompagner un voyage scolaire, participer à un conseil d'administration, exercer la responsabilité de formations à l'IUFM ;*
- *participer à la vie de collectifs professionnels hors institutions [Vie collectif] : participer à l'assemblée générale d'une association, assurer une représentation syndicale.*

(p. 67, 68)

Ces différentes familles ne sont pas disjointes. Leurs articulations engendrent le *système d'activité* d'un professeur. Par exemple, en exerçant la responsabilité de formations à l'IUFM (qui correspond à la famille d'activité [Vie Collectif]) un professeur peut observer son stagiaire dans sa classe. Aussi, cette observation pourrait être une occasion pour observer les productions de certains de ses élèves, activité appartenant à la famille [C/O Synthèse].

Dans un système documentaire, les systèmes de connaissances du professeur et de ressources sont articulés, *« leur structure est associée à celle du système d'activité du professeur »* (Gueudet et Trouche 2010a).

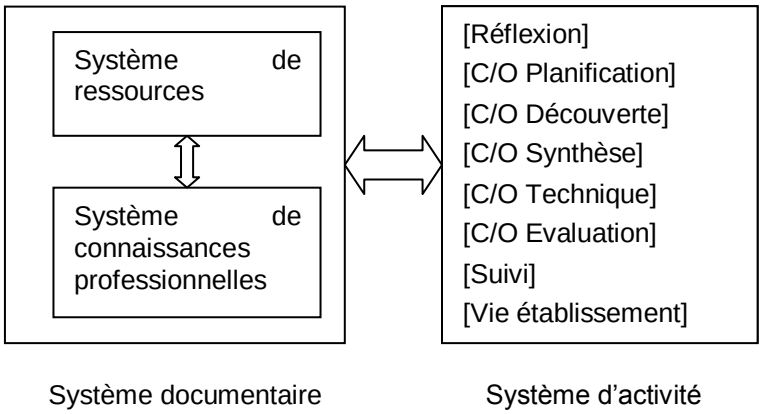


Figure 3. Les différents systèmes et leur articulation (Gueudet et Trouche 2010a)

Nous faisons l'hypothèse que le monde du professeur joue un rôle essentiel dans la nature de l'association du système d'activité au système documentaire de l'enseignant. Gueudet et Trouche (2010a) définissent le *développement professionnel* des enseignants comme *« l'ensemble des évolutions conjointes de leurs connaissances et de leur activité »* (p. 69). Nous exploiterons le concept du monde du professeur pour analyser les facteurs qui pourraient favoriser ce développement professionnel en fonction de leurs effets sur son activité et ses KM et KE, par conséquent sur son système documentaire et son système d'activité (voir figure 4).

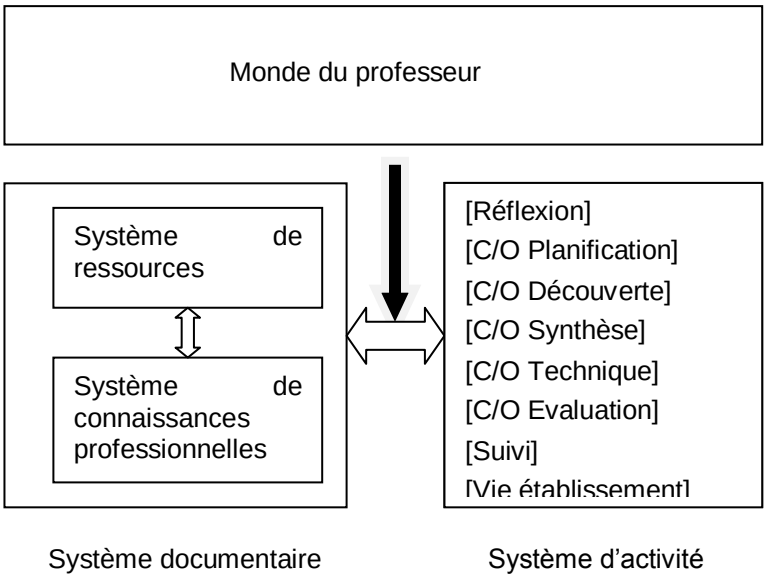


Figure 4. Monde du professeur entre système documentaire et système d'activité

Le travail documentaire des professeurs de mathématiques consiste en la sélection des ressources, leur combinaison, leur mise en œuvre en classe et leur modification en fonction de cette mise en œuvre (Gueudet et Trouche 2009c). La *documentation* désigne à la fois ce travail et ce qu'il produit (Gueudet et Trouche 2010a). Les genèses documentaires mobilisent le système de ressources d'un professeur ainsi que ses KM et KE.

3.6 Le travail documentaire communautaire des professeurs de mathématiques

Dans cette partie, nous ne considérons que les communautés d'enseignants de mathématiques. Nous commençons par une présentation de ce que nous entendons par système de ressources communautaires (§ 3.6.1). Nous continuons par une présentation de la documentation communautaire comme une interaction entre système de ressources communautaires et système de connaissances communautaires (§3.6.2). En partant de cette définition, nous présenterons la structure du travail documentaire collectif des enseignants de mathématiques. Nous mettrons enfin l'accent sur le rôle du concept de « monde de la CoP » pour la compréhension du développement de la documentation communautaire (§3.6.3).

3.6.1 Le système de ressources communautaire

Nous avons présenté ce que nous entendons par ressources et système de ressources dans la documentation d'un professeur de mathématiques (§ 3.5.3, § 3.5.5). Dans cette partie, nous présentons ce que nous entendons par ressources et système de ressources dans le cadre d'un travail documentaire communautaire.

En partant de la définition d'Adler (§ 3.5.3), nous définissons *l'ensemble des ressources communautaires* comme l'ensemble des ressources de chaque professeur impliqué dans cette communauté (qui constituent ainsi des propositions potentielles pour la communauté), ainsi que celles conçues au sein de la communauté dans le cadre de la réalisation du projet commun. Ces dernières sont de deux types : les ressources conçues au sein de la communauté pour faciliter la réalisation du projet commun et les ressources conçues pour la réalisation du projet commun. Nous prenons comme exemple, parmi les ressources conçues par Bourbaki pour la réalisation du projet commun, les exercices dans le traité d'analyse. Ils sont présentés comme suit : *« les exercices sont destinés, d'une part, à permettre au lecteur de vérifier qu'il a bien assimilé le texte* [cours] *; d'autre part, à lui faire connaître des résultats qui n'avaient pas leur place dans le texte, mais qui ont néanmoins leur intérêt. Ils peuvent être omis en première lecture ; mais on recommande à l'étudiant à les résoudre, en tous cas, en deuxième lecture. Les plus difficiles sont marqués d'un astérisque (*) »* (Bourbaki, mode d'emploi du traité d'analyse[15]). Parmi les ressources conçues par Bourbaki pour faciliter la réalisation du projet commun nous notons le *« journal de Bourbaki »* qui comprend cinq rubriques : *« la rubrique des renseignements généraux »* ; *« la rubrique de l'état des travaux »* ; *« la rubrique des suggestions, propositions, demandes »* ; *« la rubrique de la tribune libre »* et *« la rubrique financière »*. Dans la présentation du but de ce journal, les membres de Bourbaki notent : *« établir par tous les moyens utiles une liaison intime, une véritable communion, essentielle et substantielle, entre les différents membres du corps de Bourbaki »* (Journal de Bourbaki n°1, 15 novembre 1935)[16].

Par sa participation, un professeur, membre de la communauté, propose ses propres ressources pour répondre à un besoin de la communauté, mais il contribue aussi à la conception des nouvelles ressources communautaires. Par le processus de réification, il y a introduction de nouvelles ressources, issues de la participation des membres, et production des nouvelles ressources, sur lesquelles la communauté s'appuie pour développer son projet. Par les processus de participation et de réification, l'ensemble des ressources en jeu dans la communauté se développe au cours du temps. Nous définissons alors le *système de ressources* communautaires

[15] Disponible à l'adresse http://mathdoc.emath.fr/archives-bourbaki/feuilleter.php?chap=2_REDAC_?

[16] Disponible à l'adresse http://mathdoc.emath.fr/archives-bourbaki/PDF/deljb_001.pdf

comme l'ensemble des ressources en jeu dans une communauté, mobilisées par les processus de participation et de réification.

3.6.2 La documentation communautaire entre ressources et connaissances

Les deux processus de participation et de réification sont en relation dialectique, fortement imbriqués. Nous présentons dans cette partie la place du système de ressources communautaire par rapport à ces deux processus, ainsi que la place des KM et KE qui sont mobilisées par les membres.

A l'instar de Trouche et *al.* (Gupten, à paraître), nous appellerons *documentation communautaire* le processus de réification dans une CoP d'enseignants de mathématiques qui intègre les ressources communautaires produites par la participation de ces membres. La documentation communautaire comprend la participation et le produit de cette participation. La CoP passe d'un stade à un autre (§ 3.4.3) en s'appuyant sur un équilibre stable entre participation et documentation communautaire (figure 5) : le développement de la documentation communautaire est porté par le développement du système de ressources communautaires et des KM et KE communautaires ; le système de ressources communautaire constitue un point d'appui pour la participation des membres (qui peut prendre des formes variées suivant le niveau d'activité dans lequel elle s'inscrit, voir § 3.4.3). Dans la participation, les membres mobilisent des KM et KE. Cette participation permet le développement de nouvelles connaissances pour le professeur mais aussi pour la CoP. Les connaissances communautaires se développent par une mobilisation des KM et KE des membres, cette mobilisation des connaissances produit des KM et KE pour le professeur mais aussi pour la CoP. Les connaissances communautaires et le système de ressources communautaires sont donc fortement enchevêtrés avec les systèmes documentaires des professeurs qui y sont impliqués.

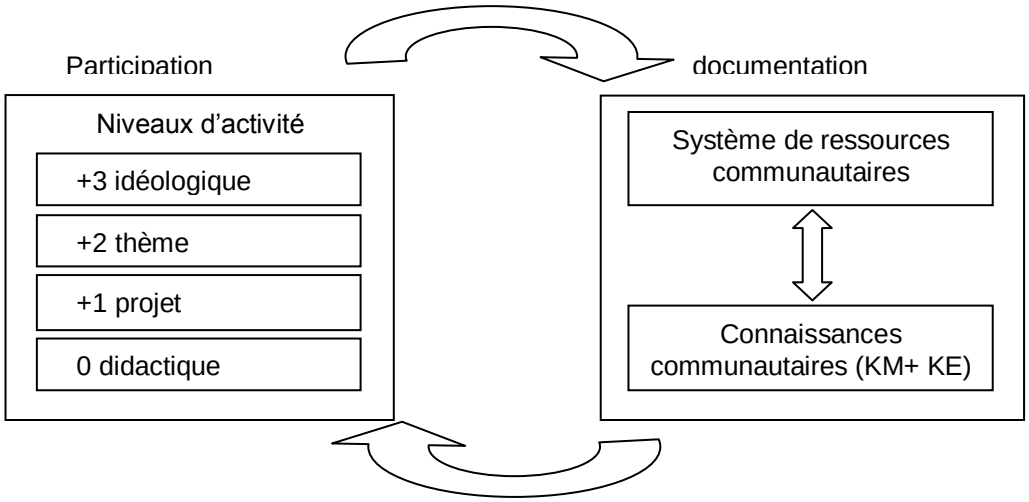


Figure 5. Représentation de la relation entre participation et documentation communautaire

Au contraire de la documentation individuelle d'un professeur de mathématiques, on ne peut pas parler d'un système documentaire communautaire (Gueudet et Trouche 2010b) : *« Les systèmes documentaires sont en effet des structures profondes, qui engagent l'expérience d'un individu, qui ne sont que momentanément et partiellement communautaires. Il n'y a ainsi sans doute pas de systèmes documentaires communautaires, mais des objets qui concentrent des éléments de genèses documentaires communautaires »* (p. 143). On parle d'« éléments » d'une genèse

documentaire communautaire car, dans le cadre d'une CoP d'enseignants de mathématiques, il est difficile de suivre des invariants de la communauté allant de la conception d'une ressource aux usages[17] de cette ressource dans les classes de tous les membres de la CoP. Les éléments de la genèse documentaire communautaire se manifestent par le processus de sélection de ressources, leur conception et leur partage pour réaliser un objectif commun lié à l'enseignement des mathématiques et les retours d'usages de ces ressources dans les classes.

La documentation communautaire entretient un rapport étroit avec la documentation individuelle des enseignants impliqués dans la communauté. Nous faisons l'hypothèse que la participation active d'un membre est liée à l'intérêt de produire des ressources pour son propre enseignement. L'organisation de la communauté semble déterminante dans l'étude de la documentation communautaire. Dans ce qui suit, nous situons la notion de monde d'une CoP (§ 3.4.4) pour la compréhension de la documentation communautaire.

3.6.3 Le monde de la CoP au sein de la documentation communautaire

Dans la documentation communautaire, les rapports entre systèmes de ressources communautaires et connaissances communautaires sont complexes, du fait de leur dépendance de plusieurs facteurs : le processus de participation ; les déterminations didactiques pesant sur le projet commun ; des mondes de professeurs, membres de la CoP, variés ; le temps nécessaire à l'évolution du système de ressources communautaires et des connaissances communautaires.

Nous faisons l'hypothèse que le monde de la CoP joue un rôle essentiel dans la nature du rapport entre participation et documentation communautaire. Nous mobilisons le concept du monde de la CoP pour comprendre les facteurs qui pourraient favoriser l'émergence de la CoP, le développement des KM et KE communautaires, le développement du système de ressources communautaires et par conséquence la documentation communautaire. Le monde de la CoP est formé de deux composantes : l'organisation des visions des membres et l'organisation de la CoP. L'organisation de la CoP nous permet de justifier la forme que peut prendre le processus de participation. Les visions des membres engendrent des formes constitutives des KM et des KE et des formes constitutives de mode de conception de ressources, par conséquent l'organisation des visions des membres permet de comprendre l'interaction existante entre le système de ressources communautaires et les connaissances communautaires. Le monde de la CoP serait ainsi au centre des deux processus, participation et documentation (voir figure 6).

[17] Nous avons écrit "usages" au pluriel parce que chaque membre de la communauté introduirait un usage cohérent avec son monde.

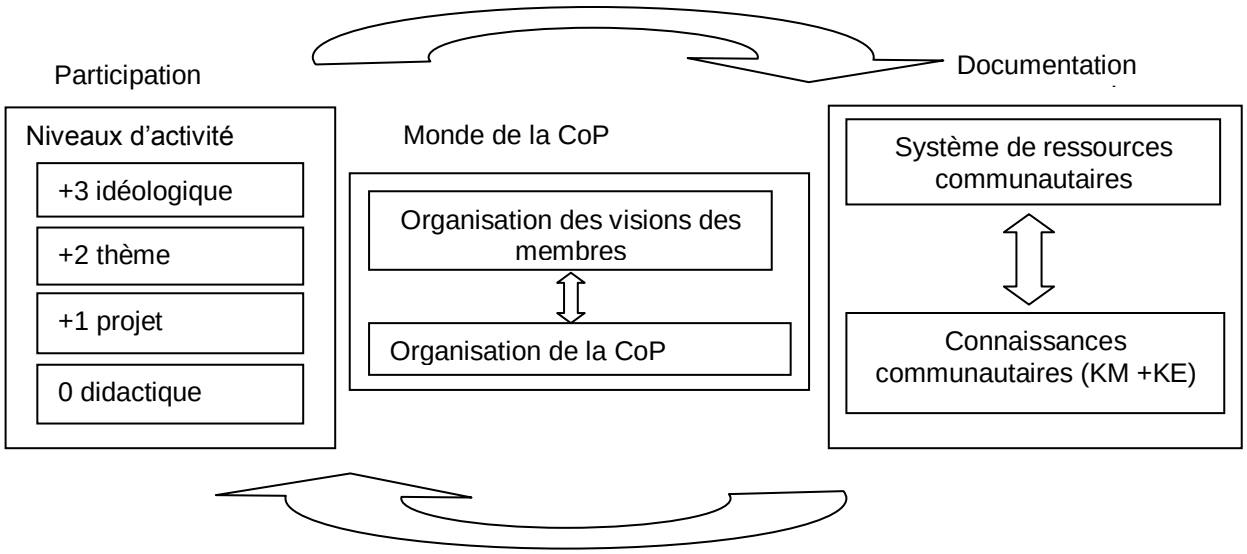


Figure 6. Monde de la CoP et documentation communautaire

3.6.4 Conclusion

Nous avons proposé dans cette partie un modèle articulant approche documentaire, CoP et monde de la CoP pour analyser la relation dialectique entre participation et documentation communautaire. Nous faisons l'hypothèse que ce modèle nous permettra d'analyser les rapports entre d'une part, le développement de la documentation communautaire et le développement des connaissances communautaires et d'autre part le monde de la CoP.

3.7 Les Incidents documentaires individuel et communautaire

Les documentations individuelle et communautaire sont portées par des dynamiques fortes : les genèses documentaires individuelles et les développements de CoP d'enseignants de mathématiques. Dans cette partie, nous essayons de conceptualiser les moments de rupture de ces dynamiques en termes d'incidents documentaires. Nous commençons par une situation du concept d'incident (§ 3.7.1) ; nous continuons par une présentation du concept d'incident documentaire individuel (§ 3.7.2) et du concept d'incident documentaire communautaire (§ 3.7.3).

3.7.1 La notion d'incident

L'utilisation de la notion d'*incident* est ancienne. Flanagan (1954), déjà, dans le domaine de la psychologie de travail, parlait de l'*incident critique*. Il définissait un incident comme : *« Any observable human activity that is sufficiently complete in itself to permit inferences and predictions to be made about the person performing the act »*. Il expliquait alors comment un incident peut être critique : *« To be critical, an incident must occur in a situation where the purpose or intent of the act seems fairly clear to the observer and where its consequences are sufficiently definite to leave little doubt concerning its effects »*. Il évoquait aussi une méthode d'analyse de l'activité, appelée « technique de l'incident critique »: *« A set of procedures for collecting direct observations of human behavior in such a way as to facilitate their potential*

usefulness in solving practical problems». Pour Flanagan, un incident critique est une activité humaine qui se produit avec un but et une intention de l'action, et n'aboutit pas. Il définit une méthode d'incident critique qui lui permet, notamment, de repérer les situations de dysfonctionnements. Cette méthode consiste à recueillir, à partir d'un entretien individuel, les incidents jugés critiques dans des situations de travail données. Il s'agit de décrire l'activité réalisée jugée comme source de l'incident, les effets de cette activité, les régulations effectuées par les opérateurs et les interprétations des résultats de l'activité et des régulations.

En didactique des STAPS, Eloi et Uhlrich (2011) déclarent que : *« L'utilisation du concept d'incident se trouve nous semble-t-il justifiée dans la mesure où il est fait référence à un événement qui n'entrave pas l'activité majeure des personnes impliquées. Il s'agit d'une difficulté secondaire qui " survient " dans le cours d'une action principale »*. Ils proposent de considérer les incidents comme des artefacts (§ 3.5.2) au regard de leur effet sur l'activité du sujet. Dans cette perspective, ils définissent ce qu'ils appellent *incident artefactuel* comme « *l'utilisation d'un objet matériel ou non, volontairement introduit par l'intervenant dans l'activité du sujet visant à la modification du cours normal de sa pratique dans le but de provoquer une compréhension nouvelle de son activité* ». Contrairement au sens proposé par Flanagan, l'incident n'est pas entendu dans le sens de dysfonctionnement mais plutôt dans le sens de transformation de l'activité du sujet et de reconnaissance de la situation.

En didactique des mathématiques, Roditi (2003) définit un *incident didactique* comme « *une manifestation publique d'un élève ou d'un groupe, en relation avec l'enseignement, et en décalage négatif par rapport à l'ensemble des réponses correctes envisageable* ». Pour Roditi un incident dans un processus d'apprentissage doit être géré par le professeur : *« La gestion d'un incident est l'intervention du professeur consécutive à cet incident »*. Par conséquent, l'incident didactique pour Roditi manifeste un moment de rupture du processus d'apprentissage tel qu'il a été pensé par le professeur. Aldon (2011), quant à lui, définit l'incident didactique comme *« un événement du système didactique qui se produit de manière irrégulière, non prévue, nécessitant des acteurs une réponse appropriée »*. Pour Aldon l'incident didactique peut être un incident pour l'enseignant, pour l'élève (ou groupe d'élèves), ou bien à la fois pour l'enseignant et les élèves.

Dans notre travail, nous visons de définir un type particulier d'incident : un incident comme élément critique des genèses documentaires. Cet élément critique n'est pas nécessairement un élément de dysfonctionnement, comme c'est le cas pour Flanagan (1954) et Roditi (2003) ; il n'est pas nécessairement un objet matériel comme c'est le cas d'Eloi et Uhlrich (2011) ; et il n'est pas limité à la salle de classe comme c'est le cas de Roditi (2003) et Aldon (2011). Tout en nous appuyant sur ces travaux, nous définissons dans ce qui suit ce que nous appelons *incident documentaire*.

3.7.2 L'incident documentaire individuel

Les genèses documentaires d'un professeur de mathématiques, comme les genèses instrumentales (§ 3.5.2) n'ont pas un début et une fin identifiables. Elles se développent dans le temps, incluant des moments de continuité et de moments de ruptures. Nous visons dans cette partie à modéliser ces moments de ruptures en termes d'incident documentaire.

Au cours d'une genèse documentaire, un enseignant développe, d'une façon conjointe, une nouvelle ressource (composée d'un ensemble de ressources recombinées et transformées) et des usages de cette ressource. Les moments de rupture dans les genèses documentaires se

manifestent par une mutation dans les usages de ces ressources qui implique une mutation des familles d'activité mobilisées. Cette mutation s'illustre par une réorganisation du système d'activité d'un enseignant. Les moments de rupture auraient alors des effets sur le système documentaire, et donc sur le système de ressources et le système de connaissances (KM et KE) d'un professeur. Nous allons appeler *incident documentaire individuel* un événement (didactique ou non) saisissable par le monde du professeur qui conduit à une réorganisation de sa documentation. La gestion et le contrôle des incidents constituent alors un élément central dans cette réorganisation.

Un incident documentaire individuel n'est pas entendu dans le sens de dysfonctionnement. Nous faisons l'hypothèse qu'il peut être porteur de développement professionnel.

3.7.3 L'incident documentaire communautaire

Dans le travail documentaire individuel, les moments de rupture sont liés à la différence des genèses documentaires individuelles. Dans le travail documentaire communautaire, les moments de rupture sont liés aux processus de participation et de réification. Dans une communauté d'enseignants de mathématiques, les interactions[18] sont complexes : elles peuvent avoir lieu entre deux ou plusieurs membres de la communauté, entre un membre de la communauté et un membre de l'extérieur, entre un sous-groupe de la communauté et un membre de l'extérieur ou un sous-groupe de la communauté et un collectif extérieur. Les interactions peuvent être liées au projet commun ou non. Elles sont de différents types : didactique, organisationnelle ou même personnelle. L'ensemble de ces interactions peut être source de moments de rupture qui se manifestent par des moments d'inertie ou de réorganisation du système de ressources communautaires. Pour repérer et analyser ces moments de rupture, nous avons à observer la documentation communautaire.

Nous appelons *incident documentaire communautaire* l'intégration d'une ressource, imprévue par au moins une partie de la communauté, dans le système de ressources communautaire qui modifie le cours de la documentation communautaire. Comme la documentation communautaire se développe via un développement conjoint du système de ressources communautaires et des connaissances communautaires, il s'agit d'y observer les effets des incidents communautaires au cours du temps.

La gestion de l'incident et le contrôle de ses effets semblent importants pour comprendre la nouvelle orientation prise par la documentation communautaire. Dans ce cadre, le monde de la communauté joue un rôle important dans l'analyse des décisions, didactiques ou non, prises face à un incident. Il s'agit de repérer le rôle de l'organisation de la communauté dans la gestion de l'incident communautaire. Comme la documentation communautaire est liée au processus de participation, une réorganisation de ce dernier appellerait une reconfiguration de la documentation communautaire.

Un incident documentaire communautaire n'est pas entendu dans le seul sens négatif. Nous faisons l'hypothèse qu'une réorganisation de l'activité des membres liée à une reconfiguration de la documentation communautaire peut conduire à un développement de la CoP concernée.

---

[18] Nous définissons une interaction comme un échange entre deux entités sociales (individus, institutions, classes sociales, etc.). Les interactions sont des actions réciproques modifiant le comportement ou la nature des éléments, corps, objets, phénomènes en présence ou en influence (Morin 1977). Les interactions peuvent être verbales ou non verbales (gestes, attitudes, etc.).

3.7.4 Conclusion

Nous avons défini dans cette partie les incidents documentaires. Les incidents documentaires individuels sont estimés en fonction de leurs effets sur la documentation individuelle. Les incidents documentaires communautaires sont estimés en fonction de leurs effets sur la documentation communautaire.

Dans notre recherche, nous visons à étudier les rapports entre documentations individuelle et communautaire. Il s'agit donc d'étudier les effets d'un incident documentaire individuel sur la documentation communautaire ; ainsi que les effets d'un incident documentaire communautaire sur la documentation individuelle d'un enseignant.

3.8 Conclusion de la construction théorique

Parti de la problématique des rapports entre documentations individuelle et communautaire, nous avons été menés à la construction d'un cadre théorique qui prend en compte l'interaction entre le triplet : connaissances, activités et ressources, dans une dimension individuelle (cas d'un enseignant de mathématiques) et dans une autre communautaire (cas des communautés d'enseignants de mathématiques).

Pour l'étude de la documentation individuelle d'un enseignant de mathématiques, nous avons mobilisé des concepts développés dans le cadre de l'approche documentaire du didactique : système de ressources, systèmes d'activités et système documentaire. Nous avons proposé, pour approfondir l'analyse de la documentation individuelle, deux notions théoriques *vision* et *monde*, notions que nous utilisons en tant qu'outils pour analyser l'orientation que prend la documentation individuelle d'un enseignant de mathématiques.

Pour l'étude de la documentation communautaire des enseignants de mathématiques, nous avons mobilisé des notions issues de cadres très différents : didactique, ergonomique et sociologique. Nous avons proposé une articulation entre les niveaux d'activité (Margolinas 2002) et les Communautés de Pratique (Wenger 1998) pour approfondir l'analyse du processus de participation dans un mouvement de conception collective de ressources pour l'enseignement des mathématiques, ainsi que pour approfondir l'analyse des interactions existant dans le triplet : connaissances, ressources et activités.

Nous avons enfin défini des moments critiques des genèses documentaires, les incidents documentaires, qui seront exploités pour étudier les rapports entre documentations individuelle et communautaire.

Cette construction théorique nous permet de préciser notre questionnement initial (§ 2.3).

3.9 Questions et hypothèses de recherche

L'objectif de l'ensemble de nos questions de recherche est de comprendre les rapports entre la documentation individuelle et la documentation communautaire des professeurs de mathématiques et le rôle des incidents documentaires dans ces rapports. Dans cette partie, nous commençons par une présentation de nos questions de recherche (§ 3.9.1), suivie des hypothèses de recherche (§ 3.9.2).

3.9.1 Questions de recherche

Enrichis des outils théoriques que nous venons de constituer, nous pouvons préciser et structurer ainsi notre questionnement (§ 2.3) :

Q1. Quels sont les effets des incidents documentaires communautaires sur la documentation des enseignants de mathématiques impliqués ?

Q2. En quoi les visions des membres d'une communauté conditionnent-elles leur travail documentaire ?

Q3. Quels sont les effets des incidents documentaires individuels sur la documentation d'un enseignant de mathématiques engagé dans une communauté de pratique ?

Q4. Comment comprendre les relations entre la documentation d'un enseignant et la documentation de la communauté dans laquelle il est inséré ?

3.9.2 Hypothèses de recherche

Nos premières investigations nous ont conduit à formuler des hypothèses de réponse, que notre thèse a pour objectif de mettre à l'épreuve :

H1. Les *incidents documentaires communautaires* semblent être des *accélérateurs* des documentations individuelle et communautaire.

H2. Les *visions* des membres d'une communauté de pratique semblent conditionner les relations entre les processus de participation et de documentation.

H3. Les *incidents documentaires individuels* semblent induire un rapprochement de la documentation individuelle de l'enseignant concerné et de la documentation communautaire.

H4. Le *monde* du professeur de mathématiques semble refléter les rapports construits au cours du temps entre la documentation communautaire et celle d'un enseignant.

En nous appuyant sur la construction théorique proposée par ce chapitre, nous allons développer dans le chapitre qui suit une méthodologie permettant de questionner ces hypothèses de recherche.

Chapitre 4. Méthodologie

Dans ce chapitre nous commençons par une réflexion théorique sur la conception d'une méthodologie, en correspondance avec notre cadre théorique et nos questions de recherche (§ 4.1). Nous poursuivons par une présentation des trois principes sur lesquels repose notre méthodologie (§ 4.2). Nous présentons ensuite notre processus de recueil de données : celles que fournit « naturellement » le terrain expérimental (§ 4.3) et celles recueillies grâce aux outils méthodologiques que nous avons conçus (§ 4.4). A la fin de ce chapitre (§ 4.5), nous présentons les choix effectués pour construire notre terrain de recherche.

Nous désignons par *acteur* du terrain expérimental les enseignants, dont nous suivons la documentation individuelle, et les membres des communautés d'enseignants dont nous suivons la documentation, individuelle et communautaire.

4.1 Réflexion théorique autour de la conception de la méthodologie

L'étude menée dans cette partie résulte d'une réflexion théorique que nous avons conduite dans le cadre du groupe national de jeunes chercheurs en didactique des mathématiques (Daina et *al.*, à paraître). Nous avons mis en évidence l'idée que notre rapport au terrain expérimental se construit dans un ensemble de choix liés aux problématiques, aux objectifs de recherche, aux cadres théoriques mobilisés, aux liens avec les acteurs du terrain expérimental, à la nature et aux modalités de recueil des données, donc en lien fort avec la méthodologie conçue et mise en œuvre.

Nous commençons cette partie par la présentation d'un ensemble de paramètres à prendre en compte lors de la conception de la méthodologie (§ 4.1.1). Nous continuons par une discussion de notre position de chercheur sur le terrain expérimental (§ 4.1.2). Nous présentons ensuite les différents rapports à établir avec les acteurs sur le terrain expérimental (§ 4.1.3). Nous concluons par la nécessité d'une analyse préalable du terrain expérimental (§ 4.1.4).

4.1.1 Paramètres pour la conception de la méthodologie

Les rapports entre la documentation individuelle et la documentation communautaire sont à étudier sur le long terme. Nous analyserons les articulations existantes entre ces deux documentations. Cette analyse n'est pas simple car les professeurs sont des *ressorts* du travail documentaire de la communauté (par la mobilisation des KM et KE et de leurs propres ressources pour le projet commun) et leur travail documentaire est également un *miroir*, par certains aspects, de la documentation communautaire. Pour ces raisons, nous nous proposons d'effectuer des suivis conjoints des documentations individuelles et communautaires.

Les systèmes de ressources individuels et communautaires sont en évolution permanente. Ces évolutions sont liées, pour la communauté, à plusieurs facteurs, dont la participation des membres qui s'inscrivent dans différents niveaux d'activités (§ 3.2.1). Pour les professeurs, ces évolutions sont liées à leurs systèmes d'activités. Il s'agit donc d'effectuer un suivi, d'une part, des activités individuelles et communautaires, d'autre part, des systèmes de ressources individuels et communautaires.

Les genèses documentaires s'inscrivent dans le temps long du développement des ressources (§ 3.5.4), des interactions et des connaissances : un suivi sur une période *longue* est donc nécessaire. En outre, la nature *vivante*, aussi bien des systèmes de ressources individuelles et communautaires que des activités individuelles et communautaires, suppose un suivi *continu*, autant que possible : il s'agit en effet de réaliser un suivi permettant d'appréhender les transformations des KM et KE et les mutations des activités, ainsi que les incidents individuels et communautaires éventuels.

Pour le suivi du travail documentaire, il est nécessaire de considérer les activités du professeur qui peuvent se dérouler dans des espaces dispersés (à domicile, en face d'un ordinateur connecté, dans des établissements et stages de formation, au sein d'autres communautés). Il est donc nécessaire de considérer les activités dans une variété de lieux.

Le suivi des documentations individuelle et communautaire demande donc la prise en compte de plusieurs paramètres : un *suivi conjoint* de la documentation communautaire et des documentations individuelles ; un *suivi associé* des activités et des ressources ; la *durée longue* et la *continuité* du suivi ; un suivi en classe et hors classe.

Dans ce qui suit, nous présentons des conditions liées au terrain expérimental qui sont à prendre en compte.

4.1.2 Position du chercheur sur le terrain expérimental

Il s'agit ici de prendre en compte le rapport que construit le chercheur avec le terrain d'étude. Un chercheur didacticien peut avoir deux types de position : une position *expérimentaliste* pour laquelle la compréhension des phénomènes didactiques suppose l'introduction, dans un système didactique, d'un dispositif expérimental ; une position *naturaliste* qui cherche en revanche à observer le système didactique tel qu'il existe, en le perturbant le moins possible.

La position *naturaliste* en didactique des mathématiques s'est développée dans les années 1980, sous l'impulsion de Chevallard (1988). Pour lui, la didactique devait donner une place plus importante à l'observation des pratiques dans les classes *ordinaires*, à un moment où on savait peu de choses sur ce qui s'y passait réellement. Dans un univers où le professeur observé et le chercheur peuvent faire partie d'une même institution, l'approche naturaliste désirait donner au chercheur un rôle le plus neutre possible, en étant conscient bien sûr que le rapport aux institutions est toujours existant (§ 3.3.3). Cette approche n'assure pas au chercheur une plus grande neutralité et l'observation de classes ordinaires questionne tout autant la propre subjectivité du chercheur : *« Pour observer, il suffirait ainsi d'aller dans la classe : postulat impensé que je révoquerai en doute dans un instant »* (Chevallard 1992b, p. 6). De ce fait, nous partons du constat que, quelle que soit la méthodologie utilisée ou les problématiques traitées, le chercheur fait partie intégrante de ses recherches : *« Ce qui me paraît premier, en effet, ce sont les interactions que le chercheur entretient avec son objet d'étude »* (Chevallard, in Blanchard-Laville et *al.* 1996, p. 42). Partant de ce constat, nous considérons que la question de la position du chercheur sur le terrain expérimental pourrait être interrogée via l'étude de la nature des : outils de recueil de données ; modalités de recueil de données (encouragement des acteurs à contribuer au recueil de données, recueil des données par des observations de classe, entretien, recueil de données naturelles existantes sur le terrain et accessible au chercheur) ; rapports que le chercheur entretient avec les acteurs du terrain expérimental.

Nous faisons l'hypothèse que la position du chercheur s'exprime ainsi de façon importante dans toute méthodologie. Selon nous, l'ensemble des choix méthodologiques, le travail de régulation

et d'adaptation de la méthodologie sont réalisés en fonction de la problématique, des choix théoriques et des conditions du terrain expérimental par rapport auquel le chercheur doit, de toute façon, contrôler les effets de sa propre subjectivité.

Dans la partie suivante, nous essayons de préciser notre rapport aux acteurs du terrain expérimental : aux professeurs à suivre individuellement et à la communauté dans laquelle ils se situent. Pour ce faire, nous prenons en compte plusieurs éléments : les objectifs de notre recherche ; les effets de nos choix méthodologiques ; les modalités de recueil de données.

4.1.3 La construction d'un rapport aux acteurs

Rapport aux acteurs en fonction des objectifs de la recherche

Au regard de notre objectif de recherche, nous nous voulons observateurs extérieurs à la communauté que nous voulons suivre. Cette position est liée à la définition que nous donnons des ressources (§ 3.5.3) : n'importe quelle intervention du chercheur, directe ou indirecte, formelle ou informelle, qu'elle soit verbale ou écrite, peut faire dévier des genèses documentaires individuelles ou susciter un changement dans les classes de situations du professeur. L'intervention du chercheur peut aussi influencer l'organisation de la communauté et, par conséquent, les processus de participation et de documentation communautaire. Suivant ce critère, il est important que les communautés que nous suivrons se réunissent naturellement, indépendamment, autant que faire se peut, de notre projet de recherche.

Rapport aux acteurs en fonction des choix méthodologiques

Notre influence sur le terrain expérimental peut se manifester de plusieurs façons :

- puisque nous voulons concevoir une méthodologie permettant un suivi autant que possible continu de l'enseignant et de la communauté, en classe et hors classe, nous devons demander à l'enseignant de participer au recueil de données. Nos outils méthodologiques auront donc des effets sur les genèses documentaires individuelles et la documentation communautaire. Notre méthodologie présente donc des biais à prendre en compte. Carnus (in Cohen-Azria & Sayac 2009) souligne : *« la reconnaissance et la prise en compte d'un « effet chercheur » implique préalablement une conscience aigüe du chercheur de la part de subjectivité constitutive de son objet de recherche »* (p. 65). La reconnaissance et l'acceptation de notre propre subjectivité sont ainsi une condition nécessaire pour contrôler et interroger les effets de notre méthodologie ;
- nous avons aussi à recueillir les ressources utilisées ou conçues par l'enseignant et par la communauté. Or les ressources auxquelles nous aurons accès sont celles que les professeurs donnent à voir. De ce fait, nous constituons un élément perturbateur du terrain expérimental qu'il faut prendre en compte. Il s'agit de trouver les moyens pour évaluer ces effets, leur nature et leur ampleur. Là encore nous serons amenés à questionner notre propre subjectivité : *« La conscience et l'analyse de cette posture permet alors de contrôler davantage l'inférence dans le recueil et le traitement des informations, et ainsi de relativiser la portée des résultats produits »* (Carnus, in Cohen-Azria & Sayac 2009, p. 66).

Nos rapports aux acteurs du terrain expérimental seront ainsi conditionnés par la méthodologie que nous définissons en partie *a priori*, au regard de nos questions de recherche et de nos choix théoriques (en particulier l'approche documentaire et la théorie des communautés de pratique). La conception de la méthodologie se poursuivra *a posteriori* en fonction de ses effets et du

rapport qui se construit avec les acteurs du terrain. Il nous semble ainsi intéressant de mettre en place des outils méthodologiques qui possèdent des potentialités de communication, nécessaire à un suivi à long terme, et de contrôle, pour l'adaptation des outils en fonctions des incidents (individuels ou communautaires).

Rapport aux acteurs en fonction des modalités de recueil de données

Le choix des outils méthodologiques et le processus de leur mise en œuvre conditionnent, pour partie, les phénomènes observés et les données recueillies. Chevallard (1992b) affirme qu'il ne peut y avoir d'observations pures et que : *« Les "données" que nous devons recueillir en observant un système sont en fait des construits »* (p. 13).

Deux spécificités du dispositif que nous mettons en place déterminent nos modalités de recueil de données : un terrain expérimental large et un suivi à long terme, aussi continu que possible.

Un terrain expérimental large

Le suivi des genèses documentaires individuelles et communautaire ne peut être réalisé seulement en adoptant une position naturaliste puisque le travail documentaire se déploie en plusieurs lieux (en classe, dans la salle de professeurs, à domicile devant un ordinateur connecté, en présence, etc.), entre plusieurs acteurs et sous des interactions diverses et variées auxquelles nous n'avons pas toujours accès. Il suppose donc que les professeurs eux-mêmes collaborent avec le chercheur pour recueillir des données.

Pour le suivi du travail documentaire d'*un* enseignant, la méthodologie conçue par Gueudet et Trouche (2010a), *l'investigation réflexive,* est fondée sur l'idée d'un suivi des activités de l'enseignant sur une durée significative, de façon continue et sur le principe de réflexivité du recueil de données, dont l'enseignant est un acteur central. Ce rôle suppose, pour l'enseignant, un retour réflexif important sur ses propres pratiques. Les outils méthodologiques conçus doivent, par conséquent, inciter à cette réflexivité.

Pour le suivi de la documentation communautaire, en plus des travaux documentaires individuels, il est nécessaire de suivre l'évolution de l'organisation de la communauté. La méthodologie de recueil de données doit prolonger celle pensée pour le suivi individuel : nous devrons engager les membres de la communauté dans le recueil de données en suscitant une *réflexion sur les activités communautaires*.

Notre terrain expérimental sera constitué d'une (ou plusieurs) communauté(s) d'enseignants de mathématiques. Nous suivrons les activités documentaires communautaires, et identifierons l'organisation de la communauté. Le recueil de données mobilisera des outils méthodologiques variés et plusieurs acteurs : des membres ayant des rôles différenciés dans la communauté et des acteurs qui ne sont pas forcément membres de la communauté, présents sur le terrain (par exemple, les éventuels chercheurs ayant des projets de recherches différents du nôtre). Le recueil de données pour le suivi du travail documentaire individuel et collectif ressemble au jeu de Puzzle, *« jeu de patience qui consiste à reconstituer un objet à deux ou trois dimensions à l'aide de pièces qui s'emboîtent les unes dans les autres »* (Wikipédia[19], 24 janvier 2011).

Un suivi continu à long terme

Nos choix méthodologiques de suivi dans le temps sont liés aux choix théoriques effectués, l'approche documentaire et la théorie des CoP qui pensent les processus dans leurs

[19] http://fr.wikipedia.org/wiki/Puzzle

développements longs. Cette prise en compte du facteur temps est liée à la nécessité d'observer l'évolution des ressources, des activités individuelles et communautaires, ainsi que leurs effets sur les KM et KE des enseignants aussi que celles construites dans le cadre de la communauté.

Ce type de suivi, étendu sur un temps long, est source de contrainte. Il suscitera aussi une dynamique dans notre rapport au terrain expérimental.

4.1.4 Nécessité d'une analyse préalable du terrain expérimental

Prenant en compte la complexité du rapport à construire avec les acteurs du terrain expérimental, nous nous proposons d'effectuer, avant la mise en place de la méthodologie, une *analyse préalable* de la communauté à suivre. L'objectif de cette analyse est :

- d'avoir une idée de la visibilité des activités communautaires, de l'organisation de la communauté et de récolter des traces de l'histoire de la réalisation du projet commun ;
- de repérer des outils existants sur le terrain qui puissent nous permettre de recueillir des données. Ces outils peuvent être conçus par les membres pour organiser leur travail (par exemples des comptes-rendus de réunions), nous nous efforcerons alors de penser l'articulation de ces outils avec nos propres outils méthodologiques dans un objectif d'optimisation du dispositif du suivi ;
- d'identifier les rôles différenciés des membres dans la réalisation du projet commun pour choisir des enseignants, membres de la communauté, dont le suivi nous permettra de comprendre le travail documentaire en cours dans la communauté.

L'analyse préalable effectuée permettra d'adapter les outils méthodologiques que nous mettrons en œuvre. Nous penserons donc des outils méthodologiques flexibles, pouvant être adaptés, selon les besoins, aux conditions du travail de l'enseignant et de la communauté. Nous porterons une attention particulière à leur valeur fonctionnelle pour le recueil de données. Aussi, nous ne pensons pas nécessairement des outils méthodologiques différents pour le suivi du travail documentaire individuel et celui du travail documentaire communautaire : certains outils pourront être mixtes, pouvant servir aux deux types de suivi.

La méthodologie se développera au fil de sa mise en œuvre, à chaque fois, nous serons confrontés à la nécessité de définir/redéfinir nos objectifs et de faire des choix sous l'effet de différents types de contraintes.

4.2 Les principes pour la conception de la méthodologie

A l'issue de cette réflexion générale, nous construisons notre méthodologie suivant trois principes : l'explicitation du *contrat méthodologique* (§ 4.2.1) établi entre chercheur et acteur du terrain expérimental, la stimulation d'une *réflexivité* sur les activités individuelles et communautaires (§ 4.2.2) et l'appui sur la *conception dans l'usage* (§ 4.2.3).

4.2.1 L'explicitation du contrat méthodologique

Les enseignants sont des acteurs essentiels du recueil de données. Nous ne nous plaçons donc pas dans le cadre d'un positionnement *naturaliste*. Chevallard (1992b) évoque le fait que, même s'il veut se situer en position d'observateur extérieur, le chercheur est placé, malgré lui, dans une position de surveillance ou de contrôle. En outre, plus les acteurs sont nombreux et diversifiés, plus les rapports construits se complexifient, plus un travail de contrôle de la méthodologie est

nécessaire. L'élargissement temporel et spatial de notre terrain expérimental induit des questions autour du contrat à établir entre le chercheur et les acteurs, contrat qui est, en général, principalement implicite. Nous introduisons ici *l'explicitation du contrat méthodologique* comme un premier principe de notre méthodologie.

Le mot contrat peut être associé à plusieurs adjectifs : le contrat *social* de Jean-Jacques Rousseau (1762) est un pacte déterminant l'organisation d'une société. Il est à l'origine de toute communauté politique. Filloux (1974) introduit le contrat *pédagogique* pour situer les rapports entre enseignants et élèves dans le champ pédagogique. Le contrat *didactique* (Brousseau 1988 ; Chevallard 1988) est introduit en didactique des mathématiques pour situer les responsabilités du professeur et des élèves dans la classe de mathématiques. Nous exploitons une analogie avec ce dernier contrat pour définir le contrat *méthodologique*.

Brousseau (1988) définit le contrat didactique comme « *l'ensemble des comportements de l'enseignant qui sont attendus de l'élève, et* [de] *l'ensemble des comportements de l'élève qui sont attendus de l'enseignant* […] *Ce contrat est l'ensemble des règles qui déterminent explicitement pour une petite part, mais surtout implicitement, ce que chaque partenaire de la relation didactique va avoir à gérer et dont il sera, d'une manière ou d'une autre, comptable devant l'autre* ». Pour Chevallard (1988), « [L]*e contrat didactique définit les droits et les devoirs des élèves, les droits et les devoirs de l'enseignant et, par cette division des tâches, partage et limite les responsabilités de chacun* » (p. 19). Les moments de rupture de ce contrat sont les moments d'apprentissage. En effet, tout enseignement d'un nouvel objet de savoir provoque des ruptures de contrat par rapport à des objets de savoir anciens, et la renégociation de nouveaux contrats. L'apprentissage de l'élève se fait au prix de ces ruptures qu'enseignants et élèves doivent négocier. Nous retenons ces éléments constitutifs du contrat didactique : un partage de responsabilités entre les deux contractants (élève(s) et enseignant) ; un ensemble de règles pour gérer les responsabilités de chacun ; le caractère implicite du contrat qui ouvre la possibilité de négociations permanentes ; les moments de rupture qui conduisent à une redéfinition du contrat didactique. Dans un contrat didactique, l'enjeu commun des contractants est le savoir (les mathématiques dans le cas de la didactique des mathématiques).

Dans un contrat méthodologique les contractants sont, d'un côté, le chercheur, d'un autre côté, le(s) acteur(s). L'objet commun des contractants est *l'action didactique* individuelle ou collective de l'acteur ainsi que les ressources produites par/pour cette activité. Le contrat méthodologique permet de formaliser en partie les rapports entre chercheur et acteurs du terrain expérimental. Il tente, par des règles, de définir les rôles et les responsabilités de chacun (chercheur et acteurs). Nous définissons le contrat méthodologique comme un ensemble d'attentes mutuelles entre le chercheur et l'acteur, essentiellement implicites, à propos d'une action didactique sur le terrain expérimental.

L'asymétrie des contractants dans leurs rapports à l'enjeu commun du contrat méthodologique renforce la place de l'implicite et donne lieu à des négociations permanentes. Dans le cadre de notre recherche, nous suivrons l'activité et les ressources des acteurs. Nous souhaitons les solliciter pour participer à cette tâche. Dans ce cadre, l'explicitation du contrat méthodologique semble indispensable. Elle consiste à expliciter les conditions de la participation d'un acteur au recueil de données.

Comme toute analogie, l'analogie entre contrat didactique et contrat méthodologique a des limites. Dans un contrat didactique, l'incertitude de l'élève concernant la résolution du problème est à l'origine de son engagement dans le jeu, tandis que l'enseignant est supposé détenteur de la

solution. Par contre, dans un contrat méthodologique, l'incertitude est celle du chercheur : il ne connait pas les activités individuelles et communautaires des acteurs mais il construit des outils méthodologiques pour les saisir. Pour que l'acteur accepte de donner à voir une partie de ses activités individuelles et communautaires, le chercheur doit créer un intérêt par ses propositions et doit inciter à une réflexivité.

Une autre limite de l'analogie entre contrat didactique et contrat méthodologique réside dans la nature des moments de rupture. Dans un contrat méthodologique, les moments de ruptures ne sont pas liés seulement, pour un acteur, à une découverte ou à une communication d'une activité individuelle ou communautaire. Les moments de rupture dans un contrat méthodologique sont des moments de dysfonctionnement. Le dysfonctionnement peut être dû à l'un des deux contractants. Il peut être lié à une dévolution, par le chercheur, d'un projet qui n'est pas viable dans le monde du professeur (§ 3.3.3) ou le monde de la communauté (§ 3.4.4). Ceci pousse les contractants à une renégociation du contrat. Un autre facteur éventuel de dysfonctionnement est la survenue d'incidents documentaires individuel ou communautaire (§ 3.7).

Dans notre cas (élargissement temporel et spatial du terrain expérimental), nous essayerons de limiter les implicites pour élargir nos potentialités de contrôle. Pour cela, il s'agit d'expliciter les rapports à l'enjeu commun par un projet élaboré par le chercheur à destination des acteurs. Mais, comme pour le contrat didactique, le contrat méthodologique, même avec un projet explicité, n'enlève pas tous les implicites. Il s'agit de clairement identifier la partie de nos objectifs de recherche que nous pouvons dévoiler : nous ne pouvons pas complètement dévoiler la problématique de la recherche pour que l'acteur ne se limite pas à nous communiquer les activités et les ressources qui lui semblent répondre à notre problématique. En même temps, il faut expliquer à l'acteur quels types d'activités et de ressources nous attendons qu'il nous communique. Ce travail demande un engagement de l'acteur, ce qui entraîne des questions autour de l'intérêt didactique ou professionnel que cette collaboration peut lui apporter. Ce point semble crucial pour que l'acteur accepte l'engagement.

Le fait que nous pensons des outils méthodologiques s'adaptant aux conditions du travail des enseignants et de la communauté devrait faciliter la formulation de propositions pertinentes aux acteurs. Ces propositions constitueront l'objet d'une discussion pour une explicitation du contrat méthodologique entre acteur(s) et chercheur. Les moments de négociation du contrat méthodologique seront donc des moments d'adaptation de la méthodologie. La présence d'un intérêt didactique et professionnel doit assurer aux enseignants, acteurs sur le terrain expérimental, un certain « plaisir » à s'engager dans le projet proposé. L'intérêt pourra se renforcer lorsque l'acteur percevra que lui sont proposés des outils pouvant appuyer son propre travail d'enseignement.

Dans un incident documentaire individuel, la viabilité du contrat établi entre chercheur et acteur sur le terrain expérimental est questionnée : il se peut que l'incident ne change pas les conditions de viabilité du contrat dans le monde du professeur ou dans le monde de la communauté ; mais quand il change ces conditions de viabilité, une négociation aura lieu conduisant à une redéfinition du contrat. Dans un incident documentaire communautaire, si le changement conduit à des changements dans l'organisation de la communauté, alors il sera aussi nécessaire de redéfinir le contrat méthodologique.

L'établissement d'un contrat méthodologique explicite est nécessaire, puisque nous voulons concevoir une méthodologie dans laquelle les acteurs participent au recueil de données. Cette

participation suppose une réflexivité sur ses propres activités. Nous décrivons, dans ce qui suit, des éléments susceptibles de stimuler cette réflexivité.

4.2.2 La stimulation d'une réflexivité sur l'activité

Nous l'avons déjà évoqué précédemment (§ 4.1.3), nous visons à stimuler une réflexivité sur les activités individuelles et communautaires. Dans la méthodologie d'investigation réflexive, la réflexivité est basée sur une implication active du professeur (Gueudet et Trouche 2010a). Gueudet et Trouche ont retenu une posture générale de leur recherche qui considère, comme Sensevy (2007) 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). L'implication active du professeur dans le recueil de données suppose une certaine négociation et explicitation du contrat méthodologique. Il s'agit donc de concevoir des outils méthodologiques suscitant la réflexivité. Certains sont propres à la méthodologie d'investigation réflexive, d'autres en constituent un prolongement (§ 4.3). Parmi les outils méthodologiques à concevoir, nous portons notre attention sur les outils permettant de capter le sens de l'activité, individuelle ainsi que communautaire, de l'enseignant.

Dans le cas d'une communauté, nous devons penser une méthodologie qui incite à une réflexivité sur les activités communautaires. Comme dans le cas de l'investigation réflexive, cette méthodologie est basée sur une implication active des membres de la communauté dans le recueil de données, dans le cadre d'un dispositif suscitant une réflexivité. Quand nous passons d'un suivi réflexif individuel à un suivi réflexif communautaire, la difficulté du suivi s'amplifie. Une des sources de cette difficulté réside dans le sens de l'activité communautaire, qui n'est pas toujours partagé pour tous les membres de la communauté : chacun donne sens à l'activité en fonction de son monde (§ 3.3.3). Nous essayons de repérer le sens d'une même activité communautaire pour plusieurs membres ayant des rôles différenciés dans la communauté.

En outre, nous avons à inciter une réflexivité non seulement pour les activités réalisées par l'acteur sur le terrain expérimental lors de la période du suivi, mais aussi pour les activités se déroulant avant la période du suivi, en particulier celles qui ont contribué à la construction de certaines de ses KM et KE :

- réflexivité sur des activités individuelles et communautaires antérieures : les outils méthodologiques devront permettre à l'acteur d'expliciter d'une part l'activité, et d'autre part ce qu'il a retiré des apprentissages pour lui-même. Ce type de réflexivité relie le passé au présent de la période de suivi. Nous essayerons donc de susciter un bilan sur l'activité mémorisée, pour penser une certaine planification des activités nouvelles ;
- réflexivité sur des activités individuelles et communautaires actuelles (i.e. durant la période du suivi), questionnant le déroulement de l'activité et les ressources qui en sont produites.

La place de la réflexivité sur les activités individuelles et communautaires est encore plus importante lorsqu'on recueille les ressources mobilisées ou produites durant ces activités. Ce recueil contribuera à éclairer les processus de construction des KM et KE.

4.2.3 L'appui sur la conception dans l'usage

Dans un premier temps nous parlons de la conception de la méthodologie *pour l'usage* et, dans un second temps, de la conception *dans l'usage*.

Comme conséquence de la réflexion théorique menée ci-dessus (§ 4.1 et 4.2), nous concevons une méthodologie *pour* l'usage. Cette méthodologie à mettre en œuvre, en particulier pour le suivi de la documentation communautaire, se veut être une méthodologie adaptable à différentes communautés d'enseignants de mathématiques. Folcher (2005) distingue les artefacts *conçus pour soi* et ceux *conçus pour d'autres*. Certains de nos outils méthodologiques sont simultanément des *conçus pour soi* (pour nous, chercheur sur le terrain expérimental) et des *conçus pour d'autres* (acteurs sur le terrain expérimental qui participent au recueil de données). Lors de la conception de la méthodologie, il s'agit de créer un équilibre entre la conception pour soi et la conception pour d'autres, ce qui explique que la conception de la méthodologie se poursuivra *dans* l'usage, au cours de plusieurs mises en œuvre.

La conception dans l'usage s'applique aux outils méthodologiques conçus et mis en œuvre sur le terrain expérimental. Au cours de la mise en œuvre, nous (chercheur) réorganisons constamment la structure de la méthodologie pour la réalisation de notre objectif principal (recueil des activités et des ressources qui soutiennent une construction des KM et des KE). Cette réorganisation est la conséquence des incidents individuels et incidents communautaires ayant des effets sur le contrat méthodologique et aux négociations du contrat méthodologique qui en découlent. Ceci devrait nous permettre, au fur et à mesure de ces mises en œuvre, de développer les potentialités des outils méthodologiques pour répondre à nos questions de recherche.

Le principe de conception dans l'usage se réalise à deux échelles :

- à une échelle macro : la conception dans l'usage nous conduit à ajuster la méthodologie de suivi de la documentation communautaire, au fur et à mesure de son application dans de nouveaux contextes ;
- à une échelle micro : la conception dans l'usage nous conduit à mettre en œuvre des outils méthodologiques suffisamment flexibles, susceptibles d'être adaptés aux évolutions du terrain expérimental durant la période du suivi. L'adaptation sera alors le fait du chercheur ou de l'acteur du terrain participant au recueil de données.

En référence au principe de conception qui se poursuit dans l'usage, nous mettons à disposition des acteurs du terrain une partie de nos outils méthodologiques dans la perspective qu'ils les adaptent à leurs propres conditions de travail. Les processus de conception dans l'usage et pour l'usage sont articulés dans un même mouvement de développement des outils méthodologiques.

4.3 Le recueil de données naturelles du terrain expérimental

Nous recueillons les données naturelles du terrain expérimental auxquelles nous avons accès. Ce type de données recueillies a deux rôles dans notre méthodologie : elles sont utiles à l'analyse préalable du terrain expérimental (§ 4.1.4) ; elles nous sont indispensables pour traiter nos questions de recherche (§ 3.8).

4.3.1 Participations aux réunions de la communauté

Dans le cas où les membres du collectif font des réunions, nous demandons d'y assister, comme des observateurs extérieurs. En cas de besoin, nous faisons des interventions courtes pour poser des questions précises. Ces questions seront mises à profit pour concevoir une grille conçue a priori, concernant :

- le projet commun : l'identification de son état, les liens tissés (ou à tisser) avec des autres collectifs ;
- les interactions entre les membres : leur nature (didactique, épistémologique, institutionnelle, organisationnelle) ; la structure interne et le partage de responsabilités entre les membres de la communauté ;
- le système de ressources communautaires : les sources de documentation de la communauté ; les interactions avec l'extérieur (autres collectifs) et leurs retombées sur la documentation du collectif.

L'assistance à des réunions devrait permettre d'approfondir aussi bien la compréhension des documentations communautaire aussi qu'individuelle.

4.3.2 Recueil de ressources naturelles

Nous recueillerons les ressources créées dans la dynamique de la réalisation du projet :

- les ressources conçues par les membres pour l'organisation du travail du projet commun (les comptes-rendus des réunions, des fiches d'élèves, des mails échangés entre les membres, le forum, etc.) ;
- les ressources pour l'enseignement de mathématiques qui s'inscrivent dans le cadre de la réalisation du projet commun.

Nous recueillons ces ressources tout au long de la période de suivi, à travers les retours des membres. Nous repérons aussi certaines de ces ressources à travers nos propres outils méthodologiques (les entretiens, les questionnaires et les journaux de bord ; § 4.4).

4.4 Le recueil de données par des outils méthodologiques

Nous présentons dans cette partie nos outils méthodologiques. Ces outils nous permettent de compléter les données naturellement recueillies, certains sont propres au suivi de la documentation individuelle, d'autres au suivi de la documentation communautaire. Certains sont mixtes : ils peuvent servir aux deux types de suivi. Nous présentons ces outils en précisant :

- le rôle de l'outil dans la réponse à nos objectifs (recueillir des données autour de l'activité, les ressources et les KM et KE que l'on peut en inférer) ;
- la responsabilité à la charge du chercheur et celle à la charge de l'acteur dans le recueil de données ;
- la stimulation de réflexivité que suppose cet outil ;
- les potentialités d'adaptation de l'outil, que ce soit par le chercheur ou par l'acteur.

Le recueil de données aura lieu en s'appuyant sur ces différents outils méthodologiques, engageant plusieurs acteurs, membres ayant des rôles différenciés dans la communauté. Nous présentons ces outils de façon synthétique dans le tableau ci-dessous, en les mettant en relation avec les principes sur lesquels ils reposent et le type de suivi correspondant, nous les décrivons ensuite chacun d'entre eux.

Outils	Type de suivi	Principes
Questionnaire de positionnement	mixte	Renseigné par les acteurs. Incite indirectement à une réflexivité sur les activités individuelles et communautaires Adaptable par le chercheur en fonction de la communauté
Questionnaire mondes	mixte	Renseigné par les acteurs. Incite à une réflexivité sur les activités individuelles et communautaires Adaptable par le chercheur en fonction de la communauté et le thème mathématique objet de l'étude.
Représentation Schématique des Interactions Communautaires	mixte	Dessinée par l'acteur, membre de la communauté. Incite à une réflexivité sur la structure de la communauté.
Représentation Schématique du Système de Ressources	individuel	Dessinée par un enseignant suivi individuellement. Incite à une réflexivité sur la structure du système de ressources individuel de l'enseignant. Il est possible de la reprendre ultérieurement.
Représentation Schématique des Interactions Mathématiques	individuel	Dessinée par un enseignant suivi individuellement. Incite à une réflexivité sur les activités mathématiques de l'enseignant.
Journal de bord individuel	individuel	Renseigné par un enseignant suivi individuellement. Incite à une réflexivité sur les activités individuelles et les ressources mobilisées par/pour cette activité. Il est possible, pour l'enseignant, de l'adapter ou de l'articuler avec ses propres outils de travail..
Petit Agenda de Suivi	communautaire	Renseigné par des acteurs de la communauté ayant des rôles différents. Incite à une réflexivité sur les activités communautaires. Il y a une possibilité d'adapter l'outil en fonction de l'intérêt de l'acteur.
Entretien à domicile	individuel	Renseigné par un enseignant suivi individuellement Incite à une réflexivité sur les activités mémorisées et sur la structure de ses ressources.
Observation de classe	individuel	Observation des classes des enseignants suivis individuellement. L'enseignant est libre dans le choix de la nature de la séance à observer. Il justifie ses choix dans des entretiens avant et après observation de classe.
Ressources recueillies	mixte	Recueillies tout au long du suivi, notamment celles citées dans les différents outils pendant le suivi.

Tableau 2. Les outils méthodologiques pour le recueil de données

Dans ce qui suit, nous présenterons d'abord les outils mixtes, puis les outils propres au suivi individuel enfin les outils destinés au suivi communautaire.

4.4.1 Questionnaire de positionnement

Le questionnaire de positionnement (Annexe 8) concerne :

- une communauté, pour préciser son organisation, dans le cas où les activités communautaires sont peu visibles (par exemple peu de traces sur la réalisation du projet, § 4.1.6)) ;
- les enseignants choisis pour être suivis individuellement, pour comprendre les conditions d'organisation de leur travail, afin d'articuler nos outils méthodologiques avec leurs propres outils de travail.

Il s'agit d'avoir des données sur : leur expérience dans le domaine d'enseignement (nombre d'année, type d'établissement) ; le rôle de la technologie (la technologie en général et les TICE particulièrement) dans leur travail ; les modalités initiales de rencontres et d'échanges entre les membres de la communauté ; les conditions du travail de l'enseignant (ressources disponibles, matériels disponibles, engagement dans des collectifs professionnels).

Le questionnaire de positionnement est proposé au début de la période de suivi de la communauté. Comme il sera le premier contact avec les acteurs du terrain expérimental, il est précédé par l'envoi de la description écrite du projet à tous les membres du collectif, éclairant trois points : 1) justification du choix de la communauté ; 2) présentation du dispositif que nous pensons mettre en place ; 3) possibilité d'adaptation du dispositif à la suite de négociations éventuelles.

Ce questionnaire incite indirectement à une réflexivité sur les activités individuelles et communautaires : nous demandons en effet dans ce questionnaire une explicitation des faits, qui développe, par conséquent, une réflexivité. Nous adaptons ce questionnaire en fonction du terrain et de la visibilité de ses activités (si nous avons des données naturelles répondant à certaines de nos questions, nous ne les sollicitons pas dans ce questionnaire).

4.4.2 Questionnaire monde

A l'aide de ce questionnaire, nous essayons d'approcher des éléments du monde (§ 3.3.3) du professeur aussi que des caractéristiques du monde de la communauté (§ 3.4.4).

Le questionnaire est formé de quatre parties. Il prend en compte les quatre visions du professeur de mathématiques, structurant son monde : vision des mathématiques, vision de l'enseignement des mathématiques, vision du travail collectif et vision des TICE (§ 3.3.1). Elles sont abordées dans le questionnaire en fonction du temps (passé, présent, futur), et des formations et expériences vécues.

L'objectif de ce questionnaire est de :

- repérer ce qui est commun et ce qui propre dans les différentes visions des membres de la communauté ;
- réaliser une première approche du monde de la communauté et des différents mondes des professeurs faisant partie de cette communauté.

Ce questionnaire est une forme développée d'un questionnaire que nous avons conçu dans le cadre de notre mémoire de master (Sabra 2008). Nous nous sommes appuyés aussi sur d'autres questionnaires comme :

- un questionnaire à destination de membres (simples utilisateurs, ou contributeurs, ou impliqués dans le travail commun) de chacune des associations Sésamath, Weblettres et Clionautes (Gueudet et Trouche 2009c), qui éclaire l'aspect collectif du travail de l'enseignant : description des enseignants, de leur collectif, ainsi que leur apport à ce collectif ;
- un deuxième questionnaire élaboré dans le cadre du projet européen Mind the Gap, relatif aux usages, par les enseignants de sciences, d'un site de ressources (Hammoud 2009), qui renseigne sur les sources de documentation des enseignants, le type de ressources qu'ils recherchent et les usages qu'ils en font.

Le questionnaire comporte des questions ouvertes et des questions à choix multiples. Il peut aussi comporter des représentations schématiques (§ 4.3.3). Comme nous visons à approcher les visions (§ 3.3.1) des professeurs membres de la communauté, les questions posées sont formulées pour stimuler une réflexivité sur leurs propres activités : les questions ouvertes et les représentations schématiques demandées jouent un rôle majeur dans ce domaine.

Il est adressé à tous les membres de la communauté, pour repérer des évolutions, à deux reprises : au début et à la fin de la période de suivi. Nous adaptons naturellement ce questionnaire, en particulier les questions sur la vision du travail collectif, avant chaque mise en œuvre, pour prendre en compte au mieux les caractéristiques de la communauté étudiée.

4.4.3 Les représentations schématiques

Dans notre méthodologie, nous demandons des représentations schématiques. Elles sont des outils originaux de la méthodologie d'investigation réflexive (§ 4.1.3, Gueudet et Trouche 2010a). Nous les considérons comme des outils qui stimulent une réflexivité importante. Présentant des schémas tracés par des intellectuels et des chercheurs de différents domaines comme des *images de pensée*, Caraës et Marchand-Zanartu (2011) soulignent : *« La figure ne devient image de pensée qu'à condition d'être dans des exigences de relations où les signes fonctionnent entre eux »* (p. 11). Dessiner une représentation schématique demande une réflexion profonde sur les ressources, les activités et leur organisation. Les visions de l'acteur, qui permettent d'éclairer les schémas qu'il réalise, sont aussi sollicitées. Nous pouvons alors dire que les représentations schématiques reflètent en partie l'organisation des activités, la structure des ressources et les visions. Nous inférons de ces représentations schématiques des interactions entre le système de ressources et le système d'activité, qui sont croisées avec les autres données recueillies.

Les représentations schématiques sont chargées de la propre subjectivité des enseignants qui les dessinent, ainsi que de notre subjectivité : en effet nous formulons la question et nous répondons aux interrogations des enseignants. Il revient donc au chercheur de poser la question la plus claire et réduite possible qui permette à l'enseignant de rentrer facilement dans le jeu et réduise ainsi le plus possible les biais qui pourraient résulter des compléments d'explicitation de la tâche. Nous n'intervenons donc pas lorsque l'enseignant dessine sauf pour répondre à ses interrogations. Les traces de ces interrogations et de nos réponses sont enregistrées audio.

Nous demandons différents types de représentations schématiques :

Représentation Schématique du Système de Ressources (RSSR)

Cette représentation schématique, introduite par Gueudet et Trouche (2010b), est demandée aux enseignants suivis individuellement Nous leur demandons de dessiner cette représentation sur un papier suffisamment grand (format A3). Nous posons deux questions : *« Pouvez-vous faire des petits schémas pour décrire comment sont rangées vos ressources dans votre ordinateur (ou des ordinateurs), dans vos classeurs papiers, sur des plates-formes ou dans d'autres endroits éventuels ? Pouvez-vous mettre en relation ces différents schémas ?»*. Nous donnons la possibilité à l'enseignant de reprendre sa RSSR dans une période ultérieure de suivi.

Représentation Schématique des Interactions Communautaires (RSIC)

Cette représentation schématique est demandée aux enseignants ayant des rôles particuliers dans la communauté suivie (coordonnateur, concepteurs des ressources, testeurs des ressources dans la classe, etc.). Gueudet et Trouche (2010b) ont demandé le même type de représentation à des acteurs de différentes associations d'enseignants. Nous demandons cette représentation sur un papier A3. Nous posons la question suivante : *« Pouvez-vous faire une représentation schématique de la communauté en mettant en évidence votre place dans le projet dans lequel vous êtes impliqué ? »*. Par ailleurs, nous demandons aussi aux enseignants, dans le questionnaire professeur, de faire une représentation schématique de la structure interne de leur communauté, intégrant une explicitation des responsabilités de chacun des membres.

Représentation Schématique des Interactions Mathématiques (RSIM)

Les interactions mathématiques peuvent être vues de deux façons :

- les interactions avec les acteurs : nous demandons une représentation schématique aux enseignants suivis individuellement. Nous posons la question suivante : *« Comment représentez-vous les acteurs avec lesquels vous avez eu des échanges mathématiques cette année ? »* ;
- les interactions des mathématiques elles-mêmes avec les autres disciplines scientifiques : nous demandons aux enseignants dans le questionnaire monde (§ 4.4.2) de faire une représentation schématique de leur vision des liens entre les mathématiques et les autres disciplines scientifiques.

4.4.4 Journal de bord individuel

Le journal de bord, outil essentiel de la méthodologie d'investigation réflexive (§ 4.1.3), est destiné aux enseignants suivis individuellement. Il s'agit, pour eux, de prendre des notes sur leurs activités en classe et hors classe, individuelle et communautaire, pendant une période donnée. Nous demandons de donner précisément : l'horaire, le lieu, les protagonistes, les ressources utilisées (ce qui est produit, ce qui est archivé) et d'éventuels commentaires. Le journal de bord concerne les activités en lien avec une classe précise. Par ce journal de bord, nous visons à approcher le système d'activité de l'enseignant, suivi lié aux ressources mobilisées et produites par ces activités.

Le renseignement du journal de bord est un travail laissé à la charge de l'enseignant suivi individuellement. L'enseignant doit donc y voir un intérêt pour lui-même. Il revient au chercheur de proposer un journal de bord correspondant aux intérêts de l'enseignant, s'articulant avec ses propres outils et soutenant une certaine organisation de son travail. Ce journal de bord est conçu

et proposé à l'enseignant en fonction de ses réponses au questionnaire de positionnement (§ 4.3.1). Il sera ensuite négocié avec le professeur pour des adaptations éventuelles de ces rubriques.

Le journal de bord est un outil méthodologique qui incite à la réflexivité sur les activités. Il est associé à un recueil de données conçues et citées par l'enseignant. Nous demandons à l'enseignant de renseigner ce journal de bord sur plusieurs périodes de l'année, sur un temps suffisamment long pour repérer à la fois les régularités et la diversité des activités.

4.4.5 Entretien à domicile

Nous organisons des entretiens avec les enseignants suivis individuellement, à leur domicile, dans le lieu où l'on fait l'hypothèse que l'enseignant prépare son cours et conserve la plupart de ses ressources. L'objectif de cet entretien est la mise au jour – relative - du système de ressources individuel ainsi que des éléments de son système d'activité. De plus, nous nous intéressons à recueillir des données autour de ses visions (§ 3.3.1) ; dans ce but, nous posons des questions sous la forme « comment faites-vous » (Robert et Robinet 1996). Cette formulation pousse l'enseignant à expliciter sa documentation (sélection, combinaison et mise en œuvre des ressources). Nous situons donc cet entretien dans le cadre des *entretiens d'explicitation* (Vermersch 1994) qui s'intéressent au vécu et à l'activité du sujet.

Cet entretien forme une base sur laquelle nous nous appuyons pour orienter notre suivi de l'enseignant et adapter notre méthodologie. Des questions de temps seront évoquées (présent, passé et futur) incitant à une réflexivité sur des activités mémorisées, qui éclairent certaines visions de l'enseignant. Nous posons aussi des questions plus approfondies sur les deux ressources que l'enseignant considère comme les plus importantes. Nous concevons une grille pour cet entretien. Elle est inspirée de grilles réalisées dans le cadre d'un mémoire de master (Sabra 2008), mais aussi par celles réalisées dans d'autres recherches :

- la grille de Gueudet et Trouche (2009a) conçue pour étudier le travail documentaire de professeurs de lycée et de collège ;
- la grille de Margolinas et *al*. (2004) conçue à partir d'entretiens avec des enseignants des écoles ayant une expérience de moins de cinq ans, qu'ils interrogent sur leur travail de préparation de leurs classes en mathématiques.

Nous exploitons au cours de l'entretien la situation des *instructions au sosie* (Oddone *et al* 1981) : *« Dans le cadre d'un échange scolaire, vous partez à l'étranger un an, un sosie vous remplace, c'est quelqu'un qui a la même apparence que vous, 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'hypothèse est faite que, dans cette situation, l'enseignant sera conduit à expliciter beaucoup plus précisément les ressources de son enseignement et les usages qu'il en fait.

Cet entretien comporte des questions sur la communauté de laquelle l'enseignant fait partie : son rôle dans le projet commun, ses interactions avec les différents membres de la communauté.

Nous réalisons cet entretien au début et à la fin du suivi. L'entretien est enregistré en audio, sa durée prévue est de deux heures.

4.4.6 Petit Agenda du Suivi (PAS)

Le Petit Agenda de Suivi (PAS) est un outil conçu dans le but d'identifier les incidents communautaires (§ 3.7.3) au cours du processus de réalisation du projet commun. Il s'agit de repérer les incidents et d'analyser leur impact sur la documentation communautaire. Il est à renseigner par des membres de la communauté. Dans l'analyse préalable de la communauté (§ 4.1.4), nous identifions des rôles différenciés de certains membres. Nous sollicitons certains parmi eux, ayant un engagement fort dans la communauté, pour le renseignement du PAS. Nous demandons de noter dans ce PAS ce que le membre estime être un incident. On fait l'hypothèse que les incidents sont perçus différemment par les membres du collectif en fonction de leur rôle. C'est pour cela qu'il est intéressant que plusieurs membres, ayant des rôles différenciés, renseignent le PAS. Nous confronterons ensuite les différents PAS.

Le PAS est formé de plusieurs rubriques (tableau 3) qu'il s'agit de renseigner pour chaque incident :

- une description de l'incident ;
- les acteur(s) et fait(s) jouant un rôle dans l'incident. Ils peuvent être un membre, les institutions, les membres dans le cadre d'un autre projet ou autres ;
- la (les) décision(s) prise(s) pour faire face à cet incident : prises d'initiatives, activités, propositions (ou modifications) de ressources ;
- effets de l'incident : certains effets de l'incident sont observables directement après l'incident et d'autres après un certain moment. Il y a plusieurs types d'effets pour l'incident : une renégociation du projet, changement de l'organisation de la communauté, etc. ;
- trace des incidents : nous demandons dans la mesure du possible d'appuyer les réponses par des traces matérielles (mels, une fiche, copies d'écran, sites, vidéos, etc.

Incident	Acteur(s)/ facteurs/ faits	Décision(s) prise(s)	Effets de l'incident	Traces	Autres

Tableau 3. Les différentes rubriques du PAS

Le renseignement de PAS suppose une réflexivité importante sur l'activité communautaire. Par ailleurs, les données recueillies sont chargées de la subjectivité des enseignants : dans l'analyse de ces données, nous prendrons donc en compte le rôle identifié du membre de la communauté.

La dévolution aura lieu lors d'un entretien avec l'acteur. Nous présentons le PAS en nous appuyant sur une fiche descriptive qui sera laissée à l'enseignant (Annexes 13 et 14). Elle contient : les objectifs du PAS, comment renseigner le PAS et une définition des différentes rubriques du PAS. Nous lui proposons le PAS en laissant les possibilités de l'adapter en fonction de ses besoins et ses propres outils de travail. Nous récupérerons le PAS trois fois dans l'année.

4.4.7 Journal de bord collectif

Le but du journal de bord collectif est de repérer des activités individuelles ou collectives des membres dans le cadre de la réalisation du projet commun. Il est une forme adaptée de celui qui a été conçu dans la recherche sur le projet Pairform@nce[20], à destination des formateurs (Soury-Lavergne et *al.* 2011).

[20] Pairform@nce, programme de formation continue des enseignants, comporte un répertoire de parcours de formation en ligne, Ministère de l'Education nationale http://www.pairformance.education.fr/

Les activités que nous demandons de préciser dans ce journal de bord peuvent concerner deux personnes, un sous-groupe du collectif ou tous les membres du collectif. Nous demandons aussi de : noter le timing de ces activités ; citer les ressources utilisées et les ressources produites ; des commentaires éventuelles.

Il est souhaitable que ce journal de bord collectif soit accessible à tous les membres du collectif (par exemple : en ligne sur une plate forme) pour être rempli collectivement. Cette disposition permet au journal de bord d'être ajusté ou complété par tous les membres du collectif. Nous recueillons l'ensemble des ressources citées dans ce journal de bord.

4.4.8 Des observations de classe

Nous effectuons des observations des séances de classe avec les enseignants suivis individuellement. Nous laissons à l'enseignant le choix de la nature de la séance (séance d'introduction d'une notion, préparation d'un problème, d'une activité…) à condition que ça soit dans un thème du domaine d'analyse. Les objectifs de cette observation :

- observer le processus de mise en œuvre d'un document construit par l'enseignant ;
- repérer les réactions des élèves. Ces réactions auront éventuellement des effets sur un nouvel usage des ressources en jeu ;
- inférer des KM et KE du professeur lors de son activité didactique (niveau 0).

Les observations seront précédées et suivies par des entretiens, pour repérer l'écart entre ce qui est visé et réalisé effectivement.

Les observations de classe sont filmées. Dans le cas de difficulté de filmer la séance de classe, elle sera enregistrée en audio et nous renseignons une grille d'observation qui prend en compte :

- l'organisation et la configuration de la classe ;
- l'activité du professeur et des élèves ;
- les ressources mobilisées par les professeurs et les élèves ;
- les gestes et comportements particuliers du professeur ;
- les écarts au prévu ;
- commentaires et remarques éventuels.

Nous recueillons les ressources conçues et mobilisées pour et durant la séance observée.

4.5 La construction du terrain de recherche

Les outils méthodologiques présentés (§ 4.4), sont mis en œuvre au cours de plusieurs périodes de suivi en fonction de l'analyse préalable du terrain expérimental. Nous précisons dans ce qui suit nos choix de terrains de recherche de deux points de vue : le point de vue du contenu mathématique, et le point de vue des communautés de pratique sollicitées

4.5.1 Le choix de l'analyse mathématique

Nous abordons l'articulation entre le travail documentaire individuel et le travail documentaire communautaire en privilégiant un domaine mathématique précis : l'analyse. Deux considérations motivent ce choix.

La première raison est liée au fait que l'analyse est le cœur de l'enseignement mathématique au lycée, et que cet enseignement est considéré comme difficile (Bloch 2002). Pour surmonter cette difficulté, beaucoup de travaux ont été menés en didactique, envisageant différentes entrées : entrées par la modélisation de phénomènes physiques (Legrand 1991) ou par la problématique des grandeurs comme le groupe « Analyse Heuristique de l'Analyse » (Bolly et *al.* 1999). Cette difficulté et la diversité des entrées possibles pourraient induire un travail documentaire et des échanges plus soutenus des enseignants, avec des risques d'incidents plus nombreux.

La deuxième raison est liée aux outils technologiques mobilisés par l'enseignement des mathématiques au lycée. Les calculatrices, largement utilisées par les élèves, ont des potentialités qui ont encore été très développées, particulièrement pour l'enseignement de l'analyse, calcul approché, calcul formel, nombreuses possibilités de représentation de fonctions. De nombreux travaux (par exemple : Trouche 1997 ; Guin et Trouche 2002) ont étudié ces potentialités, les ouvertures et les difficultés qu'elles constituaient pour le travail des élèves et des enseignants.

L'implication dans des communautés d'enseignants de mathématiques, donne accès, pour le professeur, à des ressources qu'il peut mobiliser pour faire face aux difficultés d'enseignement d'une notion d'analyse donnée. Il suscite en même temps des difficultés liées à la sélection et à la combinaison de ces ressources, et à leur mise en œuvre dans sa classe. Ce domaine constitue donc un domaine propice pour étudier nos questions de recherche.

4.5.2 Le choix de deux communautés contrastées

Nous avons fait le choix de deux formes de communauté :

- une communauté institutionnelle : un ensemble d'enseignants de mathématiques en classes scientifiques dans un lycée au moment où celles-ci ont été dotées d'un environnement technologique complexe pour préparer l'épreuve pratique de mathématiques du baccalauréat. L'intégration de cette technologie suppose une réorganisation des activités et restructuration des ressources, individuelles et communautaires. Il s'agit d'une communauté qui s'est forgée à l'intérieur d'un établissement scolaire pour répondre à une demande institutionnelle. Nous testons sur ce terrain notre méthodologie pour le recueil de données. Ce test nous permettra de développer ces outils méthodologiques pour l'adapter ensuite à notre deuxième terrain ;
- une communauté associative : l'association *Sésamath*, association en ligne des enseignants de mathématiques, fondé en 2001. Elle a comme objectif de mettre à disposition des enseignants des ressources en ligne libres et gratuites. Nous suivons dans le cadre de cette association une communauté réunie autour d'un projet de conception de manuel pour la classe de seconde. C'est une communauté qui s'est forgée à l'extérieur des établissements scolaires ; l'intégration à cette communauté relève du seul choix des enseignants.

Ces deux terrains ont trois points communs qui ont motivé notre choix : les projets développés dans ces deux contextes sont cruciaux pour les documentations individuelle et communautaire ; les deux communautés existent indépendamment de notre travail de recherche ; nous avons engagé notre recherche au début du développement de chacun des deux projets.

4.6 Conclusion du chapitre

Notre construction méthodologique est basée à la fois sur une réflexion étroitement liée à notre cadre théorique (§ 4.1) et sur des principes adaptés à nos questions de recherche (§ 4.2).

Nous avons prolongé la méthodologie d'investigation réflexive, conçue pour le suivi de la documentation individuelle des enseignants, vers une méthodologie suscitant une réflexion sur les activités communautaires (§ 4.1.3). Nous mettons cette méthodologie à l'épreuve sur deux terrains expérimentaux complémentaires (§ 4.5), pour étudier la documentation des enseignants dans le champ de l'analyse mathématique Ce prolongement méthodologique a engagé le développement : d'une nouvelle notion, le contrat méthodologique (§ 4.2.1) ; d'une nouvelle méthode, « l'analyse préalable du terrain expérimental » (§ 4.1.4) ; de nouveaux outils, comme le PAS (§ 4.4.6).

Nous mettons en œuvre, dans les sections suivantes (§ 5.1 et § 7.1), nos outils méthodologiques en prenant en compte l'analyse préalable de chacun des deux terrains expérimentaux. Ils nous permettent de recueillir, au cours du temps, d'une façon simultanée : des données sur les activités individuelles et communautaires ; et des ressources mobilisées et produites par ces activités. Ces données sont croisées, permettant ainsi de bénéficier de plusieurs angles de vues sur les processus en jeu.

Pour l'analyse des données recueillies, nous concevons (voir chapitres 5 et 7) des méthodologies d'analyse reposant sur des grilles, notamment pour le suivi du développement des communautés et pour l'analyse des ressources qu'elles conçoivent. La méthodologie d'analyse est adaptée d'un terrain à l'autre, prenant en compte à la fois les problèmes apparus sur le premier terrain, les différences entre les communautés et les différences entre les projets.

Partie B. Premier terrain expérimental, le projet comTec

Chapitre 5. Le projet comTec, présentation et méthodologies

Le lycée Poincaré constitue notre premier terrain expérimental exploré durant l'année 2008/2009. Nous y avons développé notre méthodologie pour le suivi de la documentation communautaire, dans une perspective de conception dans l'usage.

Nous débutons ce chapitre par une analyse préalable de ce terrain, en présentant la technologie *n*spire et le projet commun qui réunit les acteurs (§ 5.1). Nous décrivons ensuite la construction de notre expérimentation (§ 5.2). Nous continuons par la présentation des outils méthodologiques que nous avons mis en œuvre sur ce terrain expérimental (§ 5.3), le processus de leur mise en œuvre et les ajustements qui ont eu lieu en fonction des contraintes rencontrées (§ 5.4). Après le découpage de la période de suivi de la documentation communautaire en deux parties en fonction d'un incident documentaire communautaire (§ 5.5), nous présentons ensuite la méthodologie d'analyse : la méthodologie d'analyse de la documentation communautaire (§ 5.6) et la méthodologie d'analyse de la documentation individuelle d'un enseignant de la communauté (§ 5.7).

5.1 Analyse préalable du terrain du projet comTec

L'analyse préalable porte sur l'enjeu de l'intégration technologique dans le lycée Poincaré et sur ses acteurs. Nous présentons d'abord la technologie *n*spire et le projet comTec (§ 5.1.1), puis les acteurs impliqués (§ 5.1.2).

5.1.1 La technologie TI-nspire et le projet comTec

Le lycée Poincaré (nom que nous avons choisi pour le désigner[21]) est un lycée de centre ville, il fait partie d'un groupe scolaire qui intègre aussi un collège. La société Texas Instruments, dans le cadre d'un contrat avec l'INRP et l'inspection générale de mathématiques (Aldon et Sabra 2009), a équipé les classes scientifiques de ce lycée de calculatrices et logiciels TI-*n*spire.

La calculatrice et le logiciel TI-*n*spire appartiennent à une nouvelle génération de calculatrices nomade et de logiciels compatibles, c'est-à-dire permettant de commencer un travail sur la calculatrice, de le sauvegarder, de le transférer et de poursuivre le travail sur ordinateur et réciproquement. C'est cette potentialité que nous appelons la *solution duale*. Les possibilités de sauvegarde et d'organisation des données de la calculatrice, sur le modèle de l'arborescence d'un ordinateur, confèrent en particulier à cette calculatrice les propriétés d'un support de ressources numériques pour l'enseignant. Les applications présentes recouvrent la majeure partie des logiciels utilisés dans la classe de mathématiques : calcul formel et approché, tableur, géométrie dynamique, grapheur. Toutes ces applications communiquent entre elles. La calculatrice inclut également des possibilités de programmation permettant, notamment d'élargir les bibliothèques

[21] Ce lycée a aussi servi de terrain d'étude à la thèse de Gilles Aldon (2011), qui a choisi de le dénommer le lycée A (voir aussi § 3.7.2).

de fonctions disponibles. TI-*n*spire donne la potentialité de passage d'une application à une autre, comme elle permet la projection sur un écran et le fonctionnement en réseau. Le logiciel permet quant à lui de simuler la calculatrice sur ordinateur. L'ensemble de ces potentialités sera nommé la technologie *n*spire dans la suite de ce texte.

La société Texas Instruments a proposé d'équiper des élèves des classes scientifiques et d'apporter une aide technique pour la prise en main de ce matériel à plusieurs lycées. Cette proposition n'a pas été acceptée par plusieurs des lycées contactés, en raison de la « complexité » de cette technologie. Le lycée Poincaré a quant à lui accepté, après sollicitation de l'Inspection Générale de mathématiques et sous l'impulsion de l'un des professeurs, nommé Jean dans la suite. Jean, le coordinateur de mathématiques[22] au lycée Poincaré, est en effet un expert de TI-*n*spire. Il fait partie de l'équipe de recherche e-coLab (Aldon et *al.* 2008) constituée pour suivre les premières expérimentations de cette calculatrice ainsi que pour la conception de ressources adaptées à cette technologie. Jean a piloté des stages de formation interne au lycée. Ces formations avaient comme objectifs l'apprentissage du fonctionnement de la technologie *n*spire et son intégration dans le cadre de la classe de mathématiques.

Ce lycée s'est donc engagé à participer à cette expérimentation à large échelle. Les enseignants de première S et de terminale S ont accepté cette expérimentation dans leurs classes. Notre étude porte sur le suivi de la communauté formée des dix professeurs de mathématiques enseignant en classe de terminale scientifique. Le projet *commun* autour duquel sont réunis ces enseignants est l'expérimentation de la technologie *n*spire, considérée par eux, à l'origine, comme une *technologie complexe*. C'est pour cela que nous nommons ce projet dans le cadre de cette thèse, le projet comTec (de « complex Technology » au départ de l'expérience à « common Technology » au terme de ce défi commun). Nous faisons l'hypothèse que le succès de l'intégration professionnelle de cette technologie suppose une réorganisation des activités et une restructuration des ressources, individuelles et communautaires, ce qui en fait un bon cadre pour l'étude des questions de recherche qui fondent cette thèse.

5.1.2 Le positionnement des acteurs concernés par comTec

Il n'a pas été facile de réaliser les premiers repérages de l'activité commune des enseignants impliqués dans le projet comTec. Pour préserver leur liberté de parole, dans un moment critique de leur activité professionnelle, ils n'ont pas accepté la présence d'observateurs extérieurs dans les premières réunions du projet. Le lycée Poincaré ne disposant pas d'espace numérique de travail, nous n'avons pas eu accès non plus à des forums autour du développement du projet. Sous ces contraintes, nous ne disposions que du questionnaire de positionnement (§ 4.4.1) pour approcher l'organisation de la communauté.

Ses questions portent sur :

- le nombre d'années d'enseignement ;
- l'utilisation de la technologie pour des besoins extra-professionnels, ainsi que pour la préparation des cours et l'utilisation en classe ;
- le rôle de la technologie dans leur travail d'enseignement ;

[22] Nommé Pierre dans la thèse de Gilles Aldon (2011). Le coordinateur des mathématiques dans un lycée en France est chargé : d'assurer des rapports entre le chef d'établissement et les enseignants des mathématiques dans cet établissement ; de représenter les enseignants des mathématiques dans le conseil d'administration du lycée ; il gère l'avancement des enseignements dans les différents classes au lycée.

- les modalités des réunions et rencontres entre les enseignants ;
- les échanges (notamment de ressources) entre les enseignants.

Nous avons eu huit retours (sur dix professeurs concernés). Ces enseignants s'avèrent posséder une longue expérience professionnelle, entre 19 ans et 36 ans (avec une moyenne de 28 ans) d'enseignement. Ils ont entre six et dix-neuf ans d'ancienneté dans l'établissement (avec une moyenne de 10 ans), ce qui traduit une stabilité de ce collectif.

Les enseignants utilisent la technologie pour des besoins extra-professionnels (messagerie, Internet et logiciels de traitement de texte), mais avec des fréquences différentes : rarement pour certains (4 enseignants), d'autres d'une façon plus régulière (2 enseignants) et pour quelques-uns, une utilisation quotidienne (2 enseignants).

En ce qui concerne l'utilisation de la technologie dans leur travail d'enseignement, la majorité des enseignants font preuve d'une faible utilisation de la technologie dans la préparation de leurs cours (Encadré 2)). Chez ceux d'entre eux qui utilisent la technologie pour la préparation du cours, les outils technologiques et la fréquence de leur utilisation varient de façon importante d'un enseignant à l'autre : *« Word, Cabri (avant nspire)… assez peu souvent depuis 10 ans » ; « Calculatrices depuis 32 ans » ; « Traitement de texte et tableur pour les cours ».* Deux enseignants reconnaissent un intérêt de la technologie dans leur travail de conception de ressources : *« aide à l'élaboration conjointe de ressources diverses et à leur partage »* ; *« clarté des fiches fournies aux élèves (cours et exercices) ».*

Utilisation de la technologie pour la préparation des cours (Questionnaire de positionnement)

Oui	Peu	non
3	2	3

Encadré 2. Utilisation de la technologie pour la préparation des cours

L'utilisation des TICE en classe ne dépasse pas l'utilisation simple du tableur (2 enseignants) et, pour quelques enseignants, des calculatrices, plus particulièrement les calculatrices graphiques (2 enseignants). Le rôle des TICE dans leur travail d'enseignement est « *modeste* » et sert à élaborer des conjectures pour les uns, ou joue un rôle de vérification pour les autres : *« Un rôle d'investigation pour émettre des conjectures, un rôle de vérification » ; « Outil de conjecture et de contrôle » ; « Aide importante pour les conjectures et la vérification de vraisemblance des réponses (pour les élèves)… » ; « Logiciels mathématiques et calculatrices : aide à la découverte d'une notion, à l'apprentissage, à l'anticipation, à la découverte de conjectures, à leur test, … ».*

Les réunions entre les enseignants du lycée sont presque exclusivement des réunions institutionnelles (conseils d'enseignement, conseils de classe,…). Les rencontres, en général, sont des rencontres occasionnelles entre enseignants, peu institutionnalisées et plutôt informelles : *« Peu nombreux ; Peu souvent ; Non ; oui, surtout des échanges informels, avec les collègues enseignant dans les mêmes classes que moi » ; « Pas d'échanges véritable pour la préparation des cours…. ».* En revanche, dès le début de l'année, les échanges se sont intensifiés à l'occasion des formations internes au lycée organisées autour de la technologie *n*spire : *« Les échanges se limitent à des productions dans le cadre de TI-nspire et se font par mel » ; « surtout des échanges informels, avec les collègues enseignant dans les mêmes classes que moi ; et envoi*

par mel des TP de TI-nspire réalisés » ; « par mel ou papier, malheureusement parfois à sens unique avec certains collègues ».

Nous dégageons de l'analyse du questionnaire de positionnement que les enseignants concernés ont une longue expérience d'enseignement. A l'exception de Jean, ils ont une faible intégration de la technologie en général et des TICE en particulier dans leur enseignement. Les réunions et rencontres entre collègues sont occasionnelles et essentiellement en réponse à des obligations institutionnelles, ce qui induit naturellement des échanges et mutualisation (des idées, de ressources et d'expériences) faibles entre les enseignants.

Gilles Aldon (2011), chercheur impliqué dans le projet e-CoLab, était aussi engagé dans une thèse concernée pour partie par ce terrain d'étude. Il s'est intéressé plus particulièrement aux interactions entre les professeurs et les élèves dans la salle de classe. Nous avons aussi considéré Aldon comme un acteur engagé dans le projet comTec au sens du contrat méthodologique (§ 4.2.1) et avons échangé régulièrement au long de notre recherche sur les données recueillies et les résultats qui pouvaient en être tirés.

5.1.3 Conclusion de l'analyse préalable

L'engagement des enseignants dans le projet comTec constitue une implication dans un projet incertain vis-à-vis de leurs pratiques : l'utilisation de la technologie *n*spire suppose un saut « brusque » du point de vue des connaissances et des ressources. Par ailleurs, les échanges entre les enseignants, au début de projet, sont faibles, les outils de travail pour des finalités collectives font défaut. Le rôle particulier d'un acteur, Jean, double ressource potentielle (coordonnateur mathématique du lycée et expert de la nouvelle technologie à intégrer) sera mis à profit pour suivre l'évolution du collectif. Des informations supplémentaires pourront être obtenues via une autre étude conduite sur ce terrain au même moment (Aldon 2011).

5.2 Construction du terrain du projet comTec

Nous présentons ici notre première prise de contact avec les acteurs du projet comTec. L'objectif de cette rencontre était à la fois d'expliciter le contrat méthodologique et de choisir un enseignant impliqué dans le projet comTec pour suivre sa documentation individuelle. Après la formation permettant la prise en main de la technologie *n*spire, nous avons sollicité les membres de la communauté pour un suivi individuel et l'autorisation d'observation en classe. Nous avons également demandé un rendez-vous avec l'ensemble des membres du collectif pour présenter notre projet de suivi. La réunion s'est déroulée dans une salle au lycée. Etaient présents : les enseignants des classes de terminale au lycée, Jean et Gilles Aldon. Nous avons présenté notre projet de recherche, en ouvrant la possibilité aux enseignants de le négocier. Dans le but d'expliciter le contrat méthodologique (§ 4.2.1) à établir avec les acteurs, nous avons envoyé, après la réunion, une lettre aux enseignants (Annexe 1). Nous y précisions notre volonté d'observer les conditions de viabilité de la technologie *n*spire dans leurs classes, sans perturber l'organisation habituelle de leur travail. Nous mentionnions qu'il y aurait des questionnaires tout au long de la période de suivi et explicitions notre intérêt pour participer à leurs propres réunions, toujours comme observateur extérieur, dans la mesure du possible. Nous indiquions que nous étions ouverts à leurs propositions pour engager d'autres formes éventuelles de suivi.

Pour le suivi individuel, un enseignant, nommé Alexis dans la suite, a accepté la collaboration et notre présence dans ses classes pour réaliser des observations. Nous avons conçu et envoyé à

Alexis un projet de suivi détaillé (Annexe 2), en lui donnant la possibilité de négocier son contenu. Nous avons présenté nos outils méthodologiques pour le suivi individuel avec un calendrier sur l'année. Gilles Aldon (2011) a suivi une enseignante, nommée Marie dans la suite, qui a aussi accepté notre présence dans ses classes.

Au regard de la difficulté d'accès aux échanges communautaires, nous avons mis en place un forum privé (accessible aux acteurs et à nous-mêmes). Le but de ce forum était de repérer des traces d'échanges et de mutualisation de ressources entre les membres du collectif.

Durant l'année de suivi, le lycée organisait l'Épreuve Pratique de Mathématiques (EPM) au baccalauréat[23]. Nous pensons que l'EPM constitue un contexte propice pour des incidents documentaires individuel et communautaire pour deux raisons :

- l'organisation de l'EPM suppose un travail collectif de la part des enseignants pour réussir sa passation au lycée (partage des tâches, choix des sujets à donner aux élèves, fixation des modalités d'évaluation, etc.). Cet événement institutionnel constitue pour nous une occasion de suivre différentes modalités d'échange entre les membres du projet comTec ;
- la technologie *n*spire est fortement présente dans cette EPM, parce qu'elle est la seule utilisée par les élèves (du fait du choix des enseignants). Ainsi, la réussite de l'EPM demande une mobilisation importante de cette technologie par les enseignants dans leur documentation.

Nous disposions donc d'un enseignant, membre de comTec, pour le suivi de sa documentation individuelle et nous avons mis en place un forum pour le suivi d'échanges et de mutualisation de ressources entre les membres. Notre objectif était alors de suivre de plus près l'organisation et la passation de l'EPM au lycée. Nous présentons dans ce qui suit les outils méthodologiques conçus pour la mise en œuvre du suivi de comTec.

5.3 Les outils méthodologiques mis en œuvre sur ce terrain expérimental

Le terrain du projet comTec constitue de fait un terrain test pour développer notre méthodologie. Certains outils méthodologiques, parmi ceux présentés dans le chapitre 4, n'étaient pas développés à ce moment de l'étude comTec, mais ils en sont le produit.

Avant l'exposition des différents outils méthodologiques mis en œuvre sur le terrain du projet comTec, nous notons que le forum privé (§ 5.2) n'a pas fonctionné. Nous rendons ceci à deux facteurs :

- les enseignants expérimentateurs se rencontrent quasiment chaque jour au lycée où ils échangent d'une façon formelle (lors des réunions) ou informelle ;
- ils ont aussi une faible prise en main de la technologie extra-professionnelle (§ 5.1.2).

[23] Une épreuve pratique des mathématiques a pour objectif d'évaluer les capacités des élèves à s'engager dans une démarche expérimentale. Dans un rapport institutionnel (Fort 2007), on note : *« L'objectif de l'épreuve est d'évaluer les compétences des élèves dans l'utilisation des calculatrices et de certains logiciels spécifiques en mathématiques. Il s'agit d'évaluer chez les élèves la capacité à mobiliser les TICE pour résoudre un problème mathématique. Les sujets proposés aux candidats sont des exercices mathématiques où l'utilisation des TICE (calculatrice graphique programmable, ordinateurs et logiciels spécifiques, tableurs, grapheur tableur, géométrie dynamique, calcul formel) intervient de manière significative dans la résolution du problème posé »* (p. 6).

Ces deux facteurs nous ont conduit à conclure que le forum privé n'était pas viable dans l'environnement du travail des enseignants expérimentateurs, ce qui justifie son non fonctionnement.

Nous décrivons les outils méthodologiques sans distinguer systématiquement suivi individuel et communautaire, tant ces suivis sont en interrelation profonde.

Questionnaire « monde du professeur »

Ce questionnaire est à destination de tous les membres de la communauté (Annexe 10). Nous l'avons mis en œuvre deux fois, au début et à la fin de l'année de suivi. Nous voulons approcher ainsi des formes de convergence, divergence, éloignement ou rapprochement des visions de l'ensemble des enseignants expérimentateurs. Par une analyse croisée des questionnaires 1 et 2 renseignés par Alexis, et des données fournies par les outils de suivi rapproché (cf. ci-dessous), nous approchons son monde, nous repérons aussi des éléments de son système de ressources ; son rapport à la technologie, en particulier la technologie *n*spire et sa participation au travail collectif mené pour la réalisation du projet commun.

Journal de Bord

Le journal de bord (§ 4.4.4, Annexe 12) est à destination d'Alexis. Il s'agit de prendre des notes de toutes ses activités, en particulier celles qui concernent les utilisations de la technologie *n*spire. Nous lui avons demandé de noter ses activités dans sa classe de terminale Scientifique et de renseigner le journal de bord pendant deux semaines. Alexis a renseigné le journal de bord sur trois périodes de l'année.

Petit Agenda de Suivi

Cet agenda de suivi est demandé à Jean, enseignant jouant un rôle particulier dans le collectif pour plusieurs raisons : il est expert dans l'utilisation de la technologie *n*spire, l'instigateur du projet au lycée (§ 5.1.1) et coordinateur de mathématiques. De ce fait, son regard sur le projet comTec et la vie du lycée lui donne une potentialité particulière, manquante chez les autres enseignants expérimentateurs pour renseigner le Petit Agenda de Suivi (PAS).

La première mise en œuvre du PAS a eu lieu sur le terrain du projet comTec. Pour cette première mise en œuvre, le PAS n'était pas détaillé en différentes rubriques. Il était formé, pour chaque incident documentaire, d'une page blanche en laissant la liberté totale à Jean de choisir la façon dont il le présentait (le PAS mis en œuvre sur le terrain comTec est dans l'annexe 13). Nous avons présenté l'incident documentaire pour Jean, comme des événements et circonstances : *« Quel type d'événement noter ? Evénements brusques qui coupent la routine du travail du groupe des enseignants (on pourra préciser si les effets de cet événements sont durables, répétitifs…) ; des circonstances qui ont poussé les enseignants à penser autrement leur travail (personnel ou avec le groupe) ; des propositions particulières (de Jean, d'un collègue, de quelqu'un de l'extérieur du groupe) qui ont des échos au sein du groupe ; autre événement jugé important par Jean, du fait de son expérience ! Le plus simple est de décrire l'événement sur une seule page (modèle proposé ci-dessous). S'il y a des traces de l'événement (mels, une fiche, copie d'élève, copies d'écran ou autres…), ce serait bien sûr utile, dans la mesure du possible, de les stocker dans le PAS ».* Cette façon de présenter l'incident qu'a Jean constitue un effet du contrat méthodologique (§ 4.2.1). Les données notées dans le PAS sont à relever mensuellement,

afin d'assurer une certaine continuité dans les données du suivi de la documentation communautaire.

Observation de classe

Nous avons observé une séance de classe d'Alexis. Dans cette observation, nous avons laissé la liberté à Alexis de choisir la nature de la séance et les modalités de sa mise en œuvre, à condition qu'elle s'inscrive dans le domaine d'analyse et qu'il y ait une utilisation de la technologie *n*spire dans cette séance. L'observation a été précédée d'un entretien dans lequel l'enseignant a expliqué ses choix, l'observation a également été suivie d'un entretien à chaud. Cette observation a pour objectifs :

- de suivre l'utilisation didactique que l'enseignant met en place de la technologie *n*spire ;
- d'observer la mise en œuvre des ressources conçues par Alexis pour l'utilisation de la technologie *n*spire dans la salle de classe ;
- d'inférer des KM et KE à partir de son observation directe en action.

Nous avons pensé une réalisation de cette observation au cours du deuxième trimestre de l'année, en faisant l'hypothèse qu'à ce moment de l'année, les élèves et le professeur auraient dépassé la phase de prise en main et de première appropriation de la technologie *n*spire.

Entretien à domicile

Nous avons organisé l'entretien à domicile (§ 4.4.5) avec Alexis, au début de la période de suivi. Nous essayions, durant cet entretien, de repérer des éléments sur la documentation communautaire, en orientant certaines des questions sur les activités communautaires, en particulier celles liées à l'utilisation de la technologie *n*spire.

Les représentations schématiques

Nous avons demandé diverses représentations schématiques :

- pour Alexis, des RSSR (Représentation Schématique du Système de Ressources, § 4.4.3), une première fois au début de l'année et une deuxième fois à la fin de l'année. La deuxième fois, nous avons proposé à l'enseignant de marquer des changements sur un papier calque pour repérer des évolutions potentielles en rapport avec le projet comTec ;
- pour l'ensemble des enseignants impliqués, deux représentations schématiques dans les questionnaires 1 et 2 : la première pour approcher la vision des mathématiques en rapport avec les autres disciplines scientifiques, c'était la version test de ce qui est devenue la RSIM (Représentation Schématique des Interactions Mathématiques, § 4.4.3) ; la seconde sur les relations entre l'ensemble des enseignants expérimentateurs au lycée, c'était la version test de ce qui est devenue la RSIC (Représentation Schématique des Interactions Collectives, § 4.4.3).

Nous avons essayé, par ces représentations schématiques, de marquer les évolutions en rapport avec le projet comTec.

Recueil de ressources individuelles et communautaires

A travers la mise en œuvre des outils méthodologiques cités ci-dessus, nous avons essayé de recueillir des ressources utilisées et produites, les notes dans le journal de bord et traces corroborant les notes du PAS ; les échanges et ressources mutualisées sur le forum (§ 5.2) ainsi que la ressource conçue pour l'observation de classe. Durant l'entretien à domicile, nous avons demandé à l'enseignant d'expliciter l'histoire de deux ressources recueillies.

Les outils méthodologiques supposent naturellement une mise en œuvre organisée temporellement. Nous présentons cette structure dans ce qui suit.

5.4 Processus de mise en œuvre de la méthodologie sur comTec

La mise en œuvre de la méthodologie est délicate, du fait à la fois de la complexité de la nouvelle technologie, et de la volonté de respecter le contexte ordinaire du travail des professeurs. Cette méthodologie a été ajustée tout au long du suivi du projet, suivant le principe de conception dans l'usage (§ 4.2.3). Des données sont manquantes, du fait de la difficulté d'accès aux échanges directs des acteurs du projet.

La mise en œuvre des outils méthodologiques devait s'organiser autour d'une structure sur trois périodes de l'année, avec des données mensuelles recueillies par le PAS (figure 7).

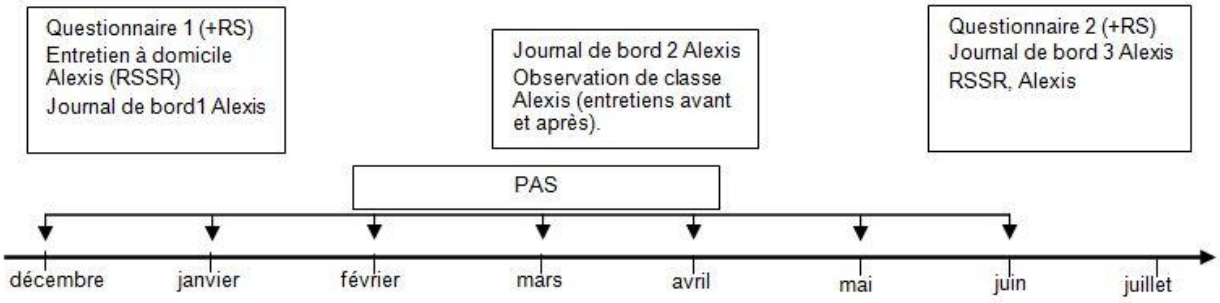


Figure 7. Structure de la méthodologie projetée sur le terrain du projet comTec

Les enseignants avaient une expérience limitée de la technologie en général. Or l'envoi et le retour des questionnaires ont eu lieu par courriel, générant ainsi des difficultés pour le renseignement du questionnaire pour la plupart des enseignants. Nous les avons relancés plusieurs fois afin d'obtenir des réponses. De même, les représentations schématiques demandées dans le questionnaire n'ont pas été faites, du fait de difficultés d'utilisation du logiciel de traitement de texte. En conséquence, il y a eu un retard général dans la mise en œuvre de la méthodologie et les demandes de représentations schématiques dans le questionnaire 2 ont été remplacées par des questions.

Le questionnaire 1 proposé a provoqué une certaine hésitation chez certains enseignants. Ils se sont sentis mis en cause à travers ce questionnement. Nous avons envoyé une lettre à tous les enseignants (Annexe 4) pour clarifier et bien situer le questionnaire dans notre observation globale. La partie implicite du contrat, lié à « ce que peut contenir le questionnaire comme questions », a suscité une renégociation du contrat, ce qui nous a poussés à l'expliciter davantage dans cette lettre (Annexe 4).

Nous avons demandé à Jean de renseigner le PAS. Du fait des interactions souvent informelles et limitées entre enseignants, il a rencontré des problèmes pour remplir cet agenda : accès difficile aux informations, suivi impliquant une investigation de sa part souvent difficilement compatible avec ses engagements et responsabilités partagés (Lycée Poincaré, IREM et autres équipes professionnelles). Le PAS n'était pas donc viable dans l'environnement de travail de Jean et il n'était pas compatible avec ses propres outils de travail. Nous avons remplacé ce PAS par des bilans de différents types (courriels, contacts téléphoniques, discussions) et un Questionnaire Baromètre Mensuel (QBM) qui a été conçu et renseigné par l'ensemble des professeurs fin février (1 seul questionnaire de ce type, vu la possibilité de suivi de l'EPM sur place qui a eu lieu ultérieurement, description dans le paragraphe suivant). Le QBM avait pour but de remplacer d'une certaine façon le PAS pour repérer des traces dans l'évolution d'une part, de la documentation communautaire et d'autre part des activités communautaires. Il était destiné à tous les membres de la communauté.

Par ailleurs, l'observation et le suivi de l'organisation de l'EPM au lycée Poincaré n'ont été rendus possibles qu'à partir du moment où les enseignants ont accepté notre présence discrète et notre regard à la fois sur l'organisation et la passation de l'épreuve. Le suivi de l'EPM était constitué autour de trois étapes :

- avant l'EPM expérimentale : suivi de la réunion des enseignants pour l'organisation de la journée, et les critères de choix de sujets ;
- la journée de l'EPM : accompagnement des professeurs tout au long de la journée sans possibilité de filmer ou d'enregistrer audio, du fait du caractère institutionnel de l'épreuve, liée au baccalauréat ;
- après l'EPM, suivi des réactions des enseignants par différents outils : bilan avec Jean, questionnaire 2.

Prenant en compte les contraintes et les éléments nouveaux issus du terrain, nous avons alors réajusté la structure de la méthodologie comme présenté dans la figure 8.

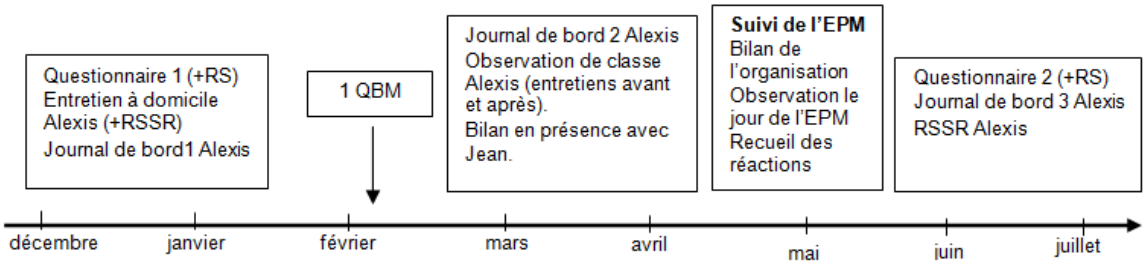


Figure 8. La structure de la méthodologie modifiée et réajustée pour le terrain comTec

Après avoir présenté la méthodologie ajustée et mise en œuvre sur le terrain, nous présentons dans ce qui suit la méthodologie de traitement des données recueillies (découpage de la période de suivi, méthodologie d'analyse).

5.5 Incident documentaire communautaire et sujets de l'EPM

Au début avril 2009, les exemples de sujets de l'EPM ont été diffusés par le ministère de l'Éducation nationale. Les sujets de l'EPM forment, désormais, un élément du système de

ressources communautaire, car la préparation des élèves à l'EPM s'effectue en fonction de ces sujets. Après l'observation du contenu des sujets de l'EPM, les enseignants ont pris la décision de faire évoluer leurs usages de la technologie *n*spire : la préparation de leurs élèves à l'EPM suppose un engagement dans un travail de conception de ressources adaptées d'une part au modèle des sujets de l'EPM et d'autre part à la technologie *n*spire.

Les enseignants expérimentateurs ont alors pris des décisions que nous avons pu repérer en partie lors de l'entretien bilan avec Jean. Nous classons les décisions prises en trois niveaux :

- didactique : les enseignants expérimentateurs ont décidé de mobiliser fréquemment la technologie *n*spire dans leurs classes de terminale scientifique. Selon Jean : *« ...pour leurs élèves, ça* [la préparation à l'EPM] *se fait tout au long de l'année par divers TP, mais là ils ont prévu des séances de révision. Un collègue m'a dit qu'il amènerait ses élèves en salle informatique pour leur montrer une fonctionnalité qu'il ne leur avait pas encore montrée, c'est celle du curseur »*. Nous signalons que, dans certains sujet de l'EPM, la fonctionnalité curseur a été demandée *;*
- institutionnel : les enseignants expérimentateurs ont décidé de se réunir pour échanger des ressources assurant une réussite de leurs élèves à l'EPM ;
- organisationnel : des réunions pour l'organisation de la journée (*« On a une réunion importante demain après-midi qui commencera dès midi et qui se terminera à la fermeture le soir »*), un partage de rôle entre les professeurs, la sélection des sujets *(« on a écarté les sujets de la géométrie dans l'espace parce que personne n'a utilisé d'autres logiciels que TI-nspire. On a écarté les sujets de Spécialité parce que j'étais le seul à enseigner la spécialité, de toute façon il n'y avait pas beaucoup de sujets, donc ce n'est pas grave. Il nous est donc resté 13 ou 14 sujets* »). Chaque enseignant a pris à sa charge la préparation d'un nombre de sujets pour la journée de l'EPM.

Nous considérons donc que l'intégration des sujets de l'EPM dans le système de ressources communautaire comme un incident documentaire communautaire du fait que le contenu des sujets n'était pas prévu par les enseignants qui sont contraints par l'utilisation que la technologie *n*spire dans l'EPM ; et du fait l'organisation de la communauté qui a commencé à subir des changements. Nous avons fait le choix de scinder, pour l'analyse, la période de suivi en deux *segments temporels* : un premier, dès le début de la période de suivi jusqu'à début avril 2009 et un second, dès début avril 2009 jusqu'à la fin de la période de suivi (en juillet 2009). Ce choix est lié à nos questions de recherche, plus particulièrement à notre volonté d'étudier l'effet des incidents documentaires sur les documentations individuelle et communautaire.

5.6 Méthodologie d'analyse de la documentation dans comTec

Nous présentons dans cette partie notre méthodologie d'analyse de la documentation communautaire. Nous appliquons cette méthodologie d'analyse sur chacun des deux segments temporels (avant l'incident documentaire communautaire et après l'incident documentaire communautaire) pour effectuer ensuite une comparaison. Nous commençons par la présentation d'une méthodologie pour l'analyse du processus d'émergence de la CoP à partir d'une grille et pour l'analyse de la relation entre la participation et la documentation (§ 5.6.1). Enfin une présentation de la méthodologie d'analyse du monde de la communauté à partir de l'identification de l'organisation de la communauté ; l'approche des visions (convergentes, divergentes, rapprochées, éloignées) (§ 5.6.2).

5.6.1 Méthode d'analyse de la CoP et de la relation entre participation et documentation

Nous analysons la relation entre les deux processus de participation et documentation en plusieurs étapes distinctes. Nous détaillons chacune des ces étapes, après avoir présenté notre méthodologie de suivi du processus d'émergence de la CoP.

Analyse du développement de la CoP, entrée par les caractéristiques de la pratique

L'analyse du processus d'émergence de la CoP à partir de l'analyse de la pratique, revient à identifier l'engagement mutuel, l'entreprise commune et le répertoire partagé. Cette étude nous permet de vérifier si nous sommes devant une CoP en cours d'émergence et le stade de développement de cette CoP. Nous effectuons cette analyse suivant une grille que nous avons conçue pour cet objet (tableau 4). Cette grille a été développée en s'appuyant sur une autre grille conçue dans le cadre d'une recherche canadienne autour du développement des CoP en réseaux pour faciliter l'insertion socioprofessionnelle des jeunes (Laferrière et *al*. 2006). Nous présentons, pour chaque caractéristique de la pratique, l'indicateur qui nous permet de la repérer (nous donnons une définition de chaque indicateur) et les données recueillies qui nous permettent de repérer cet indicateur.

Caractéristique de la pratique	Indicateurs	Définition de l'indicateur	Données pour repérer
Engagement mutuel	Expression d'une intention d'engagement dans le travail du collectif	Manifestation d'une proposition de s'engager dans une activité dans le cadre du projet	L'entretien à domicile avec Alexis qui contient des questions sur le projet commun.
	Coordination des activités et des interactions dans le cadre du projet.	Réalisation de la coordination de rencontre et de réalisation des activités communautaires.	L'entretien à domicile avec Alexis et la partie du questionnaire monde où les questions sont autour du travail communautaire.
	Proposition des ressources	Proposition effective d'une ressource pour le projet.	L'entretien à domicile avec Alexis ; la partie du questionnaire monde où les questions sont autour du travail communautaire ; QBM pour la première partie du suivi.
	Partage des problèmes professionnels reliés à son propre travail	Évocation explicite, dans le cadre du projet, de sa pratique.	Le questionnaire monde ; Entretien à domicile avec Alexis.
	Partage des discussions techniques autour de la technologie *n*spire.	Partage de sa compréhension ou ses interrogations concernant le fonctionnement de la technologie *n*spire.	Le questionnaire monde ; et QBM pour la partie avant l'incident.

Entreprise commune	Proposition pour développer le projet commun	Propositions sur les activités nécessaires pour réaliser le développement du projet commun.	Entretiens avec Alexis et Jean.
Répertoire partagé	Présence du langage spécifique à leur projet	Utilisation d'expressions, symboles ou histoires, liés au projet.	Les entretiens avec Alexis et Jean.
	Conception des ressources dans le cadre de la réalisation du projet commun	Les ressources conçues au sein du collectif (objets réifiés) peuvent prendre différentes formes (outil, symbole, fichier, méthode mathématique).	Les ressources recueillies liées à la réalisation du projet.

Tableau 4. La grille d'analyse de la CoP du projet comTec par l'entrée de la pratique

L'identification de la participation des membres

Pour l'identification de la participation des membres, nous analysons les activités des enseignants expérimentateurs dans le cadre de la réalisation du projet. Nous avons repéré deux événements pour le suivi de l'activité des enseignants expérimentateurs : la préparation du baccalauréat blanc et la passation de l'EPM au lycée. Nous décrivons dans ce qui suit ces deux activités.

Traditionnellement, les élèves de terminale passent au mois de mars une épreuve dite « bac blanc » qui se veut une simulation générale du baccalauréat. Les élèves sont mis dans les conditions de l'examen. La préparation des sujets repose sur un travail collectif des enseignants. La préparation de l'EPM a supposé aussi une réunion des enseignants. Comme évoqué précédemment (§ 5.5), les enseignants ont mis en place un dispositif pour la réalisation de cet événement. Nous repérons les différentes activités qui s'inscrivent dans le cadre de la réalisation de cet événement en décrivant dans quel niveau elles s'inscrivent. Cet événement s'étale entre début avril et 16 mai 2009 (la date de la passation de l'EPM au lycée).

Notons que nous appuyons nos analyses de ces activités par un croisement des données recueillies des questionnaires 1 et 2, de l'entretien à domicile avec Alexis, ainsi que par le bilan réalisé en présence de Jean.

L'approche du système de ressources communautaires

Nous avons recueilli les ressources conçues pour les enseignants expérimentateurs pour l'utilisation de la technologie *n*spire dans le cadre de la réalisation de comTec.

Nous analysons la réorganisation du système de ressources en fonction de l'incident documentaire et ses effets sur les modalités d'échanges et l'implication des membres dans le projet commun. Nous effectuons ceci à partir de l'analyse des propositions de ressources par les membres, et le type de ressources conçues par les membres.

Nous effectuons une analyse didactique des ressources recueillies. Nous choisissons pour cela les ressources liées à un champ mathématique précis, l'analyse (§ 4.5.1). Nous prenons en compte plusieurs critères. Nous avons conçu une grille pour l'analyse de ces ressources (tableau 5). Pour la conception de cette grille nous nous sommes appuyés sur d'autres, notamment une grille conçue par Gueudet (2008) pour l'analyse des ressources en ligne pour l'enseignement des

mathématiques. Nous avons adapté cette grille afin qu'elle corresponde à la fois à nos questions de recherche et à notre terrain d'étude.

Le contenu mathématique traité dans la ressource	Le contenu mathématique que nous désignons est celui enseigné en terminale, qui porte sur le champ d'analyse. Nous décrivons ce contenu en fonction de ce que le concepteur a visé de cette ressource.
Type de la ressource	Exercice technique, situation-problème, QCM, cours, activité d'introduction d'une notion, devoir maison, devoir surveillé
Choix didactique	Les choix effectués par l'enseignant pour la présentation du contenu mathématique : application directe de connaissances, construction des conjectures et preuves, démarche expérimentale, démarche heuristique, modélisation.
Type de réponses attendues	QCM, réponse numérique, algébrique, construction d'une démonstration.
Type d'Utilisation de la technologie *n*spire	La nature de l'activité mathématique de l'élève que suppose la ressource avec la technologie *n*spire.
Stratégie d'enseignement de l'analyse	Elle correspond aux manières d'enseigner un contenu disciplinaire pour aider les élèves à le comprendre.
Organisation de l'enseignement de l'analyse	La gestion didactique que la mise en œuvre de cette ressource suppose, la responsabilité à la charge de l'élève et la responsabilité à la charge de l'enseignant.

Tableau 5. La grille conçue pour l'analyse didactique des ressources conçues dans le cadre du projet comTec

Construction des KM et KE communautaires :

Nous n'avons pas pu observer directement les activités communautaires. Nous veillons à ce problème dans la deuxième mise en œuvre de notre méthodologie sur le terrain du projet digiTex (chapitre 7). Néanmoins, nous inférons les connaissances communautaires (KM et KE) à partir d'un croisement des données issues de différents outils méthodologiques.

Après l'analyse de ces composantes (participation, système de ressources et connaissances communautaires), nous procédons à un croisement des résultats obtenus, qui seront ensuite croisés avec le résultat de l'analyse du monde de la communauté.

5.6.2 Méthode d'analyse du monde de la communauté de comTec

L'approche du monde de comTec suppose d'analyser les différentes composantes du monde de la communauté : identification de l'organisation de la communauté, approche des visions (convergentes, divergentes, rapprochées ou éloignées). Nous précisons, dans ce qui suit, notre méthode d'analyse de chacune de ces deux composantes du monde de la communauté.

L'organisation des visions des membres

Nous analysons les visions des membres à partir des questionnaires « monde » : le questionnaire 1 pour repérer l'organisation des visions avant l'incident et le questionnaire 2 pour l'organisation des visions après l'incident.

L'identification de l'organisation de la communauté

Nous analysons l'organisation de la communauté dans chaque segment temporel. Nous repérons, par comparaison, l'effet de l'incident documentaire communautaire sur cette organisation. Dans l'étude des effets des incidents sur l'organisation didactique de la communauté, il s'agit d'approcher la réorganisation des rôles des membres ; la reconfiguration éventuelle du mode de conception de ressources dans la communauté.

Nous procédons ensuite à un croisement des résultats obtenus.

5.6.3 Synthèse

La méthodologie d'analyse présentée ici sera effectuée sur chacun des deux segments temporels (avant l'incident documentaire communautaire et après l'incident documentaire communautaire). Dans notre analyse nous nous attachons plus particulièrement à l'étude de la participation d'Alexis au développement de la documentation communautaire. Nous analysons sa documentation suivant une méthodologie d'analyse spécifique (§ 5.7).

5.7 Méthodologie d'analyse de la documentation d'Alexis

Nous présentons dans cette partie la méthodologie d'analyse de la documentation d'Alexis. Nous commençons par la présentation des « entrées d'influence » de la documentation communautaire sur la documentation d'Alexis, nous continuons par la présentation de la méthodologie d'analyse de chacune des périodes de suivi d'Alexis (§ 5.4). Il s'agit de mettre en place une méthodologie pour l'analyse de la documentation communautaire d'Alexis en tenant en compte à la fois des rapports entre le monde d'Alexis et sa documentation et de l'influence de la documentation communautaire sur la documentation d'Alexis. Gueudet et Trouche (2008) appréhendent la question de l'influence de la documentation communautaire sur la documentation individuelle à travers l'étude de ce qu'ils appellent *« points de contact ou de frottements »* (figure 9) entre la documentation individuelle et la documentation communautaire. L'influence de la documentation communautaire est repérée dans :

- le système de ressources : la documentation communautaire donne à l'enseignant accès à des nouvelles ressources qui peut les intégrer et les combiner avec celles existantes. Ceci peut conduire à une réorganisation de son propre système de ressources ;
- les classes de situations : la documentation communautaire conduit l'enseignant à un renouvellement de classes de situations, par conséquent à une mutation dans ses familles d'activité, donc une réorganisation de son système d'activité ;
- les documents du professeur : l'influence sur les documents du professeur nous intéresse plus particulièrement dans la mesure où ceux-ci témoignent des KM et KE du professeur.

Nous effectuons une analyse de chacune des trois périodes de suivi d'Alexis, par le biais d'une analyse des données recueillies par chaque outil méthodologique puis d'un croisement des résultats d'analyse.

Méthode d'analyse de la première période de suivi d'Alexis

Nous commençons par une analyse de l'entretien à domicile avec Alexis.

Nous approchons dans cette analyse :

- le système de ressources d'Alexis : les supports de ses ressources, leurs structuration, les différents types de ressources appartenant à son système de ressources (§ 3.5.3) ;
- le système d'activité d'Alexis : nous repérons dans l'entretien des classes de situations que nous organisons dans les familles d'activités correspondantes ; ainsi que des familles d'activités ; nous croisons les différentes familles d'activités pour approcher les interactions entre elles ;

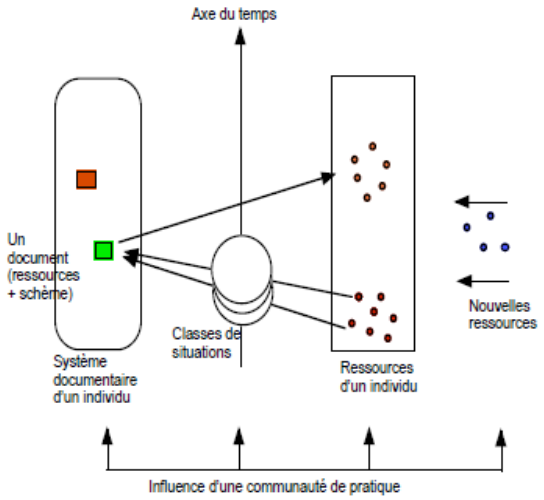


Figure 9. Influence de la documentation communautaire sur la documentation individuelle (Gueudet et Trouche 2008)

Nous inférons, de cet entretien, des visions d'Alexis, en approchant de ce qu'il dit des formes constitutives des KM et KE, des formes constitutives de mode de conception de ressources ainsi que des formes d'accès aux KM et KE. Nous sommes conscients que l'approche de ces formes à travers ce que dit Alexis est une approche à partir des données déclaratives. Néanmoins, cette première approche de ses visions constitue pour nous une base pour la confrontation des données recueillies de plusieurs outils méthodologiques avant de présenter les résultats.

Nous passons ensuite à l'analyse de la RSSR : la forme de la RSSR (position et relations entre les schémas) et les termes introduits par Alexis. Nous inférons des formes constitutives de mode de conception de ressources d'après les processus décrites ; et des formes constitutives des KM et des KE des enseignants d'après la justification des processus décrites (à partir des discussions qui accompagnent le dessin de RSSR).

Dans l'analyse du journal de bord 1, nous croisons la nature de l'activité et les ressources utilisées ou produites par cette activité.

L'analyse du questionnaire 1 d'Alexis nous permet d'approcher ses différentes visions, en fonction de ce que nous avons dégagé de l'entretien à domicile ainsi que dans la RSSR. L'analyse globale de ce questionnaire nous permet donc, en nous attachant à l'étude des interactions entre ses différentes visions, d'appréhender de premiers éléments du monde d'Alexis.

A la fin de l'analyse de la période de suivi, nous repérons la place de la documentation de comTec dans la documentation d'Alexis (figure 9). Notons que cette première période d'analyse correspond au premier segment temporel (avant l'incident de la documentation communautaire). C'est donc à l'éclairage des résultats de l'analyse de cette partie de la documentation communautaire que nous analysons la documentation d'Alexis.

Méthode d'analyse de la deuxième période de suivi d'Alexis

Nous présentons dans l'analyse de cette partie : une analyse de la ressource conçue par Alexis pour l'observation de classe, une analyse de la séance de classe et une analyse du journal de bord 2.

Nous analysons la ressource conçue par Alexis pour l'observation de classe. Cette analyse est effectuée en fonction de la mise en œuvre prévue par Alexis. Pour cela, nous nous appuyons sur l'entretien effectué avant l'observation de classe pour compléter l'analyse.

Dans l'analyse de la séance de classe, nous inférons des KM et des KE d'Alexis. Nous essayons dans cette analyse de faire correspondre les KM et KE inférées à des visions d'Alexis qui les engendre. Nous nous appuyons sur l'entretien après observation de classe pour appuyer notre analyse des rapports entre d'une part les KM et KE d'Alexis et d'autre part son monde.

Dans l'analyse du journal de bord 2, nous croisons l'activité, dont nous déterminons à quelle famille d'activité elle appartient, et les ressources utilisées ou produites par cette activité.

A la fin de l'analyse de la période de suivi, nous repérons la place de la documentation de comTec dans la documentation d'Alexis (figure 9). Nous notons que cette deuxième période d'analyse correspond à la fin du premier segment temporel (avant l'incident de la documentation communautaire). C'est donc à l'éclairage des résultats de l'analyse de cette partie de la documentation communautaire que nous analysons la documentation d'Alexis.

Analyse de la troisième période de suivi d'Alexis

Dans cette troisième période de suivi, nous présentons une analyse du journal de bord 3, la RSSR retouchée et le questionnaire 2. Nous analysons les ressources recueillies durant cette troisième période de suivi.

Dans l'analyse du journal de bord 3, nous croisons l'activité, dont nous déterminons à quelle famille d'activité elle appartient, et les ressources utilisées ou produites par cette activité.

Dans l'analyse de le RSSR retouchée par Alexis et l'analyse du questionnaire 2, nous repérons des changements dans son monde en rapport avec la documentation dans comTec.

L'analyse des données de cette période est cruciale, nous croisons les résultats obtenus de cette analyse suivant deux axes :

- cette période d'analyse correspond au deuxième segment temporel de l'analyse de la documentation communautaire. Nous mettons en évidence dans notre analyse les effets de l'incident documentaire communautaire (§ 5.5) sur la documentation d'Alexis et nous l'analysons à la lumière des résultats obtenus de l'analyse du deuxième segment temporel ;
- cette période est la dernière période de suivi d'Alexis ; dans notre analyse de cette période de suivi, nous menons une comparaison avec les résultats de la première et de la deuxième période d'analyse.

Avec l'analyse de la troisième période de suivi d'Alexis, nous finissons l'analyse des documentations individuelle et communautaire.

5.8 Conclusion du chapitre

Nous avons présenté dans ce chapitre le terrain du projet comTec, la méthodologie de recueil de données et la méthodologie d'analyse. La structure de la méthodologie de recueil de données est liée étroitement aux caractéristiques du terrain expérimental, repérées d'après l'analyse préalable que nous avons effectuée. L'ajustement de la méthodologie a été poussé par certains effets du contrat méthodologique. Le fait que nous n'étions pas accueillis dans les réunions des membres constitue un effet du contrat méthodologique ; la structure du PAS et les préoccupations de Jean laissaient la place à des implicites, source des effets du contrat méthodologique. Nous prenons en compte ces effets dans la deuxième mise en œuvre de la méthodologie sur le terrain du projet digiTex (chapitre 7).

Dans la méthodologie d'analyse que nous présentons, les incidents documentaires occupent une place centrale. Le découpage de la période de suivi se fait en fonction de l'incident documentaire communautaire. Nous présentons dans cette méthodologie des grilles d'analyses pour le suivi du développement de la CoP (tableau 4) et pour l'analyse didactique des ressources conçues par les membres de la communauté (tableau 5). Les grilles conçues sont le résultat d'une double adaptation : adaptation à nos questions de recherche ; et adaptation au terrain du projet comTec. Nous adaptons ces grilles en fonction de cette mise en œuvre pour le terrain digiTex (chapitre 7).

Dans ce qui suit, nous présentons notre analyse des données recueillies.

Chapitre 6. Analyse des données, projet comTec

Dans notre analyse de la documentation communautaire comTec, nous risquerons des inférences, à partir de recoupements de données recueillies, bien que une grande partie des activités communautaires nous aient échappé. Dans le cas d'Alexis, l'enseignant suivi individuellement, le suivi en classe et à domicile (visite guidée de ses ressources), nous donne plus de moyens pour inférer des éléments de ses KM et KE ainsi que de ses visions.

Dans l'analyse des données recueillies sur le terrain comTec, nous commençons par une analyse du premier (§ 6.1) et du deuxième segments temporels (§ 6.2) de la documentation communautaire. Ces analyses nous conduisent à inférer des effets de l'incident documentaire sur le développement de la documentation communautaire (§ 6.3). Nous analysons ensuite la documentation d'Alexis (§ 6.4) sur chacune des trois périodes de suivi tout au long de l'année scolaire 2008/2009. Nous présentons enfin une conclusion de ce chapitre (§ 6.5).

6.1 Analyse de la documentation communautaire dans comTec, premier segment temporel

Nous présentons, dans cette partie, l'analyse de la documentation communautaire durant le premier segment temporel. Nous commençons par vérifier l'hypothèse que la communauté du projet comTec constitue une CoP en cours d'émergence (§ 6.1.1). Nous poursuivons par une analyse du processus de participation (§ 6.1.2) et du système de ressources communautaires (§ 6.1.3). Nous passons ensuite à l'analyse du monde de la communauté. Pour ce faire, nous commençons par une analyse des visions des membres insérés dans la communauté (§ 6.1.4) et une analyse de l'organisation de la communauté (§ 6.1.5). En conclusion, nous mettrons en regard les différents résultats (§ 6.1.6).

6.1.1 La communauté du projet ComTec, une CoP ?

Nous analysons d'abord chacune des trois caractéristiques de la pratique : engagement mutuel, entreprise commune, répertoire partagé. Nous présentons ensuite une analyse des interactions entre ces trois caractéristiques.

Engagement mutuel

Alexis nous avait expliqué le manque d'échanges entre collègues. Dans une réflexion sur l'histoire des échanges, Alexis affirme que des petits échanges ont commencé à avoir lieu une année avant comTec : *« d'abord le premier échange c'était l'année dernière au moment de l'épreuve pratique. Donc il a fallu mettre en place l'épreuve pratique, chacun avait une consigne de préparer un TP, préparer son corrigé et préparer l'évaluation du travail de l'élève* […] *donc c'était pour répartir les tâches* […] *donc chacun en prépare un et il a communiqué aux autres, donc on a gagné du temps* […] *Mais il y avait une nécessité »* (Alexis, entretien à domicile, phrase 69). Il poursuit son explication de l'engagement des membres dans le projet :

« Maintenant il se poursuit, parce que maintenant, il se retrouve avec les élèves qui sont équipés de machines, donc on a des comptes à rendre avec Texas […] *c'est un lien qui commence à rapprocher les gens et les détendre, parce que c'est pareil, il y a urgence »*. C'est un signe d'un engagement sincère des enseignants dans l'expérimentation. Par contre, l'engagement dans des activités communautaires de conception de ressources, ressenti par tous (Alexis par exemple) comme une nécessité, reste à réaliser.

La coordination des activités et les interactions entre les membres demeurent faibles, pas seulement entre enseignants expérimentateurs, mais encore entre tous les enseignants de mathématiques au lycée (Tableau 6), mais, pour ceux des enseignants qui ont une faible intégration de la technologie, le travail avec des collègues paraît important pour surmonter les difficultés de la prise en main de la technologie *n*spire. Ce travail avec les collègues n'est pas le cas à ce stade du projet comTec.

Travail avec	Non	**Rarement**	Souvent	Très souvent
Enseignant expérimentant TI-nspire	0	**4**	3	0
Enseignant de mathématiques	1	**4**	1	0
Autres enseignants	2	**4**	1	0

Tableau 6. Réponses à la question : Travaillez-vous avec d'autres collègues au lycée Poincaré ? (7 questionnaires renseignés, questionnaire 1)

La proposition et le partage des ressources ne sont pas fréquents entre les enseignants expérimentateurs (tableau 6), mais une dynamique faible a été créée à ce niveau grâce à comTec. Le partage et la mutualisation des ressources ont évolué notamment pour les ressources ayant pour but de faciliter la prise en main de la technologie *n*spire (tableau 8). Les ressources échangées pour la prise en main de la technologie sont, pour certains enseignants, celles provenant de la formation interne au lycée ainsi que le manuel d'utilisation. Ceci apparaît dans une question dans le QBM (Questionnaire Baromètre Mensuel, § 5.4) autour de l'utilisation de ressources pour la prise en main de la technologie : « *documents de formation interne à Poincaré* » (cité 2 fois) ; « *manuel d'utilisation* » (cité 2 fois).

Source de documentation	**Faible**	**Forte**
Les programmes et/ou les documents d'accompagnement	0	5
Les manuels scolaires de la classe	3	3
Des manuels scolaires autres que ceux dont disposent les élèves	1	5
Des ressources en ligne	5	1
Des ressources que vous avez élaborées dans les années précédentes	**1**	**6**
Des ressources échangées avec des collègues	**6**	**1**
Des ressources rencontrées en formation	5	1

Tableau 7. Source de documentation des enseignants expérimentateurs (7 questionnaires renseignés, questionnaire 1)

	Pas du tout	Rare	**Souvent**	Très souvent
Echanges pour la prise en main de la technologie entre enseignants expérimentateurs	0	2	**6**	0

Tableau 8. Échanges pour la prise en main de la technologie par les enseignants (7 questionnaires renseignés, QBM)

En ce qui concerne le partage et la sollicitation des discussions techniques autour de la technologie *n*spire, les enseignants ont suivi une formation pour la prise en main de la technologie *n*spire ; à part cette formation, les échanges entre enseignants étaient faibles.

L'engagement mutuel entre les enseignants expérimentateurs est faible. Cet engagement mutuel paraît ne se traduire que par une acceptation de s'impliquer dans un projet commun.

Entreprise commune

Des propositions d'activités ont été estimées comme nécessaires pour la réalisation du projet commun. Par exemple, la conception des TP par les enseignants expérimentateurs pour leurs classes. A propos de ces propositions, Alexis déclare : *« Moi je trouve que c'est très bien, parce que ça engage les gens dans une dynamique par rapport à la machine à calculer, ça soude un peu l'équipe de mathématiques »* (Alexis, entretien à domicile, phrase 69). Bien que cette proposition soit liée au projet commun, sa réalisation est restée dans le cadre des activités individuelles.

Répertoire partagé

Les enseignants sont entrés dans une dynamique de conception de ressources dès le début du projet. Cette dynamique a pris comme points d'appui les ressources mises à disposition des enseignants lors de la formation suivie autour de la technologie *n*spire, ainsi que les EPM des années précédentes. Il y a donc un certain répertoire partagé qui a commencé à se construire dès le début du projet.

Nous pouvons dire, en résumé, que les enseignants expérimentateurs forment une communauté du fait de leur intérêt déclaré à s'engager dans le projet comTec, avec un engagement mutuel faible entre les enseignants. Il s'agit d'une CoP au stade d'incubation.

6.1.2 Le processus de participation au premier segment temporel

Nous décrivons la participation des membres à partir de l'analyse du processus de préparation du « bac blanc » en mars 2009. Pour préparer ce sujet, chaque enseignant a proposé des exercices. Lors d'une réunion, l'ensemble des professeurs a construit la première version du sujet, suivie de révisions successives. Dans l'explication de ce processus, Alexis déclare *« Il y a les collègues qui ont ramené des sujets de baccalauréat et des exercices de bac. Puis voilà… c'est oui ou non. Ce n'est pas un énoncé qui a été conçu en commun »* (Alexis, entretien mars 2009, phrase 60). L'absence de conception commune entre les membres fait de l'activité de conception du bac blanc une activité de collage de différents exercices qui se limite au niveau d'activité (+1), sans que cette activité ait des rapports avec d'autres activités de niveau plus élevé (+2 par exemple) (§ 3.2.1). Alexis déclare à ce propos : *« … on ne peut pas décider comme ça, au mois de février, on va travailler ensemble parce qu'on va préparer un bac blanc... un devoir commun c'est l'aboutissement d'un travail en équipe. Mais faire un travail commun sans qu'il y ait un travail préalable ou une progression commune avant, ça me paraît peu judicieux »* (Alexis, entretien

mars 2009, phrase 59). Cette déclaration d'Alexis rejoint et complète celle de Jean : *« chacun est arrivé avec une idée d'exercice d'ici où là qui n'enlevait pas l'adhésion de tous d'emblée. On a fini par la sélection de quelque uns… on a pris par latitude des exercices qui ne plaisaient pas à tout le monde »*.Cette façon d'aborder les activités, par coaction dans la réalisation des tâches, ne favorise pas l'aspect « processus » à la participation des enseignants expérimentateurs.

Durant l'élaboration de ce sujet, Jean a proposé un problème[24] contenant une partie expérimentale supposant une utilisation de la calculatrice *n*spire : *« je suis venu avec une proposition, un ensemble d'exercices, dont un qu'on pourrait qualifier sur les fonctions, où il y a une exponentielle et il y a un travail de fonction à faire. Dans cet exercice-là, j'avais mis une question concernant une conjecture… il fallait anticiper quelque chose qu'on allait démontrer ensuite… il a eu une opposition instantanée »* (Jean, Entretien Bilan). Les arguments d'opposition étaient que les élèves n'étaient pas préparés à ce type de problème.

Deux résultats se dégagent : 1) à ce moment de l'année (mars 2009), les enseignants semblent avoir peu accompagné la genèse instrumentale des élèves et peu mobilisé la technologie *n*spire dans leur enseignement ; 2) les échanges entre les enseignants sont faibles. Ils ne s'inscrivent pas dans le cadre d'un processus de participation pour la réalisation du projet commun.

6.1.3 Le système de ressources communautaire au premier segment temporel

Pour présenter le développement du système de ressources communautaires avant l'incident communautaire, nous commençons par évoquer l'évolution des sources de documentation, puis nous effectuons une analyse didactique des ressources conçues dans le cadre de la réalisation du projet commun.

Les enseignants sont entrés dans le projet, au début de l'année, avec des sources de documentation classiques (programmes, manuels scolaires, ressources propres élaborées au cours des années précédentes) (tableau 7) et avec la technologie *n*spire et ses différentes fonctionnalités. Ces ressources forment les premières composantes du système de ressources communautaires. Dès le démarrage du projet, durant la formation, des ressources sur l'utilisation de la technologie *n*spire ont été proposées (par exemple le manuel TI sur l'utilisation de la technologie *n*spire), d'autres l'ont été par Jean (des ressources conçues et expérimentées dans le cadre de l'équipe e-coLab). Les enseignants expérimentateurs ont élaboré des épreuves pratiques durant l'année qui a précédé l'expérimentation. Ces épreuves pratiques font partie du système de ressources communautaires :

- elles ont été conçues par les enseignants expérimentateurs (*« le premier échange c'était l'année dernière au moment de l'épreuve pratique. Donc il a fallu mettre en place l'épreuve pratique, chacun avait une consigne de préparer un TP, préparer son corrigé et préparer l'évaluation du travail de l'élève… donc c'était pour répartir les tâches… donc chacun prépare un et il l'a communiqué aux autres, donc on a gagné du temps…Mais il y a une nécessité… Parce que un prof tout seul ne peut pas préparer 14 TP »* (Alexis, entretien à domicile, phrase 69)) ;
- elles sont en rapport avec le projet comTec, dont l'un des objectifs est la préparation des élèves à l'EPM avec la technologie *n*spire. Dès le début du projet comTec jusqu'à l'incident documentaire communautaire (avril 2009), les enseignants ont conçu

[24] Jean a adapté ce problème ensuite pour une mise en œuvre dans sa classe, dans le cadre de la préparation de ses élèves à l'EPM. Nous analyserons cette ressource dans la partie § 6.2.

individuellement des TP utilisant la technologie *n*spire que nous considérons comme faisant partie du système de ressources communautaires.

Nous avons recueilli trois ressources conçues par trois enseignants expérimentateurs pour leurs classes :

- ressource « optimisation et complexes », conçue par Marie (que Gilles Aldon a observée en salle de classe, § 5.2) pour la classe de terminale S ;
- ressource « calcul d'aire », conçue par Alexis pour sa classe de terminale ;
- ressource « aire maximale d'un triangle isocèle inscrit dans un cercle », conçue par Jean-Pierre (enseignant expérimentateur de la technologie *n*spire).

Nous effectuons une analyse didactique (§ 5.6.1, tableau 5) de chacune de ces ressources dans ce qui suit.

<u>Ressource « Optimisation et complexe »</u> (Annexe 20, a)

Le contenu mathématique traité dans la ressource	Ayant donné dans le plan, deux points fixes A et B et un point M variable sur un cercle trigonométrique, on cherche la variation d'une fonction f définie par $f(M) = MA \times MB$. On recourt aux formes exponentielles des nombres complexes pour effectuer cette étude.
Le type de la ressource	Situation-problème.
Choix didactique	On demande, dans cette ressource, de résoudre le problème par modélisation d'une situation géométrique par une fonction. Le problème est composé de deux parties : partie construction de la figure géométrique et élaboration des conjectures ; la deuxième partie est une partie nommée « théorique », où l'on demande d'élaborer une preuve analytique.
Type de réponses attendues	- pour la première partie : des réponses obtenues à partir des observations de la figure géométrique et des résultats numériques du tableur ; - pour la deuxième partie : une construction d'une démonstration par l'élève.
Utilisation de la technologie *n*spire dans cette ressource	Recherche des solutions approchées à la calculatrice, manipulation directe de la figure géométrique pour conjecturer la variation de la fonction f.
La stratégie d'enseignement de l'analyse présente dans la ressource.	Pour trouver les extremums de $f(M) = MA \times MB$ (minimum et maximum), on recourt à une illustration géométrique de cette fonction, aussi qu'à une interprétation de la représentation graphique de la fonction.
Organisation de l'enseignement de l'analyse	La partie 1 du problème est guidée : l'enseignant présente des consignes détaillées (tracer le cercle, placer les points, tracer les segments $[MA]$ et $[MB]$. La partie 1 expérimentale dans la ressource n'a pas de rôle dans la construction d'une démonstration de la partie 2 théorique, mais seulement dans la vérification des résultats obtenus.

A ce moment du développement du projet Marie avait une instrumentalisation limitée de la technologie *n*spire (Aldon et Sabra 2009). Cette instrumentalisation limitée a déterminé l'organisation de l'enseignement avec la technologie *n*spire : la partie expérimentale de la ressource est guidée, l'enseignante ne laisse à la charge de l'élève ni l'expérimentation ni la libre manipulation des figures géométriques.

<u>Ressource « calcul d'aire »</u> (Annexe 20, b)

Le contenu mathématique traité dans la ressource	On vise à calculer l'intégrale de Riemann sur un exemple : la fonction carrée.
Le type de la ressource	Situation-problème.
Choix didactique	Calculer l'aire comprise entre la courbe de la fonction $f(x) = x^2$ et les deux droites d'équations $x = 0$ et $x = 4$. Elaborer une conjecture sous la forme d'une formule algébrique en s'appuyant sur le résultat obtenu de l'observation de l'aire comprise entre la courbe de la fonction carrée et les deux droites d'équations $x = 0$ et $x = 4$
Type de réponses attendues	Dans les parties de l'exercice, où on calcule l'aire approchée sur l'intervalle $[0; 4]$, on demande de donner des valeurs numériques. La conjecture demandée est sous la forme d'une formule algébrique.
Utilisation de la technologie *n*spire dans cette ressource	Utilisation de l'application tableur de *n*spire pour calculer la valeur approchée de l'aire, en faisant varier le nombre des rectangles inférieurs ; utilisation de l'application calcul et application graphique. L'utilisation de ces applications dans cette ressource est complémentaire et non simultanée.
La stratégie d'enseignement de l'analyse présente dans la ressource	Cette ressource s'inscrit dans le cadre de l'introduction de la notion d'intégrale. L'introduction de cette notion est réalisée par la présentation du sens de cette notion à partir d'un exemple qu'on généralise dans la suite à un cas plus abstrait (procédure par induction).
Organisation de l'enseignement de l'analyse	L'élaboration de la conjecture dans cette situation est guidée. On parte d'une étude sur l'intervalle $[0; 4]$: le choix du nombre des partitions *n* est précisé à l'avance par l'enseignant ($n = 8$ dans une partie et $n = 50$ dans une autre). L'élève n'a qu'à calculer la somme des aires et interpréter les résultats.

Comme pour la ressource de Marie, l'instrumentalisation limitée par Jean-Pierre de la technologie *n*spire a déterminé l'organisation de l'enseignement présentée par cette ressource : manipulation guidée de la technologie *n*spire, sans la liberté pour les élèves d'expérimenter ni de manipuler la figure géométrique. Le rôle de la technologie *n*spire est alors technique (il n'y a pas de manipulation directe des objets mathématiques pour l'élaboration de la conjecture).

Ressource « aire maximale d'un triangle isocèle inscrit dans un cercle » (Annexe 20, c)

Le contenu mathématique traité dans la ressource	On vise à déterminer le triangle isocèle d'aire maximale inscrit dans un cercle donné. Pour résoudre ce problème, on vise à modéliser la figure géométrique par une fonction où la variable *x* est la longueur de la hauteur issue du sommet du triangle isocèle $(f(x) = x\sqrt{2x - x^2})$.
Le type de la ressource	Situation-problème
Choix didactique	La situation est constituée de deux parties : - partie expérimentale où on demande, d'après une manipulation directe de la figure géométrique et d'après l'utilisation du tableur, d'élaborer une conjecture et de l'affiner ensuite ; - partie théorique où on construit la fonction modélisant la situation géométrique. La partie expérimentale a pour objectif de conduire l'élève à modéliser la situation (déterminer le domaine de définition de la fonction *f*, construire l'expression algébrique de la fonction) et dans la vérification des résultats obtenus.
Type de réponses attendues	Résolution sur papier après manipulation de la figure géométrique.
Utilisation de la technologie *n*spire dans cette ressource	Le rôle de la technologie *n*spire est crucial dans l'élaboration de la conjecture : on élabore une première conjecture d'après une manipulation directe de la figure géométrique et on affine cette conjecture en passant par l'application tableur de la technologie *n*spire.
La stratégie d'enseignement de l'analyse présente dans la ressource.	L'étude de la variation d'une fonction irrationnelle en modélisant une situation géométrique.
Organisation de l'enseignement de l'analyse	L'élaboration de la conjecture est guidée : les instructions pour la construction de la figure géométrique, les instructions pour élaborer la conjecture en manipulant la figure géométrique ; les instructions pour l'élaboration de la conjecture avec le tableur. Le passage d'une fonctionnalité à une autre n'est pas laissé à la charge de l'élève. Il est guidé par l'enseignant. Cette ressource est accompagnée d'une fiche technique où sont notées les aides autour de l'utilisation de la technologie *n*spire dans cette situation.

Bien que l'on utilise, dans cette ressource, les fonctionnalités particulières de la technologie *n*spire (manipulation des figures géométriques dynamiques et passage d'une fonctionnalité à une autre pour l'élaboration de la conjecture), la démarche est guidée par l'enseignant.

Dans les ressources analysées, on s'appuie sur l'élaboration des conjectures pour résoudre le problème posé. L'élaboration des conjectures est guidée par les enseignants. Les potentialités particulières de la technologie *n*spire dans la résolution des activités mathématiques sont peu exploitées (sauf d'une façon limitée dans la ressource « aire maximale d'un triangle isocèle inscrit dans un cercle »). La conception de ressources adaptées aux différentes fonctionnalités de la technologie *n*spire a constitué l'une des grandes difficultés pour les enseignants lors du travail avec cette technologie. Dans les ressources, les enseignants distinguent la partie expérimentale de la partie théorique ; cette distinction se manifeste par une articulation très faible entre les deux parties.

Le système de ressources communautaires se développe en particulier à partir des ressources utilisées pour la prise en main de la technologie *n*spire et de celles conçues individuellement pour la mise en œuvre en classe (les TP) par les enseignants expérimentateurs. Les ressources conçues visent un enseignement de l'analyse à partir de la modélisation des situations géométriques. Les rapports entre partie expérimentale et partie théorique ne sont pas construits de sorte que la partie théorique permette une institutionnalisation des connaissances construites par les élèves.

6.1.4 L'organisation des visions des membres au premier segment temporel

Pour analyser les visions (mathématiques, enseignement des mathématiques, TICE et travail collectif), nous analysons le questionnaire 1. Ce questionnaire a été renseigné par 7 enseignants expérimentateurs.

Les visions des mathématiques

Les enseignants expérimentateurs n'ont pas donné de réponse sur l'évolution de leurs rapports aux mathématiques depuis l'enfance. Ceci est le produit d'un effet du contrat méthodologique initial trop intrusif sans doute. Pour illustrer cet effet, nous présentons une réponse donnée à cette question : « *Je veux bien parler de maths avec toi, mais certainement pas de ce qui relève d'une analyse psychiatrique ! Mes collègues n'ont pas apprécié non plus, et les propositions d'accompagnement n'allaient pas du tout dans ce sens* » (questionnaire 1).

Nous leur avons demandé de se positionner sur un axe allant de l'aspect formel à l'aspect expérimental des mathématiques :

- 4/7 enseignants se sont placés du côté plutôt formel ; invoquant, entre autres, les raisons suivantes : « *Carrière majoritairement dans l'Enseignement Technique* » ; « *C'est l'aspect formel qui m'intéresse le plus, les raisonnements abstraits et "élégants"* » ;
- 2/7 enseignants se sont placés du côté plutôt expérimental ;
- 1/7 enseignant s'est situé à égale distance des deux aspects formel et expérimental. Il a justifié ce positionnement par une remarque profonde : « *J'ai bien du mal à répondre à cette question, qui me surprend : la démarche expérimentale n'est-elle pas un incessant va-et-vient entre théorie et expérience ? Ma réponse serait donc interactive, en mouvement perpétuel sur l'axe ci-dessous* ».

Nous pouvons tirer la conclusion que la majorité des professeurs impliqués défend l'aspect formel des mathématiques. Certains relient cet aspect formel aux méthodes de raisonnement abstrait, ce qui engendre des modes de conception de ressources qui entrent en opposition avec la nature du projet comTec, qui suppose une conception de ressources visant à construire le savoir

dans le cadre d'une démarche plutôt expérimentale. Pour l'enseignant qui s'est positionné à égale distance des deux aspects expérimental et théorique, les raisons invoquées ne s'opposent pas à celles en faveur de l'aspect formel, mais en constituent un prolongement.

En ce qui concerne leurs visions des mathématiques par rapport aux autres disciplines scientifiques, seuls 2/7 enseignants ont répondu à cette question : le premier voit les mathématiques comme un outil pour les autres disciplines scientifiques (c'est un enseignant qui défend l'aspect formel des mathématiques), tandis que l'autre (Jean) voit le rapport « dynamique » des mathématiques avec les autres disciplines scientifiques. Elles prennent leur structure dans leurs interactions avec trois disciplines scientifiques : « *Le système différentiel de Lorentz à trois degrés de liberté (trois disciplines scientifiques) avec les mathématiques comme point attracteur* », et il a joint à cette réponse un schéma (figure 10).

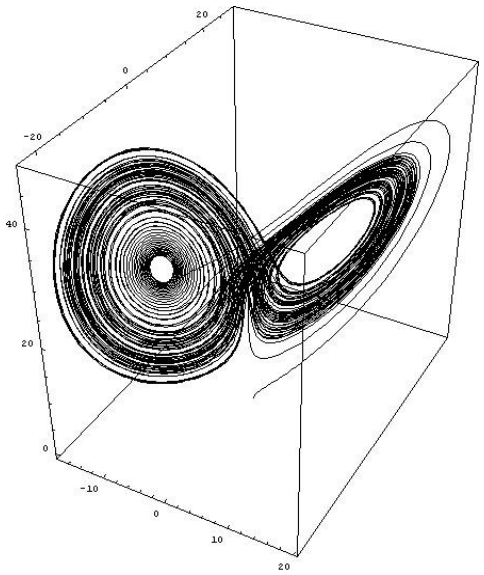


Figure 10. Le schéma donné par Jean du système différentiel de Lorenz, pour représenter le rapport entre les mathématiques et les autres disciplines scientifiques

D'après l'analyse des réponses des membres sur cette partie du questionnaire, nous constatons que les membres ont des visions des mathématiques éloignées les unes des autres.

Vision de l'enseignement des mathématiques

Les enseignants expérimentateurs ont une longue expérience d'enseignement au lycée (entre 15 et 36 ans).

Dans leurs réponses à la question sur les difficultés d'enseignement des différents domaines mathématiques, nous présentons celles qui se rapportent à la géométrie et l'analyse, domaines concernés par les ressources analysées dans la partie (§ 6.1.3). A propos des difficultés de l'enseignement de la géométrie, les points de vue sont partagés (voir tableau 9). Un enseignant, qui a jugé l'enseignement de la géométrie difficile, a justifié ce choix par : *« Il s'agit vraiment d'être capable de donner des consignes claires et non pas le "faites comme moi" »*. En ce qui concerne l'enseignement de l'analyse, les points de vue sont encore partagés (voir tableau 9).

	Facile	***Neutre***	***Difficile***
Géométrie	1	3	3
Analyse	2	3	2
Algèbre	1	2	2
Calcul et arithmétique	1	2	3

Tableau 9. Domaines mathématiques difficiles à enseigner (questionnaire 1)

Dans les réponses à une question autour de leurs sources de documentation, 6/7 des enseignants expérimentateurs ont affirmé que leurs ressources élaborées au cours des années précédentes constituaient une source importante de leur documentation (voir tableau 7, p.102) ; et 5/7 enseignants ont indiqué que les échanges de ressources avec les collègues étaient faibles. En croisant ces deux réponses, nous en concluons que chacun des enseignants expérimentateurs a un mode de conception des ressources qui lui est propre, lié à ses propres pratiques professionnelles et fonction de ses propres ressources. En ce qui concerne les critères d'une bonne ressource, la prise en compte des élèves, dans toutes les réponses données, est centrale, mais cette prise en compte de l'élève est différente d'un enseignant à l'autre : pour un enseignant, c'est celle qui conduit à un développement de l'autonomie chez l'élève (*« Ce qui favorisera une activité maximale et de préférence autonome chez l'élève »*, questionnaire 1) ; pour un autre, c'est la ressource qui est facile d'utilisation par l'élève et par le professeur à la fois ; et pour d'autres, c'est la simplicité et la clarté pour les élèves. Ces critères sont contrastés mais s'opposent pas directement les uns aux autres.

La question sur leurs qualifications du métier d'enseignement des mathématiques a donné lieu à des réponses d'ordre général, par exemple : *« faire aimer les maths » ; « passionnant »*.

D'après cette analyse, il nous semble qu'il y a des visions de l'enseignement des mathématiques éloignées les unes des autres.

Visions des TICE

Les réponses apportées aux questions sur leur rapport aux technologies (degré d'intérêt, technologie et activité d'enseignement, TICE et motivation de l'apprentissage des élèves) reflètent des différences entre les membres (voir tableau 10). A la question de savoir si les TICE motivent l'apprentissage des élèves, un enseignant a répondu : *« j'utilise trop peu pour juger »*. Cette variabilité dans les rapports aux TICE indique une existence des différentes formes constitutives de KE entre les enseignants expérimentateurs, dont nous ne connaissons pas les emplacements les unes par rapport aux autres (variées ou opposées ?).

	Peu	*raisonnablement*	*beaucoup*
La technologie en général vous intéresse	2	3	2
L'utilisation des TICE actualise votre activité d'enseignement des mathématiques	2	3	2
Les TICE motivent l'apprentissage des élèves	1	5	0

Tableau 10. Rapport des enseignants expérimentateurs à la technologie (questionnaire 1)

Les réponses à une question sur l'utilisation, par les enseignants expérimentateurs, des TICE ayant des fonctionnalités comme celles existant dans la technologie *n*spire (représentation

graphique, géométrie dynamique, calcul formel, tableur) (voir tableau 11) ont permis de conclure que leur utilisation n'était pas fréquente, sauf pour le tableur, utilisé par une majorité d'enseignants.

Les outils technologiques	***Fréquence d'utilisation***			
	Pas du tout	**Peu**	**souvent**	**Très souvent**
Calculatrices graphiques	0	1	3	2
Calculatrices symboliques	0	2	2	1
Logiciels de géométrie dynamique	0	4	0	1
Logiciel de calcul formel	0	2	3	0
Tableur	0	3	0	4

Tableau 11.L'utilisation des TICE ayant des fonctionnalités semblables à celles existant dans la technologie nspire (questionnaire 1)

En ce qui concerne le rôle qu'ils assignent aux TICE dans leur travail d'enseignement, nous remarquons une variation forte dans les réponses données (voir tableau 12), ce qui devrait engendrer des formes constitutives et productives des KE différentes entre les membres.

Rôle	**Non**	**Faible**	**Fort**
Dans la construction du savoir mathématique des élèves	1	4	2
Pour mettre en relation les notions et leur signification	1	2	4
Pour faire fonctionner des notions et concepts mathématiques	0	4	3
Pour développer la collaboration entre élèves	1	3	3

Tableau 12. Le rôle assigné aux TICE dans l'enseignement des mathématiques (questionnaire 1)

Les réponses sur le domaine mathématique le plus pertinent à l'utilisation des TICE (voir Tableau 13) ont désigné en majorité le domaine de l'analyse (ce qui justifie a posteriori le choix de ce domaine pour notre étude). L'une des raisons données pour justifier ce choix est liée à la notion de fonction dans le domaine de l'analyse : *« Etudier des fonctions sans machine n'est pas raisonnable, ceux qui le font n'ont rien compris à l'utilisation de la machine en classe »*.

Domaine pertinent pour l'utilisation des TICE dans l'enseignement	**Effectifs**
Calcul	3
Analyse	**5**
Géométrie	3
Algèbre	1
Probabilités et statistiques	3

Tableau 13. Domaine pertinent pour l'utilisation des TICE dans l'enseignement (questionnaire 1).

En ce qui concerne l'existence d'un rôle de l'ordinateur dans leur préparation de cours, les réponses sont encore partagées : 3 réponses « oui » ; 3 réponses « non » ; et un enseignant a répondu : *« je n'ai acheté l'ordinateur que depuis 1 an »*. Vu le rôle central que peut avoir la présence d'un ordinateur dans la préparation des séances intégrant la technologie *n*spire, nous

constatons que la variété des réponses induit la présence de formes constitutives de mode de conception de ressources différenciées chez les enseignants expérimentateurs.

Nous avons posé des questions directes à propos de la technologie *n*spire et de son utilisation dans/pour leurs classes (voir tableau 14) ; nous remarquons que l'utilisation n'est pas fréquente pour le logiciel. Elle n'est pas fréquente non plus par les professeurs pour la préparation de leur enseignement, mais l'utilisation de la calculatrice avec les élèves en classe est un peu plus fréquente. Cette situation d'utilisation de la technologie *n*spire dans les classes est due à la difficulté de concevoir des ressources adaptées à cette technologie, ainsi qu'au problème de la gestion du temps lors de l'utilisation de la technologie dans la classe : *« on a trop d'élèves et pas assez de temps »* (questionnaire 1).

D'après l'analyse des réponses présentée ci-dessus, nous pouvons dire qu'il y a des divergences de visions des TICE. Les enseignants expérimentateurs qui ne voient pas les TICE articulées avec l'enseignement des mathématiques ont une faible utilisation de la technologie en général ; d'autres enseignants voient une certaine articulation entre les TICE et l'enseignement des mathématiques mais l'instrumentalisation limitée des TICE, notamment la technologie *n*spire, les empêche de développer cette vision.

	Fréquence d'utilisation de la calculatrice TI-nspire CAS				*Fréquence d'utilisation du logiciel TI-nspire CAS*			
	Jamais	Parfois	Souvent	Très souvent	Jamais	Parfois	Souvent	Très Souvent
Utilisation pour le professeur	0	4	2	1	0	5	2	0
Utilisation pour l'élève	0	1	5	0	0	5	2	0

Tableau 14. La technologie nspire et son utilisation dans les classes des enseignants expérimentateurs (questionnaire 1)

Visions du travail collectif

Les enseignants expérimentateurs ont une faible expérience dans des collectifs professionnels. Les deux enseignants qui ont cette expérience justifient leur implication par leur volonté d'échanger leurs expériences et de participer à la conception collective des ressources. Le travail entre enseignants expérimentateurs est rare (voir tableau 15). D'après ces dernières réponses obtenues, nous concluons que la dimension collective dans le travail des enseignants expérimentateurs est faible.

Travaillez-vous avec	*non*	***Rarement***	*Souvent*	*Très souvent*
Des enseignants expérimentant TI-nspire	0	**4**	3	0
D'autres enseignants de mathématiques	2	**4**	1	0
D'autres enseignants au lycée	3	**3**	1	0

Tableau 15. Travaillez-vous avec des collègues au lycée Poincaré ? (questionnaire 1)

Nous avons demandé de faire une représentation schématique illustrant le déroulement de l'expérimentation au lycée. Nous avons reçu 5/7 réponses à cette question, formulées par des phrases et non par des schémas. Nous avons classé les réponses en trois catégories :

- une première catégorie, où l'on voit Jean comme référent pour l'ensemble des enseignants expérimentateurs (2/5) : *« Jean est notre enseignant "ressource", qui nous forme et nous aide. Les autres, nous échangeons avec lui et entre nous, et nous nous entraidons »*. Cette représentation engendre des formes constitutives de mode de conception de ressources pour l'expérimentation, s'appuyant sur les ressources de Jean (conçues dans e-coLab ainsi que dans de groupes de l'IREM) ;
- une deuxième catégorie, qui illustre la réalisation du projet comTec par un ensemble d'activités individuelles (2/5) : *« si je savais dessiner, ce serait pour représenter un réseau de routes qui se côtoient, passent les unes au-dessus ou au-dessous des autres et trop rarement se croisent »*. Cette schématisation, donnée par Jean, qualifie la réalisation de comTec ;
- une troisième catégorie (1/5), qui voit le bon déroulement de l'expérimentation en fonction de l'apprentissage qu'elle réalise pour les élèves : *« Tous les collègues font au mieux ce qui leur paraît important de faire pour leurs élèves »*. Cette catégorie ne s'oppose pas à la deuxième.

Dans ces trois catégories, nous remarquons qu'il n'y a pas d'indice d'interaction entre les membres pour la réalisation du projet, sauf avec Jean dont l'interaction avec certains membres est verticale (Jean comme référent pour la communauté).

Nous constatons ainsi l'existence d'une vision limitée du travail collectif des enseignants expérimentateurs, alors que les visions du travail collectif portant plus particulièrement sur le projet comTec sont éloignées.

En conclusion, il existe un éloignement de visions entre les membres pour les quatre visions analysées dans ce premier segment temporel. Nous présenterons dans ce qui suit une analyse croisée des résultats pour approcher le monde de la communauté en ce premier segment temporel.

6.1.5 L'organisation de la communauté de comTec au premier segment temporel

Nous décrivons l'organisation de la communauté durant le premier segment temporel, à partir de l'étude des différents rôles des membres pour la réalisation du projet comTec.

Au lycée Poincaré, à la demande des professeurs de mathématiques, une salle informatique supplémentaire équipée du logiciel TI-*n*spire a été mise à leur disposition. Ceci témoigne d'un engagement institutionnel dans l'expérimentation, qui renforce l'engagement des enseignants dans le projet comTec. De plus, les enseignants ont suivi une formation visant à introduire une démarche expérimentale dans leur enseignement (§ 5.1.1). Une prise en compte de cette formation apparaît dans certaines ressources conçues (partie expérimentale explicite, § 6.1.3). Les enseignants expérimentateurs réalisent le projet commun par des activités individuelles, chacun expérimentant la technologie *n*spire avec ses élèves et dans sa classe. Les échanges sont faibles entre les enseignants. Nous disons alors que les activités des membres pour la réalisation du projet sont parallèles. S'il y a des interactions, elles se situent au niveau d'échanges de certaines ressources (Jean joue un rôle à ce niveau). Certains enseignants expérimentateurs ont

une faible intégration de la technologie dans leur enseignement et privilégiant en même temps l'aspect théorique des mathématiques (§ 6.1.4). Pour ces derniers, la séparation entre partie expérimentale et partie théorique ferait de l'utilisation de la technologie une activité supplémentaire se juxtaposant aux activités mathématiques habituellement demandées aux élèves (démonstrations, preuves réalisées en papier-crayon). La technologie *n*spire n'est pas véritablement intégrée au cours de mathématiques. Les causes probables de sa faible intégration dans les cours mathématiques sont multiples. Nous identifions : la discordance entre les potentialités de la calculatrice et les usages ordinaires des TICE réalisés par les enseignants expérimentateurs dans leur propre travail d'enseignement, l'absence d'un « levier » professionnel (travail collectif par exemple) pouvant réduire cette discordance.

La réalisation du projet commun s'effectue ainsi à partir d'activités individuelles des enseignants présentant des éloignements et des divergences dans leurs visions (§ 6.1.4). Le rôle des membres est quasiment identique : préparation par des enseignants de leur enseignement individuellement, conception des ressources pour la technologie *n*spire en fonction de ce qui est mis à disposition des membres par Jean ou durant les formations. Nous caractériserons cette situation en disant que le monde de la communauté apparaît comme une juxtaposition de mondes de professeurs.

6.1.6 Résultats de l'analyse du premier segment temporel

Le processus de participation est engendré par les activités individuelles des enseignants. Cette participation conduit à un développement du système de ressources communautaire sous la forme de sous-systèmes de ressources. De ce fait, il a eu un déséquilibre entre participation et documentation : la documentation n'a pas renforcé un développement du processus de participation, ce qui explique le retard dans l'émergence de la CoP.

Les quatre visions des enseignants expérimentateurs sont éloignées. L'organisation de la communauté (rôle identique des membres sauf Jean, réalisation du projet par des activités individuelles indépendantes) n'a pas conduit à un investissement de l'éloignement des visions dans la documentation communautaire. Ces facteurs ont conduit à une cohérence faible du monde de la communauté. Ceci est à l'origine du déséquilibre entre les deux processus participation et documentation.

6.2 Analyse de la documentation communautaire dans comTec, deuxième segment temporel

Nous présentons, dans cette partie, l'analyse de la documentation communautaire dans comTec durant le deuxième segment temporel, pour la préparation de l'épreuve pratique de mathématiques (EPM), considérée comme incident documentaire communautaire. Nous commençons par l'étude du stade de développement de la CoP (§ 6.2.1). Nous poursuivons par une analyse du processus de participation (§ 6.2.2) et du système de ressources communautaire (§ 6.2.3). Nous présentons ensuite l'analyse du monde de la communauté lors de ce deuxième segment temporel. Cette analyse s'articule autour d'une analyse des visions des membres insérés dans la communauté (§ 6.2.4) et d'une analyse de l'organisation de la communauté (§ 6.2.5). En conclusion, nous mettrons en regard les résultats dégagés (§ 6.2.6).

6.2.1 Les membres de ComTec, vers un nouveau stade d'une communauté de pratique

Nous analysons d'abord chacune des trois caractéristiques de la pratique séparément : engagement mutuel, entreprise commune, répertoire partagé. Nous concluons ensuite sur le stade de développement de la communauté.

Engagement mutuel

Les enseignants expérimentateurs expriment leur intention de s'engager dans la préparation de l'EPM au lycée : *« Là, l'investissement de chacun est tout à fait sérieux, comme si c'était une vraie épreuve »* ; *« Cette organisation va se mettre en place demain après-midi lors d'une réunion de travail. Nous préparons les sujets, l'association des sujets »* (Jean, Entretien Bilan, Annexe 3). La coordination des activités et les interactions entre les membres ont subi une légère évolution (voir tableau 16) : les interactions entre les enseignants expérimentateurs sont plus avancées que les interactions avec les autres enseignants au lycée, même lorsqu'il s'agit d'enseignants de mathématiques.

Travail avec	*Non*	*Rarement*	*Souvent*	*Très souvent*
Collègue expérimentant TI-*n*spire	**0**	**2**	**3**	**0**
Enseignant de mathématiques	2	2	1	0
Autres collègues	3	2	0	0

Tableau 16. Travaillez-vous avec d'autres collègues au lycée Poincaré ? (questionnaire 2)

Les échanges et le partage des ressources entre les enseignants expérimentateurs ont évolué dans un sens qui nous conduit à rattacher cette évolution au comTec (voir tableau 17) (évolution dans la place des ressources échangées avec les collègues, évolution de la place des ressources rencontrées en formation).

Source de documentation	*Pas du tout*	*Faible*	*Forte*
Les programmes et/ou les documents d'accompagnement	0	0	5
Les manuels scolaires de la classe	1	2	2
Des manuels scolaires autres que ceux dont disposent les élèves	2	1	2
Des livres de mathématiques	1	4	0
Des ressources en ligne	1	4	0
Des ressources que vous avez élaborées dans les années précédentes	0	1	4
Des ressources échangées avec des collègues	**0**	**3**	**2**
Des ressources rencontrées en formation	**1**	**2**	**2**

Tableau 17. Source de documentation des enseignants expérimentateurs (questionnaire 2, 5 réponses)

Dans une question ouverte sur les sources de documentation pour la préparation des séances faisant intervenir la technologie *n*spire, 2/5 des enseignants donnent des réponses exprimant l'existence d'un partage de ressources entre les enseignants expérimentateurs : *« Des ressources rencontrées en formation, adaptation d'anciennes fiches »* ; *« Épreuves pratiques des années*

précédentes ; stages de formation avec Jacques Salles ; discussions et échanges avec des collègues ».

Les enseignants expérimentateurs partagent certaines discussions techniques autour de la technologie *n*spire (voir tableau 18). Bien que ce type de discussions ne soit pas fréquent, il existe, ce qui constitue une évolution par rapport au premier segment temporel.

Pour surmonter les difficultés rencontrées avec TI-nspire	*Jamais*	*Parfois*	*Souvent*	*Très souvent*
Recours au site de Texas Instrument	2	3	0	0
Demande une aide d'un collègue au lycée	**1**	**2**	**3**	**0**
Essai individuel de surmonter les difficultés	0	1	3	1
Discussion avec un enseignant qui rencontre les mêmes difficultés	**0**	**2**	**3**	**0**

Tableau 18. Comment surmonter les difficultés rencontrées avec la TI-nspire (questionnaire 2, 5 réponses)

Nous dégageons donc de cette analyse qu'il y a un engagement mutuel établi entre les membres de la communauté. Cet engagement est lié à un intérêt professionnel commun des enseignants : la réussite de la passation de l'EPM au lycée.

Entreprise commune

Le nombre de réunions entre les enseignants expérimentateurs a augmenté après l'incident communautaire. A une question à ce sujet (questionnaire 2), les enseignants ont répondu qu'ils coordonnaient leurs activités pour la réalisation de leur projet : *« Coordination nécessaire au niveau de la création de ressources, au niveau de la gestion de la salle informatique » ; « Pour apprendre la technologie, préparer les TP et organiser l'épreuve pratique… ».* Ceci nous conduit à dire que l'entreprise commune s'est renforcée à la suite de l'incident documentaire communautaire.

Répertoire partagé

Le répertoire partagé a subi un développement important à la suite de l'incident documentaire communautaire à travers :

- des ressources, outils pour la réalisation de l'EPM au lycée : *« les différents tableaux permettant de savoir quel professeur fait passer quelles classes et quelles sont les sujets qu'il a à préparer »* (Jean, Entretien Bilan) ;
- des ressources pour préparer l'EPM : *« Les collègues de terminales S qui s'investissent complètement doivent les* [les épreuves pratiques de l'année précédente] *avoir fait ou les avoir parcourus »* (Jean, Entretien bilan) ;
- des méthodes mathématiques investissant la technologie *n*spire : *« Un collège m'a dit qu'il amènerait ses élèves en salle informatique pour leur montrer une fonctionnalité qu'il ne leur avait pas encore montré, celle du curseur ».*

En résumé, nous dégageons pour conclusion que les enseignants expérimentateurs forment une communauté de pratique au stade de fusion. Le passage du stade d'incubation (au 1er segment temporel) au stade de fusion semble être motivé par l'incident documentaire communautaire.

6.2.2 Le processus de participation au deuxième segment temporel

Nous décrivons le processus de participation des membres à partir de leur engagement dans la passation de l'EPM au lycée Poincaré (§ 5.6.1).

Pour la préparation des élèves à l'EPM, les activités des enseignants sont restées individuelles. A propos de la préparation des enseignants à l'EPM, Jean affirme : *« Pour leur préparation à eux, les choses sont diverses »* ; *« j'étais en train de t'expliquer comment les collègues se préparent eux-mêmes, chacun avec ses élèves »* (Jean, Entretien Bilan).

Les enseignants expérimentateurs ont sélectionné les sujets parmi l'ensemble des sujets proposés par le ministère de l'Éducation Nationale pour les proposer à leurs élèves le jour de l'EPM. La sélection des ressources a été réalisée lors d'une réunion au lycée : *« nous avons écarté les sujets de la géométrie dans l'espace parce que personne n'a utilisé d'autres logiciels que TI-nspire. Nous avons écarté les sujets de Spécialité parce que j'étais le seul à enseigner la spécialité, de toute façon il n'y avait pas beaucoup de sujets, donc ce n'est pas grave. Il nous a resté donc 13 ou 14 sujets »* (Jean, Entretien Bilan). L'activité de sélection de ressources pour l'EPM est une activité qui s'inscrit au niveau (+2). Cette activité a été déterminée par les potentialités de la technologie *n*spire qui ne permet pas de faire de la géométrie dans l'espace (l'application de géométrie dynamique est restreinte à la géométrie dans le plan). Après la sélection des ressources, les enseignants se sont partagé les sujets de l'EPM pour les préparer pour le jour de l'EPM (préparation pour accompagner les questions éventuelles des élèves le jour de l'EPM). Cette activité de préparation s'inscrit au niveau (+1), il s'agit une nouvelle fois d'une activité individuelle, chaque enseignant préparant les sujets à sa charge de façon individuelle.

Le jour de l'EPM, nous nous sommes installés dans l'une des salles où se déroulait l'expérimentation. Notre analyse de l'observation de l'accompagnement que les enseignants assuraient auprès des élèves le jour de l'EPM a mis en évidence une instrumentalisation différenciée de la technologie *n*spire par les enseignants, impliquant des accompagnements didactiques différenciés d'un enseignant à l'autre. Nous donnons trois exemples[25] pour illustrer cette idée :

Premier exemple

Dans l'épreuve pratique de mathématiques, un élève veut tracer le nuage de points construit à partir des résultats calculés dans le tableur. Mais au lieu d'ouvrir sur le logiciel *n*spire une nouvelle page graphique de la même activité (ce qui permet le passage de l'application tableau à l'application graphique), l'élève ouvre une nouvelle activité. L'enseignant examinateur ne comprend pas le problème :

> **Elève :** *Monsieur, ça ne marche pas !*
>
> **Enseignant :** *Fait un nuage de points*
>
> **Elève :** *J'ai pas les colonnes (elle montre la page graphique)*
>
> **Enseignant :** *je ne sais pas. Continue, ne fais pas le graphique !*

Et, en fin de séance, l'élève ouvre une nouvelle page graphique dans l'activité de départ, par hasard et fait la construction demandée ; elle interpelle le professeur et lui montre :

> **Elève :** *Et tout à l'heure pourquoi, ça ne marchait pas ?*

[25] Les exemples donnés sont tirés des observations de l'EPM réalisées par Gilles Aldon (Aldon 2011), acteur sur le terrain expérimental (§ 5.1.2).

Enseignant : *Je ne sais pas… Il faut rendre la copie !*

Deuxième exemple

Pour calculer l'aire située sous la représentation graphique de la fonction $\left(1+\frac{x}{n}\right)^n$ sur l'intervalle $[0;1]$, un élève sélectionne la courbe (qu'il trace pour $n = 10^6$, le point d'intersection des axes, le point de coordonnées (0,1). L'affichage indique 0. Il revient en arrière en utilisant Ctrl Z.

Enseignant : *Qu'est ce que tu cherches à faire ?*

Elève : *à mesurer l'aire*

Enseignant : *Est-ce que le logiciel te permet de le faire ?*

L'enseignant sélectionne le menu puis refait les manipulations

Elève : *C'est ce que j'avais fait...*

Il revient en arrière avec Ctrl Z.

L'enseignant fait refaire la manipulation à l'élève. L'affichage est toujours 0.

Enseignant : *Il y a un truc que je ne comprends pas* //Il voit la valeur 10^6 de *n*// *Il faut être raisonnable.*

Il modifie cette valeur en 10^2. L'aire s'affiche.

Enseignant : *Pourquoi, ça ne marche pas, je suis incapable de te le dire.*

Il s'éloigne.

Troisième exemple

L'élève travaille un sujet où on demande de chercher des solutions positives de l'équation

$$(E) : \frac{x}{(2lnx+1)^2} = mx$$

A un moment de la résolution, l'élève ouvre un deuxième classeur et une page calcul et écrit : define $f(x) = x/(2lnx+1)^2$ en utilisant la touche carré du clavier. Un message d'erreur apparaît. L'élève rajoute, enlève des parenthèses sans succès. Il ferme le logiciel, le relance, retape la formule en oubliant le carré ; le logiciel affiche *« Terminé »*. L'élève retape la définition avec le carré, et toujours en utilisant la touche carré du clavier. L'erreur réapparaît. Il tape : define $y = mx$; le logiciel renvoi *« Terminé »*. Il tape : define $f(x) =$...

Le professeur passe :

Enseignant : *il faut tracer la courbe*

Elève : *j'ai essayé, ça marche pas !*

Enseignant : *il faut taper x/(…*

L'élève refait avec la touche carré du clavier. L'enseignant signale l'erreur, prend la souris pour montrer la possibilité d'obtenir le clavier de la calculatrice.

L'élève ouvre une page Géométrie & graphiques, tape la formule en utilisant les touches calculatrice et obtient la courbe. L'élève tape ensuite à la suite de $f_2(x) = mx$; rien ne se passe ; Il efface tout. En s'adressant au professeur :

Elève : *il faut le définir, mais je l'avais déjà fait...*

Enseignant : *il y a plus simple ; il explique la possibilité de mettre un curseur* //pour le paramètre m//.

Il prend la souris, règle le curseur pour *m* allant de 0 à 100 et l'anime, puis s'éloigne.

Après l'incident documentaire communautaire, les enseignants expérimentateurs ont gardé leurs activités individuelles pour la réalisation du projet commun, mais en alternant cette fois-ci avec des activités communautaires s'inscrivant directement dans la réalisation du projet comTec. Les activités communautaires dans le cadre de la réalisation du comTec sont limitées au niveau (+2).

6.2.3 Le système de ressources communautaire au deuxième segment temporel

Pour présenter le développement du système de ressources communautaires après l'incident communautaire, nous commençons par présenter les sujets de l'EPM, ressource à l'origine de l'incident communautaire. Nous effectuons ensuite une analyse didactique des ressources recueillies, conçues par les enseignants expérimentateurs dans le cadre de la réalisation du comTec.

Les sujets de l'EPM proposés par le ministère forment, évidemment, une partie du système de ressources communautaire. Ils y a 25 sujets, présentés suivant un modèle fixe : fiche élève, fiche professeur et fiche d'évaluation. Les enseignants ont procédé à une sélection parmi ces sujets (§ 6.2.2). Parmi les sujets proposés, 13/25 sujets portent sur le domaine d'analyse : 2 sujets de modélisation de phénomènes géométriques, 11 sujets constitués de situations mathématiques nécessitant, pour les résoudre, de faire des expérimentations et d'élaborer des conjectures sur lesquelles on s'appuie pour construire une démonstration. Dans certains sujets, le type de logiciel à utiliser est précisé, par exemple, *« en utilisant un logiciel de géométrie dynamique »*, dans d'autres sujets, le choix du logiciel est laissé à la charge de l'élève, par exemple, *« en utilisant un logiciel adapté »*.

Les épreuves pratiques des années précédentes font partie du système de ressources communautaires. Les enseignants les avaient combinées avec d'autres pour préparer leurs élèves à l'EPM (voir la ressource « nombre de solutions d'une équation », dans ce qui suit). En outre, Jean a mis à disposition des enseignants des ressources qu'il a contribué à concevoir dans le cadre d'autres communautés expérimentant la technologie *n*spire (Les ressources conçues dans le cadre d'e-coLab par exemple).

Nous avons recueilli trois ressources, portant sur le domaine d'analyse, conçues par les membres au cours de la période après incident :

- ressource « nombres de solutions d'une équation », conçue par Marie ;
- ressource « suite d'intégrales », conçue par Alexis ;
- ressource « sous-tangente exponentielle » conçue par Jean.

Ce sont les ressources que les membres nous ont envoyées, suite à notre demande. Nous présentons, dans ce qui suit, une analyse de chacune de ces ressources.

<u>Ressource « nombre de solutions d'une équation »</u> (Annexe 21, a)

Le contenu mathématique traité dans la ressource	Dans le problème proposé, on vise à résoudre l'équation $lnx = Kx^2$, suivant les valeurs de *k*, sur $]0;+\infty[$
Le type de la ressource	Situation-problème
Choix didactique	C'est une ressource tirée d'une épreuve pratique des années

	précédentes, combinée avec une fiche technique (style de fiche technique pour les ressources conçues dans le projet e-coLab). Les choix didactiques dans cette ressource sont liés à une contrainte institutionnelle : l'EPM au lycée Poincaré. Dans une première partie de la ressource, on demande de conjecturer, après une expérimentation se basant sur des représentations graphiques, le nombre de solutions en fonction de la variation de *k*. Dans la deuxième partie, on demande un travail de démonstration : des démonstrations à construire en s'appuyant sur les conjectures élaborées (sans que ce soit annoncé explicitement) et d'autres preuves à faire pour valider des conjectures déjà élaborées.
Type de réponses attendues	Résolution sur papier.
Utilisation de la technologie *n*spire dans cette ressource	Marie a déterminé la façon dont les élèves doivent utiliser le logiciel de construction graphique. Dans la fiche technique, elle a fait la proposition de la fonctionnalité « curseur » de la technologie *n*spire pour faire varier la valeur du paramètre *k*.
La stratégie d'enseignement de l'analyse présente dans la ressource	C'est une ressource qui s'inscrit dans le cadre de la préparation de l'EPM. La résolution du problème passera par une démarche expérimentale.
Organisation de l'enseignement de l'analyse	A l'instar des sujets de l'EPM, la façon dont le problème est présenté détermine la gestion didactique de la situation par l'enseignant : Elle suppose une interaction entre enseignant et élève tout au long du processus d'expérimentation : après l'élaboration des conjectures, *« appeler l'examinateur pour valider la conjecture »* ; *« appeler l'examinateur pour vérifier la valeur trouvée »*.

Nous remarquons que la ressource conçue se développe dans une direction orientée par l'EPM. La ressource constitue une ressource type pour l'EPM, elle est moins guidée que les ressources conçues dans la première partie du comTec. Les indications données par l'enseignante orientent les élèves vers des exploitations de la technologie *n*spire dans la réalisation des tâches mathématiques. Expérimentation, élaboration des conjectures et construction des démonstrations et de preuve sont articulés.

<u>Ressource « suite d'intégrales »</u> (Annexe 21, b)

Le contenu mathématique traité dans la ressource	La ressource est formée de deux problèmes : - dans le premier, on vise à calculer la limite de la suite $u_n = \int_0^1 \frac{1}{1+x^n} dx$; - dans le deuxième, on vise à calculer la limite de la suite

	$v_n = \int_1^2 e^{-nt^2} dt$, pour $n \geq 1$.
Le type de la ressource	Situation-problème.
Choix didactique	Du point de vue de l'apprentissage, les deux problèmes sont complémentaires : dans le premier, l'enseignant guide les élèves dans les choix à faire (utilisation du logiciel de représentation graphique, création du curseur pour les valeurs de *n* et utilisation du tableur pour élaborer la conjecture) ; dans le deuxième problème, on laisse à la charge de l'élève le choix des fonctionnalités de la technologie *n*spire pertinente pour réaliser les observations expérimentales. Nous signalons que les démarches à suivre pour réaliser l'expérimentation avec la technologie *n*spire dans le deuxième problème sont les mêmes que pour le premier.
Type de réponses attendues	Résolution sur papier et réponse obtenue par manipulation des productions graphiques.
Utilisation de la technologie *n*spire dans cette ressource	Dans le premier problème, l'enseignant propose d'utiliser la fonctionnalité « curseur » de la technologie *n*spire pour faire varier la valeur de *n* et trouver l'aire des différents termes de la suite ; il propose aussi une utilisation du tableur, sans expliciter les rapports entre les deux types d'utilisation de la technologie *n*spire.
La stratégie d'enseignement de l'analyse présente dans la ressource	C'est une ressource s'inscrit dans le cadre de la préparation à l'EPM. La résolution du problème passe par une démarche expérimentale.
Organisation de l'enseignement de l'analyse	La façon dont l'enseignant présente le problème reste toujours guidée : dans la partie expérimentale, il annonce le type de logiciel à exploiter et la nature d'exploitation du logiciel dans l'activité mathématique de l'élève. Dans la partie théorique, l'enseignant décrit la trajectoire à suivre vers la résolution du problème : encadrement de la fonction, encadrement de son intervalle et utilisation du « théorème des gendarmes ».

Nous remarquons une utilisation avancée de la technologie *n*spire. Par contre, cette utilisation de la technologie reste dans une certaine mesure en décalage avec ce qui est demandé dans la partie théorique, c'est-à-dire dans la construction de la démonstration.

<u>Ressource « sous-tangente exponentielle » (Annexe 21, c)</u>

Le contenu mathématique traité dans la ressource	On vise à étudier une caractéristique de la fonction exponentielle : l'invariant lié à la sous-tangente à l'exponentielle naturelle
Le type de la ressource	Situation-problème.
Choix didactique	La ressource est formée de deux parties : - une partie expérimentale, où on demande de conjecturer la

	longueur de la sous-tangente à la courbe de la fonction exponentielle et la longueur de la sous-tangente à la courbe des fonctions de référence - une « partie théorique » : cette partie théorique est étroitement articulée avec la partie expérimentale. On demande de prouver la conjecture par un calcul algébrique ; utiliser la construction de la partie expérimentale pour faire une construction théorique qui permette de formuler la longueur de la sous-tangente en fonction d'une fonction et de sa dérivée. Ce qui permet ensuite aux élèves de conclure que l'invariance de la sous-tangente est une caractéristique des fonctions exponentielles. Jean a combiné cette présentation du problème avec une fiche technique pour gérer la construction de deux graphiques des élèves.
Type de réponses attendues	Résolution sur papier et réponse obtenue par manipulation des productions graphiques.
Utilisation de la technologie *n*spire dans cette ressource	L'enseignant n'incite pas explicitement dans cette ressource à une utilisation de la technologie *n*spire. Il laisse à la charge des élèves le choix des applications et des fonctionnalités. La technologie *n*spire est imprégnée dans la démarche expérimentale se développant par aller-retour entre manipulation des objets mathématiques (droite de la tangente, représentations graphiques des fonctions) et construction théorique.
La stratégie d'enseignement de l'analyse présente dans la ressource.	C'est une ressource qui s'inscrit dans le cadre de la préparation à l'EPM. La résolution de ce problème passe par une démarche expérimentale.
Organisation de l'enseignement de l'analyse	La façon dont l'enseignant présente le problème reste toujours orientée par l'EPM : dans la partie expérimentale, des consignes comme *« appelez le professeur pour vérifier la construction et la conjecture » ; « appelez le professeur pour vérifier les constructions et les réponses »*. Dans la partie théorique, les instructions de l'enseignant orientent vers des articulations avec la partie expérimentale. Les constructions de démonstrations et de preuves, à partir des interprétations des observations expérimentales, sont laissées à la charge de l'élève.

C'est une ressource qui reflète une instrumentalisation importante de la technologie *n*spire par l'enseignant (ce qui est normal, vu l'engagement de Jean dans des collectifs, expérimentant ou utilisant la technologie *n*spire) : l'articulation entre les parties expérimentale et théorique et leur rôle dans le processus de la résolution du problème en sont des indicateurs. De plus, elle suppose une instrumentation importante des élèves par des fiches techniques et des représentations graphiques (du fait qu'on leur laisse une certaine autonomie dans le travail face à la machine).

Le système de ressources communautaires a subi une réorganisation : le nombre de ressources appliquant la démarche expérimentale adoptée dans le cadre de la résolution des situations-problèmes mathématiques a augmenté. La participation à des activités de conception de ressources était individuelle.

Pour synthétiser, chacun conçoit de façon individuelle les ressources pour l'expérimentation. De ce fait, le système de ressources communautaires poursuit son développement sous la forme de sous-systèmes. Par contre, l'articulation entre ces sous-systèmes est plus assurée après l'incident documentaire communautaire. L'incident documentaire communautaire a motivé des échanges entre les enseignants à propos des ressources conçues par chacun des enseignants pour le projet comTec, de TP des années précédentes, de ressources de Jean conçues dans le cadre d'autres communautés (e-coLab particulièrement). Sous l'effet de l'incitation de l'EPM, nous remarquons un développement du système de ressources communautaires par des ressources types de l'EPM. Les ressources conçues dans ce segment temporel, utilisant la technologie *n*spire, ne portent pas sur une modélisation des phénomènes (de la vie quotidienne ou géométrique), comme c'était le cas au premier segment temporel. Ceci est du au fait que car la plupart des sujets d'EPM proposés par le ministère sont des situations mathématiques induisant une démarche expérimentale.

6.2.4 L'organisation des visions des membres au deuxième segment temporel

Nous analysons les visions à partir des réponses des enseignants au questionnaire 2. Le questionnaire 2 a été renseigné par 5 enseignants. Les enseignants ayant répondu à ce questionnaire sont ceux qui sont les plus engagés dans le déroulement de l'expérimentation. L'étude de l'organisation de leurs visions semble donc déterminante.

Visions des mathématiques

L'analyse du positionnement des enseignants entre l'aspect expérimental et l'aspect formel des mathématiques révèle une certaine stabilité de la position des enseignants : deux enseignants se positionnent plutôt du côté expérimental, deux enseignants se positionnent plutôt du côté formel et un enseignant se positionne entre les deux. Chacun des cinq enseignants expérimentateurs a gardé les mêmes réponses que le questionnaire 1 (§ 6.4.1). Les deux enseignants qui se sont placés du côté expérimental ont justifié leur choix comme suit :

- le premier a noté : *« Je pense qu'il est important que ce soient les élèves qui fassent des maths en classe. L'aspect expérimental des maths s'y prête bien »*. Cette justification du choix reflète une vision des mathématiques se construisant par la propre activité de l'individu ;
- le deuxième a noté : *« Parfois cet aspect permet de donner du sens à certains concepts difficiles à assimiler. Les multiples éclairages (machine, graphique, géométrique et algébrique) pour le concept de fonction doivent offrir aux élèves la possibilité de mieux comprendre »*. Cette justification de choix reflète une vision des mathématiques se développant en fonction de l'évolution de la valeur sémantique des concepts.

Nous avons demandé aux enseignants expérimentateurs, par une question à choix multiples, d'exprimer leur qualification des rapports entre les mathématiques et les différentes disciplines scientifiques. Les réponses à ces questions montrent que les enseignants gardent toujours une vision des mathématiques comme outil théorique pour les autres disciplines scientifiques. Les

deux enseignants qui se sont placés dans l'aspect expérimental ont justifié leur choix en parlant des mathématiques dans le contexte de l'enseignement (voir tableau 19).

	Outils théoriques pour	***Relations interactifs avec***	***Domaine totalement indépendant de***
Physique	4	1	0
Chimie	4	1	0
Biologie	3	1	0
Informatique	3	2	0

Tableau 19. Rapports entre mathématiques et les disciplines scientifiques (questionnaire 2)

Visions de l'enseignement des mathématiques

Nous remarquons que les enseignants sont toujours réticents à un changement de leurs rapports aux mathématiques. Nous imputons ce fait à plusieurs facteurs : le caractère relativement modeste des tâches mathématiques que les enseignants emploient avec la technologie *n*spire, la difficulté de préparation des cours avec la technologie *n*spire et les difficultés dans la configuration de la classe. Tous ces facteurs conduisent à une conservation des formes constitutives des KM et KE existantes.

Dans une question sur la source de documentation des enseignants, les réponses (voir tableau 17, page 115) laisse transparaître un renforcement de la place des ressources échangées avec les collègues et de celles rencontrées en formation. Les enseignants expérimentateurs n'ont que ce type de ressources comme source de documentation. Toutefois, ceci entraîne toujours une richesse dans les formes constitutives de mode de conception de ressources pour le projet comTec. Pour repérer certaines de ces formes constitutives de ressources, nous avons demandé aux enseignants quels étaient les apports de la technologie *n*spire pour leur travail d'enseignement (tableau 20). Les réponses reflètent des modes de conception de ressources basées sur des activités mathématiques renforçant la place des interactions entre élèves et enseignants.

	Pas du tout	*Peu*	*Raisonnablement*	*Beaucoup*
Ajouter des difficultés à votre travail de préparation de cours	0	1	4	0
Ajouter des difficultés à la configuration de la classe avec la technologie	0	2	2	1
Modifier votre rapport aux mathématiques	3	1	1	0
Favoriser vos interactions avec les élèves	**0**	**1**	**1**	**3**
Faciliter votre enseignement de certaines notions	0	1	2	2

Tableau 20. Les apports de l'expérimentation pour le travail de l'enseignement des mathématiques (questionnaire 2)

D'après notre analyse des visions de l'enseignement des mathématiques, nous concluons que ces visions se rapprochent dans le cadre du projet comTec (rapprochement locale des visions).

Visions des TICE

Les réponses aux questions posées aux enseignants concernant leur rapport à la technologie en général témoignent de leur intérêt pour les TICE dans leur travail d'enseignement. En revanche, en ce qui concerne le rôle des TICE dans la motivation de l'apprentissage des élèves, leurs points de vue sont partagés.

En ce qui concerne le rôle qu'ils assignent aux TICE dans leur enseignement, nous avons constaté un certain rapprochement de visions : les enseignants assignent un rôle important aux TICE dans la construction du savoir des élèves (voir tableau 21). Cette convergence de visions engendre respectivement des formes constitutives de KE et des formes constitutives de mode de conception de ressources pour l'expérimentation similaires.

Rôle	***Pas du tout***	***Faible***	***Fort***
Dans la construction du savoir mathématique des élèves	0	1	3
Pour mettre en relation les notions et leur sens	0	1	3
Pour faire fonctionner des notions et concepts mathématiques	0	1	3
Pour développer la collaboration entre élèves	0	2	1

Tableau 21. Le rôle qu'ils assignent aux TICE dans leur travail d'enseignement (questionnaire 2)

Parmi les domaines mathématiques leur semblant pertinents pour l'utilisation des TICE, les enseignants placent au premier rang l'analyse (voir tableau 22). Les raisons évoquées relèvent souvent le rôle des TICE dans l'élaboration de conjecture pour les démonstrations en analyse : *« Connaître le résultat à l'avance place l'élève dans la situation "montrer que" plus confortable pour valider »* (questionnaire 2).

Domaine	***Effectif***
Calcul	3
Analyse	5
Géométrie	3
Algèbre	3
Probabilité et Statistique	3

Tableau 22. Domaine mathématique pertinent pour l'utilisation des TICE

L'analyse des réponses à une question sur les fonctionnalités de la technologie *n*spire et les fréquences de leur utilisation nous amènent à remarquer la présence d'une évolution dans l'utilisation simple de ces différentes fonctionnalités (tableur et calcul formel) ; certains enseignants ont même utilisé les liens entre les différentes applications. Par contre, tous ces usages demandent une gestion didactique complexe dans la classe (usage des projections d'écran de la calculatrice et du logiciel, usage des aspects dynamiques) (voir tableau 23).

En guise de conclusion, nous dégageons une convergence de visions TICE : les TICE jouent un rôle dans l'élaboration des conjectures et contribuent donc à la construction du savoir. Il nous semble que cette convergence de visions est locale, étroitement liée au comTec.

Les outils technologiques	*Pas du tout*	*Peu*	*Souvent*	*Très souvent*
L'usage de calcul formel	0	2	3	0
L'usage du tableur dans une calculatrice	0	1	0	4
L'usage du lien entre les applications que permet cette technologie	0	2	2	1
L'usage de la version logicielle pour l'ordinateur	0	2	3	0
L'usage de la projection d'écran de la calculatrice	2	1	1	1
L'usage de la vidéo-projection de l'écran du logiciel	3	1	1	0
L'usage des aspects dynamiques	1	2	1	1
La gestion des documents	2	1	0	1

Tableau 23. L'usage par les enseignants expérimentateurs des différentes fonctionnalités de la technologie nspire (questionnaire 2)

Les visions du travail collectif

Les enseignants expérimentateurs ont développé des visions du travail collectif engendrant des activités mathématiques pour l'enseignement : *« Coordination nécessaire au niveau de la création de ressources, au niveau de la gestion de la salle info… » ; « Pour apprendre la technologie, préparer les TP et organiser l'épreuve pratique »*. Ce constat se renforce dans les réponses données sur la représentation du travail collectif entre des professeurs de mathématiques au lycée : *« Mutualisation des ressources ; création collaborative de ressources »* ; *« Échanger sur les progressions de façon à les rendre plus homogènes »* ; *« Amener les élèves à percevoir la cohérence entre les enseignements dispensés par les différents professeurs qu'ils côtoient au cours de leur scolarité »*. Dans ces réponses, des termes renvoyant à une « homogénéité » et une « cohérence » renvoient à une coordination entre les différents enseignants. L'illustration de ces visions est toujours restée locale, dans le cadre de la communauté des enseignants expérimentateurs (voir tableau 24). Nous constatons une certaine convergence des visions du travail collectif : échanger et mutualiser des ressources pour coordonner l'enseignement assuré par les différents professeurs

	Non	*Rarement*	*Souvent*	*Très souvent*
Des collègues expérimentant TI *n*-spire ?	**0**	**2**	**3**	**0**
D'autres collègues de mathématiques ?	2	2	1	0
D'autres collègues ? (dans quel contexte ?)	3	2	0	0

Tableau 24. Les collègues avec qui les enseignants expérimentateurs ont travaillé durant l'expérimentation (questionnaire 2)

Les visions des mathématiques comme domaine théorique sont dominantes. Les visions de l'enseignement des mathématiques sont « hybrides » chez les enseignants : les visions de l'enseignement de mathématiques dans le cadre du comTec se sont rapprochées et les visions de l'enseignement des mathématiques hors comTec restent éloignées. Si nous croisons les résultats des visions de mathématiques et des visions des TICE, nous remarquons la présence d'une certaine opposition (du point de vue épistémologique). Les visions des TICE sont étroitement liées à comTec. Elles ne sont pas « décontextualisées » de cette expérimentation. De même, pour les visions du travail collectif, elles sont étroitement liées à l'engagement de la technologie *n*spire dans la préparation de l'EPM.

6.2.5 L'organisation de la communauté au deuxième segment temporel

Nous commençons par la description de l'organisation de la communauté au deuxième segment temporel. Nous abordons ensuite la question des interactions entre visions et organisation de la communauté pour approcher le monde de la communauté après l'incident documentaire communautaire.

La préparation de l'EPM a placé les enseignants expérimentateurs dans une situation d'échanges et d'interactions. Les interactions sont restées dans un cadre organisationnel de l'EPM. Les échanges de nature didactique sont restés dans un cadre déterminé par l'institution et par la technologie *n*spire utilisée au lycée (choix des sujets de l'EPM). L'incident documentaire communautaire n'a donc pas contribué à une réorganisation des rôles des membres, mais il a incité à davantage d'échanges entre les membres (qui sont restés, dans leur majorité, dans un cadre organisationnel ou autour des usages de la technologie *n*spire). Les effets de l'incident documentaire communautaire sur l'organisation de la communauté sont limités.

Les rôles des membres restent quasiment identiques, avec un rôle de coordination pour Jean. L'incident documentaire communautaire a renforcé le rôle de Jean comme référent pour les enseignants.

Le rapprochement local des visions (en particulier des TICE et du travail collectif), avec une organisation de la communauté renforçant le rôle de Jean, a conduit à un monde de communauté, dans le contexte du projet comTec, plus cohérent qu'au premier segment temporel.

6.2.6 Résultats de l'analyse du deuxième segment temporel

Le processus de participation est engendré par les activités individuelles des enseignants pour la préparation de l'EPM et les activités communautaires pour la passation de l'EPM au lycée. Cette participation, articulant activités individuelles et activités communautaires, a conduit à une réorganisation du système de ressources communautaires ayant comme intersection les ressources proposées pour la préparation de l'EPM et les ressources produites par les activités communautaires. Un équilibre entre les processus de participation et de documentation a été relativement maintenu, ce qui justifie le passage au stade de fusion de la CoP.

Les trois visions de l'enseignement des mathématiques, des TICE et du travail collectif se sont rapprochées localement. Le rapprochement de ces visions reflète un rapport important à comTec : l'enseignement se base sur l'interaction entre enseignant et élève, les TICE ont un rôle dans l'élaboration des conjectures, des échanges et mutualisations des ressources permettent de coordonner l'enseignement. L'organisation de la communauté a évolué au niveau des échanges entre les membres, notamment en ce qui concerne des échanges autour de l'usage de la technologie *n*spire. Par contre, il n'a pas eu de réorganisation des rôles des membres, mais

l'organisation de la communauté, avec Jean comme référent pour les membres de la CoP, et le rapprochement des visions déterminantes par rapport au projet commun ont permis au système de ressources communautaires d'être un point d'appui pour la participation. Se dégage alors un équilibre entre les processus participation et documentation.

6.3 Conclusion sur la documentation communautaire dans comTec

Dans cette partie, notre objectif était de comparer la documentation avant l'incident documentaire communautaire et la documentation après l'incident afin de constater les effets de l'incident sur le développement de la documentation communautaire.

Nos analyses nous permettent de mettre en évidence le fait que l'incident a incité à des rapprochements des visions des TICE, de l'enseignement des mathématiques et du travail collectif. Nous expliquons cela par la nature du projet, dont la réussite est intrinsèquement liée à la réussite du projet propre à chacun des enseignants expérimentateurs. Le rapprochement de ces trois visions a été renforcé par le contenu des sujets de l'EPM (sources de l'incident).

Le système de ressources communautaires s'est développé autour de la ressource à l'origine de l'incident (situations-problèmes, conjectures à élaborer, organisation de la mise en œuvre de la ressource). Le processus de participation a été régénéré du fait de l'incident (activité communautaire pour la passation de l'EPM). L'incident communautaire a donc renforcé l'émergence de la CoP et accéléré la documentation communautaire, on est passé du stade d'incubation au stade de fusion à la suite de l'incident documentaire communautaire.

6.4 Analyse d'une documentation individuelle dans comTec - cas d'Alexis

Dans cette partie, nous commençons par une présentation d'Alexis. Nous poursuivons ensuite une analyse de chacune des trois périodes de suivi, en analysant les données recueillies des différents outils méthodologiques et des ressources conçues durant cette période de suivi. A la fin de cette partie nous présentons une conclusion.

6.4.1 Présentation d'Alexis

Alexis (48 ans) est enseignant de mathématiques depuis 26 ans : il a exercé 21 ans au lycée et 4 ans au collège. Il travaille au le lycée Poincaré depuis 6 ans. Il a cette année (année de suivi) une classe de terminale scientifique, qu'il n'avait pas l'année précédente. Formateur à l'IUFM, il suit également deux stagiaires tout au long de l'année.

Il a commencé sa carrière comme enseignant auxiliaire pendant 4 ans à l'île de la Réunion, puis a passé le CAPES. Il qualifie l'année de CAPES comme « extraordinaire », il fait beaucoup référence aux formateurs qu'il y a rencontrés. Tout au long de la période de suivi, il fait aussi référence à son expérience à la Réunion où il a enseigné pendant une vingtaine d'année. Il a animé des stages dans des équipes encadrées par les IPR.

Son utilisation de la technologie pour la préparation de cours est occasionnelle. Il utilise le logiciel de traitement de texte Word. Par ailleurs, l'utilisation des TICE dans ses classes se limite au tableur et à la calculatrice graphique.

6.4.2 Analyse de la première période de suivi

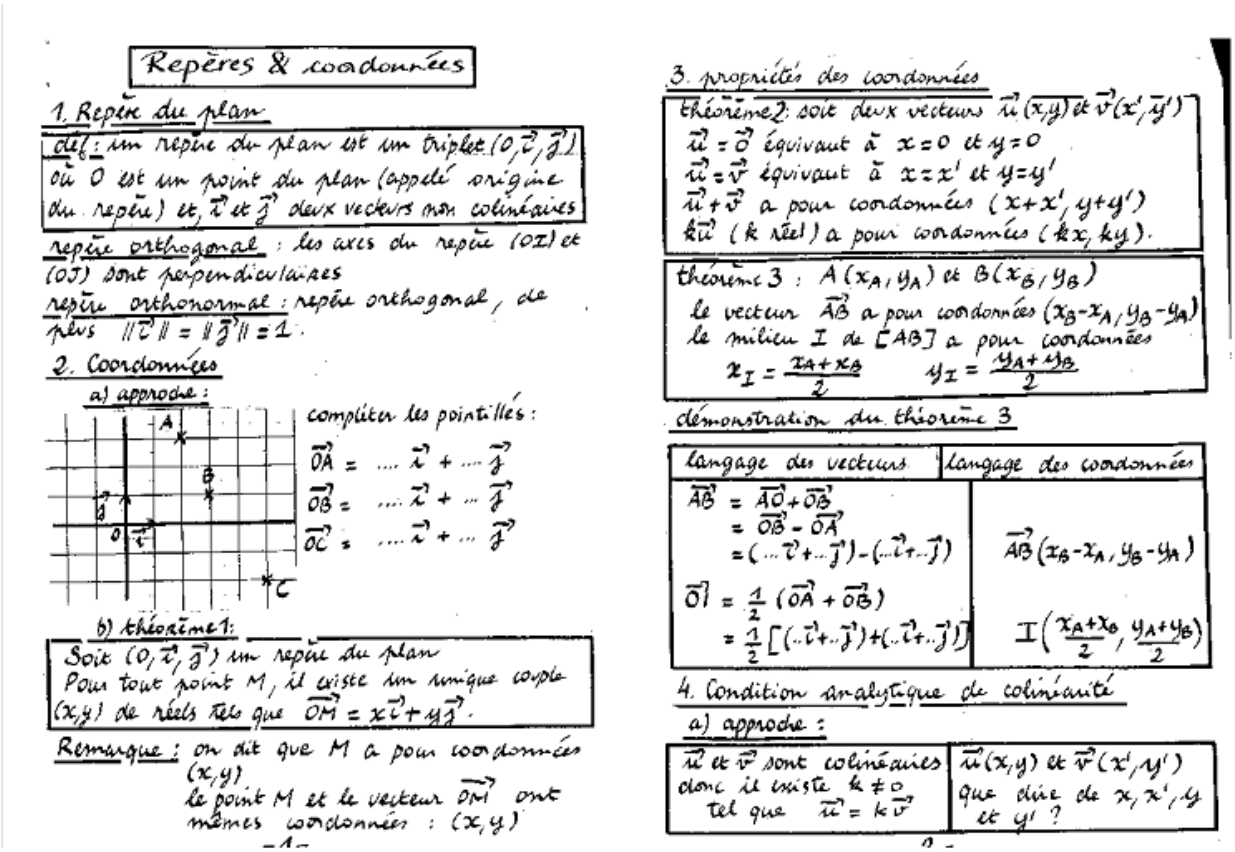
Nous commençons par une analyse de l'entretien à domicile, l'analyse du questionnaire 1 et analyse de la RSSR pour repérer des éléments de ses visions. Nous continuons par l'analyse du journal de bord 1 et l'analyse des ressources conçues par Alexis. A la fin de cette partie nous présentons une conclusion croisant les résultats des analyses.

Entretien à domicile

Nous appuyons notre analyse sur des extraits de l'entretien, entretien dont la transcription complète se trouve en annexe 15.

Approche du système de ressources d'Alexis d'après l'entretien à domicile

La grande partie des ressources d'Alexis élaborées au cours des années précédentes sont des ressources sous format papier manuscrit (voir figure 11), des ressources construites par « couper/ coller » (voir figure 12) ou bien des fichiers mixtes (parties manuscrites et partie « couper/coller ») (voir figure 12). Ceci témoigne du caractère marginal de l'ordinateur, comme support de ressource pour Alexis.



Repères & coordonnées

1. Repère du plan

déf : un repère du plan est un triplet $(O, \vec{i}, \vec{j})$ où O est un point du plan (appelé origine du repère) et, $\vec{i}$ et $\vec{j}$ deux vecteurs non colinéaires

repère orthogonal : les axes du repère (OI) et (OJ) sont perpendiculaires

repère orthonormal : repère orthogonal, de plus $\|\vec{i}\| = \|\vec{j}\| = 1$.

2. Coordonnées

a) approche :

compléter les pointillés :

$\vec{OA} = \dots \vec{i} + \dots \vec{j}$

$\vec{OB} = \dots \vec{i} + \dots \vec{j}$

$\vec{OC} = \dots \vec{i} + \dots \vec{j}$

b) théorème 1 :

Soit $(O, \vec{i}, \vec{j})$ un repère du plan. Pour tout point M, il existe un unique couple (x,y) de réels tels que $\vec{OM} = x\vec{i} + y\vec{j}$.

Remarque : on dit que M a pour coordonnées (x,y). Le point M et le vecteur $\vec{OM}$ ont mêmes coordonnées : (x,y)

3. propriétés des coordonnées

théorème 2 : soit deux vecteurs $\vec{u}(x,y)$ et $\vec{v}(x',y')$

$\vec{u} = \vec{0}$ équivaut à $x=0$ et $y=0$

$\vec{u} = \vec{v}$ équivaut à $x=x'$ et $y=y'$

$\vec{u}+\vec{v}$ a pour coordonnées $(x+x', y+y')$

$k\vec{u}$ (k réel) a pour coordonnées (kx, ky).

théorème 3 : $A(x_A, y_A)$ et $B(x_B, y_B)$

le vecteur $\vec{AB}$ a pour coordonnées $(x_B - x_A, y_B - y_A)$

le milieu I de [AB] a pour coordonnées

$x_I = \frac{x_A + x_B}{2}$ $\quad y_I = \frac{y_A + y_B}{2}$

démonstration du théorème 3

langage des vecteurs	langage des coordonnées
$\vec{AB} = \vec{AO} + \vec{OB} = \vec{OB} - \vec{OA} = (\dots\vec{i} + \dots\vec{j}) - (\dots\vec{i} + \dots\vec{j})$	$\vec{AB}(x_B - x_A, y_B - y_A)$
$\vec{OI} = \frac{1}{2}(\vec{OA} + \vec{OB}) = \frac{1}{2}[(\dots\vec{i} + \dots\vec{j}) + (\dots\vec{i} + \dots\vec{j})]$	$I\left(\frac{x_A + x_B}{2}, \frac{y_A + y_B}{2}\right)$

4. Condition analytique de colinéarité

a) approche :

$\vec{u}$ et $\vec{v}$ sont colinéaires donc il existe $k \neq 0$ tel que $\vec{u} = k\vec{v}$	$\vec{u}(x,y)$ et $\vec{v}(x',y')$ que dire de x, x', y et y' ?

Figure 11. Fichiers manuscrit parmi les ressources d'Alexis

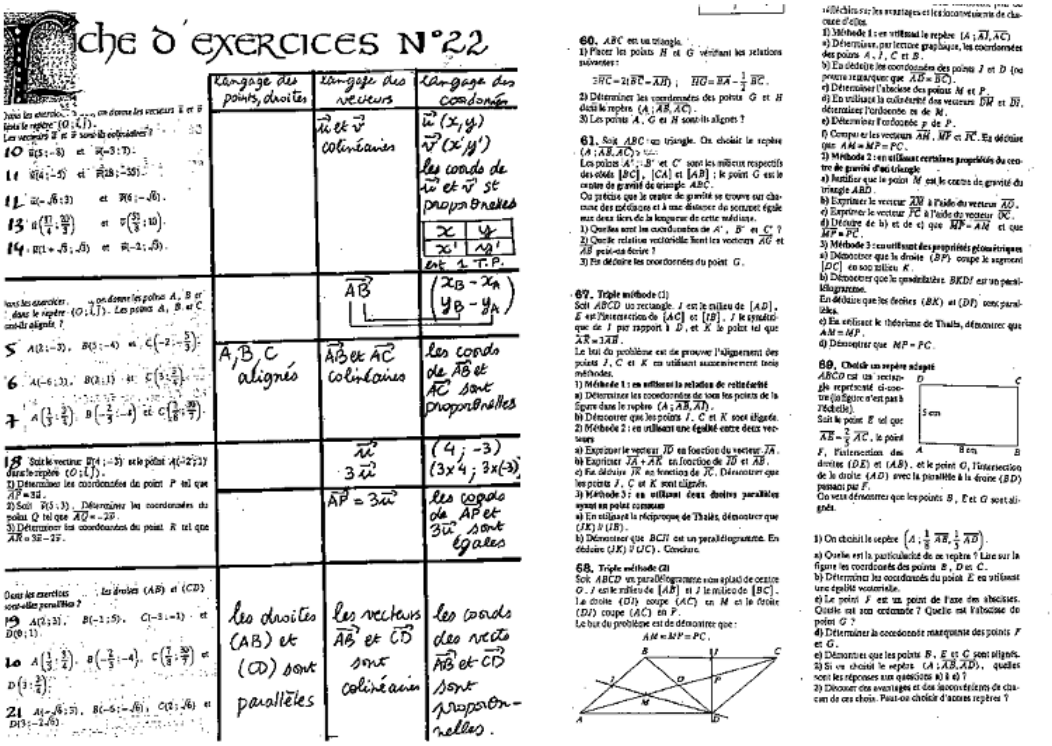


Figure 12. Ressources couper/coller et ressources mixtes d'Alexis

En fonction du moyen d'action pour l'enseignement des mathématiques qu'elles constituent, on peut distinguer différents types de ressources (§ 3.5.3) dans le système de ressources d'Alexis :

Des ressources qui permettent à l'enseignant de forger le savoir à enseigner : on trouve par exemple des fiches « méthodes mathématiques » (détermination du domaine de définition d'une fonction rationnelle). Il possède également des ressources mathématiques qui servent comme outils pour enseigner de nouveaux concepts (représentation graphique d'une fonction sur laquelle on s'appuie pour demander aux élèves de dresser le tableau de variation d'une fonction). Nous avons remarqué la présence de ressources sur l'histoire des mathématiques, auxquelles Alexis s'attache fortement (par exemple des ressources sur l'histoire des nombres complexes, recours à l'histoire pour l'enseignement de la suite de Fibonnacci, l'histoire des mathématiques grecques, des ressources sur l'histoire de la résolution des équations du premier et du second degré, l'histoire du calcul infinitésimal) ;

Des ressources supports qui permettent de préparer son enseignement. Il s'appuie sur un grand classeur qui contient des parties cours, des parties exercices et les devoirs surveillés élaborées les années précédentes. Les ressources dans ce classeur sont organisées par leçon et chaque leçon est organisée de la façon suivante : une activité introductive, le cours, les exercices, les devoirs surveillés et leurs corrigés. A propos ce classeur, il dit : *« Au niveau des productions… moi mon gros travail, je dirai à peu presque 90% de mon travail il est là »* (phrase 2) ; *« c'est un support principal »* (phrase 88). A l'intérieur du classeur, les ressources sont classées chronologiquement (par année), depuis son arrivée au lycée Poincaré (jusqu'à 5 ans). Parmi les ressources support d'Alexis, il y a ses ressources de formateur qui contiennent les programmes officiels et les BO. La sollicitation par les inspecteurs pour animer des formations, qui l'ont poussé à concevoir des ressources parfois spécifiques (en géométrie pour la seconde : triangle semblable et isométrie ; exercices de lieu géométrique).

Le tableur fait partie de son système de ressources, ce qui a contribué, selon Alexis, à une prise en main rapide, aussi bien par lui que par les élèves de la fonctionnalité de la technologie *n*spire. Pour lui, le tableur constitue un outil d'investigation dans la résolution des problèmes : *« On peut dire que le tableur du logiciel TI-nspire que c'est un vrai tableur, tandis que les autres ne sont pas des vrais tableurs, et les élèves rapidement se le sont appropriés. Ce tableur permet de poser des problèmes, des vrais problèmes. C'est vraiment un vrai outil d'investigation »* (phrase 6). L'intégration des TICE dans son travail d'enseignement a eu lieu pour la première fois en réponse à une sollicitation institutionnelle : *« J'ai commencé vraiment à utiliser l'informatique quand j'étais contacté par l'inspecteur général pour animer une présentation pour les professeurs des lycées sur les programmes des classes de seconde, première et terminale … donc j'ai préparé absolument, tout à fait sur l'ordinateur, et puis il a fallu se mettre à cabri géomètre, c'était vraiment la première fois »* (phrase 8).

Nous remarquons l'absence de ressources provenant des échanges et mutualisation avec des collègues, bien qu'Alexis apprécie les échanges avec les collègues quand cela est possible : *« Des choses que j'ai échangées avec mes collègues ou qu'on peut échanger avec des collègues, quand on peut échanger on apprend beaucoup des collègues »* (phrase 6). En outre, il affirme : *« moi j'ai mes propres idées, mes idées pas des idées farfelues, ces idées qui me sont venues tout au long de ma carrière, en discutant avec des gens, en animant des stages, des lectures aussi… »* (phrase 128). Ces ressources font partie de son système de ressources. Les ressources d'Alexis conçues dans les années précédentes sont fortement présentes. Par exemple, une fiche méthode manuscrite sur la détermination graphique d'une fonction. Autour de cette fiche il affirme : *« cette fiche est une fiche que j'avais imaginé il y a 18 ans à peu près, mais pas sous cette forme là. Elle a été modifiée, bien sûr, dans un ou deux de ces paragraphes… »* (phrase 6).

En ce qui concerne les ressources numériques d'Alexis, elles sont sur son ordinateur en nombre réduit avec une organisation *« anarchique »* suivant sa qualification : *« j'en ai pas beaucoup, j'en ai pas beaucoup, je te les marquées. J'ai marqué que je les fais d'une façon occasionnelle, c'est-à-dire je ne le fais pas souvent »* (phrase 36).

Comme conclusion provisoire à propos du système de ressources d'Alexis, nous disons que le système de ressources est relativement stable depuis des années et les ressources papiers élaborées dans les années précédentes y sont centrales. L'intégration des ressources se rapportant aux TICE dans son travail d'enseignement a eu lieu tout au long de son expérience par des sollicitations institutionnelles.

Le système d'activité d'Alexis dans la première période de suivi

Nous commençons par les classes de situations. Nous avons repéré 6 classes de situations :

Concevoir de ressources. Alexis conçoit des fiches manuscrites pour ses élèves. Il annonce deux finalités pour ce choix : faciliter l'appropriation des fiches par les élèves et économiser du temps ; *« la fiche c'est quelque chose qui appartienne aux élèves, s'il a envie de souligner des choses, s'il a envie d'entourer les choses. Il fait ce qui veut, dans le manuel il peut pas, ça c'est le plus embêtant. Donc ça lui appartient, c'est à lui la fiche, donc il fait tout ce qu'il veut. Après, pourquoi une fiche ? Parce que je trouve que plutôt que de copier la leçon au tableau et de le faire copier aux élèves, je ne pense pas que ça peut être beaucoup productif au niveau des mathématiques »* (phrase 12). Suivant la finalité annoncée, nous plaçons cette classe de situation dans la famille d'activité [C/O Découverte] (une description des différentes familles d'activité se trouve dans § 3.5.5).

Chercher des ressources pour son enseignement. Alexis cherche souvent des ressources liées à l'histoire des mathématiques pour élaborer son enseignement. Par exemple, l'enseignement de la suite de Fibonnacci : *« J'ai préparé un document avec mes élèves sur la suite de Fibonnacci, donc j'avais préparé un TP qu'on a fait avec le logiciel et puis j'ai trouvé que c'était un moment où j'aimais de mettre un petit peu de l'historique. Donc, dans le document, il y avait une note historique sur Fibonnacci »* (phrase 84). Alexis a souvent recours à ce type de ressources pour élaborer des énoncés pour sa classe, ce qui justifie son emplacement dans la famille d'activité [C/O Synthèse].

Préparer un cours pour la classe de terminale. La préparation de ses cours a évolué au fil des années en fonction de son interprétation des réactions des élèves : *« Avant j'aurais fait une fiche sur toute la leçon, maintenant ma fiche est entrecoupé d'exercices de façon à garder mes élèves mobilisés. Si tu passes quatre heures ou cinq heures à faire une leçon, au bout d'un moment ils*[les élèves] *décrochent »* (phrase 12). Nous plaçons ceci dans la famille d'activité [C/O synthèse].

Modifier des ressources. La modification des ressources chez Alexis est conditionnée par plusieurs facteurs : les changements de programme, sa propre expérience et la mise en œuvre de la ressource en classe ; *« soit les programmes ont changé donc je modifiais et moi-même à cause de ma propre expérience, j'étais amené à modifier en disant "là j'étais trop ambitieux", "à pas assez", "là ce n'est pas clair". Donc c'est bien évidemment l'utilisation en classe qui fait soit c'est bon soit c'est moins bon, soit on garde, soit on modifie, donc évidemment tout vient du déroulement de la séance avec les élèves »* (phrase 12) ; *« Peut être que dans l'année prochaine dans la même époque, il y en a encore qui ont changé, parce que là, on a un gros problème au niveau des élèves…il y en a des élèves qui sont peu attentifs et peu travailleurs…Ça dépend de comment fonctionne en classe »* (phrase 92). Ceci reflète une activité de révision d'Alexis de ses propres ressources, nous la plaçons dans la famille d'activité [C/O Synthèse].

Mettre la technologie *n*spire à disposition des élèves. Alexis met la technologie *n*spire à disposition de ses élèves et c'est par interactions entre l'enseignant et les élèves durant les séances de classe que se développent les genèses instrumentales, d'une part, de l'enseignant, d'autre part, de l'élève : *« Mais pour moi, c'est un truc en plus si tu veux que je suis en train de travailler, je suis en co-apprentissage avec mes élèves… Je regarde, je vois à peu près comment ça marche pour que je ne paraisse pas bête devant les élèves, après je travaillais avec eux, et j'apprends avec eux et après je remodifie … Je joue le jeu, pour moi ça fait partie de mon cours »* (phrase 164). Nous plaçons les activités réalisées dans ce type de situations dans la famille d'activité [C/O Synthèse].

Préparer une séance introduisant la technologie *n*spire. Alexis a préparé une séance pour mettre en évidence la signification de la différence entre l'expression algébrique d'une courbe et l'expression algébrique d'une droite en utilisant la technologie *n*spire (l'application graphique et géométrique). Ceci dans le but de visualiser par des représentations ce qu'on démontre algébriquement. A propos de cette activité Alexis affirme : *« Ça je l'ai rajouté* [tout ce qui se rapporte au logiciel *n*spire dans la ressource] *et puis j'ai changé un peu ma pratique »* (phrase 160). Nous plaçons ceci dans la famille d'activité [C/O Découverte].

Pour synthétiser, les classes de situations repérées s'organisent en deux familles d'activités : [C/O Découverte] et [C/O Synthèse]. Elles comportent une intégration première de la technologie *n*spire dans le travail d'Alexis.

Continuons avec les familles d'activité repérées dans cet entretien :

[C/O Découverte]. A ce moment du développement du projet commun, Alexis cherche à comprendre les différents usages de la technologie *n*spire dans son travail d'enseignement : « *je vois dans quelle situation est-il judicieux d'utiliser par exemple la machine à calculer où le logiciel ?* » (phrase 2).

[Réflexion]. Nous repérons une activité appartenant à cette famille d'activités : le suivi de la formation au lycée pour la prise en main de la technologie *n*spire.

[Vie collectif]. Nous repérons deux activités qui s'inscrivent dans cette famille d'activités, qui remontent à quelques années antérieures et qui ne sont pas en rapport avec le projet comTec :

- participation à la commission d'élaboration des sujets de baccalauréat après convocation par les inspecteurs : *« Depuis l'année dernière et l'année d'avant, j'avais été convoqué par l'inspecteur pour faire partie de la commission d'élaboration des sujets de Baccalauréat… Donc on avait à préparer un sujet de bac STG… tu as ici le sujet, ça c'est le problème, ça n'était pas la version définitive, si tu veux la version définitive, tu regardes les sujets en Polynésie de 2007 et 2008. Les deux sujets de Polynésie ce sont les miens »* (phrase 43) ;
- animation d'un stage au Maroc autour des thèmes : l'histoire des mathématiques dans la pratique quotidienne, la liaison mathématiques-physique, la théorie des graphes et la géométrie dans l'espace : *« j'avais, si tu veux ces quatre thèmes à traiter et à aborder avec des stagiaires, j'avais des documents à préparer et donc il m'a fallu un mois pour travailler là-dessus »* (phrase 82).

Nous avons cités ces deux activités, qui se rapportent à quelques années antérieures, parce que des traces sont toujours présentes dans son système de ressources (notamment les ressources en rapport avec l'histoire des mathématiques).

Comme conclusion provisoire autour du système d'activité d'Alexis, la présence de la technologie nspire parmi l'ensemble de ses ressources a conduit à une émergence de la place des activités appartenant à la famille [C/O Découverte].

Des éléments du monde d'Alexis

Nous inférons de cette première analyse des éléments sur le monde du professeur. Nous notons en premier lieu que sa formation au CPR (Centre Pédagogique Régional) et son expérience à la Réunion ont particulièrement déterminé vision de l'enseignement des mathématiques : *« je sais que pour moi, dans ma carrière, il y a eu avant le CPR et l'après CPR et l'après CPR ça a été vraiment quelque chose »* (phrase 142). Dans cet entretien, nous dégageons des éléments sur ses visions de l'enseignement des mathématiques, des TICE et du travail collectif.

En ce qui concerne la vision de l'enseignement de mathématiques, nous repérons deux formes constitutives de KE :

- les représentations graphiques forment une entrée pour enseigner les fonctions : *« la lecture graphique ça consiste, à pouvoir déterminer graphiquement une fonction, ici dans cet exercice, il y a pas à pas le procédé qui permet graphiquement de déterminer l'image d'une valeur »* (phrase 6) *;*
- les élèves doivent être mise en situation d'autoproduction du savoir : *« Moi je dis plus les élèves font des mathématiques en classe, moi j'en fais moins. Le but du jeu c'est que les élèves en fassent, c'est pas moi… il faut que les élèves soient en situation de production en classe et pas en situation d'écoute »* (phrase 12) ; *« ils*[les élèves] *me disent : "nous, nous n'avons pas l'habitude monsieur, on n'a pas l'habitude de faire comme ça, on a*

l'habitude de copier la leçon". Je dis que avec moi, c'est vous qui avez à faire et moi qui avait à regarder » (phrase 156). Il explicite cette forme par une métaphore qui lui a été donnée en formation à la Réunion par un formateur : *« je pense qu'un prof de maths est plutôt comme un prof de natation, le prof de natation quand il apprend quelqu'un à nager, il est sur le bord de la piscine avec une perche et il donne les consignes. On n'a jamais vu un maitre nageur entrain de nager et dire aux gens derrière faites comme moi* » (phrase 12). Nous lui avons demandé dans quel sens il désigne le verbe « produire », sa réponse était : *« Produire c'est-à-dire faire des exercices, compléter des démonstrations avec des trous, résoudre un problème… Faire des mathématiques pour moi c'est faire un exercice (un énoncé), c'est compléter une démonstration c'est faire un devoir surveillé, faire une activité, utiliser la machine à calculer, utiliser un logiciel comme on a pu le faire depuis le début de l'année »* (phrase 158).

En ce qui concerne la vision des TICE, nous inférons deux formes constitutives de KE et de mode de conception de ressources chez Alexis :

- les élèves sont plus autonomes quand ils travaillent avec les TICE : *« je pense que quand on met les élèves face à l'appareil ou l'ordinateur, l'élève est beaucoup plus autonome, parce qu'il a déjà une bonne expérience que nous. Donc, on peut donner aux élèves des indications au tableau, mais les élèves sont beaucoup plus autonomes face à un clavier que face à un exercice dans une situation traditionnelle »* (phrase 2) ;
- les TICE sont un outil de vérification des résultats : *« moi je pense que la machine doit être là pour rassurer les élèves moyens ou de niveau faible, et pour les élèves bons, ils l'utilisent pour vérifier les choses »* (phrase 6).

Ces deux formes peuvent être considérées comme complémentaires de celles repérées dans la vision de l'enseignement des mathématiques.

En ce qui concerne la vision du travail collectif, nous repérons trois formes constitutives de KE et formes constitutives de mode de conception de ressources :

- le travail entre des enseignants de mathématiques au lycée consiste à faire des devoirs en commun et à élaborer des progressions communes : *« on a réussi à garder un travail de style, travail collaboratif, des devoirs communs…des vrais devoirs communs, des progressions communes… »* (phrase 4). Cette forme semble être liée à son expérience d'enseignement à la Réunion puisque que ce type de travail entre enseignants n'existe pas entre les enseignants de mathématiques au lycée Poincaré, même entre les enseignants expérimentateurs dans le cadre du projet comTec ;
- les ressources échangées et mutualisées doivent être accompagnées d'une explication : *« il faut dire qu'est ce qu'on voulait faire dans cette fiche, si on donne un papier, c'est moins bien, parce que la personne qui la reçoit, il n'aura pas peut être envie de le lire, il le mette dans son classeur…par contre, si on suscite l'intérêt de la personne, en disant, voilà ce que j'ai fait, voilà c'est pourquoi c'est construit etc….peut être que là on peut avoir des champs pour rapprocher ou de faire adhérer la personne qu'on lui est offert »*(phrase 53) ;
- le travail collectif optimise le temps de travail de l'enseignant : *« un prof tout seul ne peut pas préparer 14 TP, par contre plusieurs profs qui font chacun un TP il y a un gain du temps, je pense que là, les collègues ont eu conscience que un travail commun ou un travail en groupe ça fait économiser du temps »* (phrase 69).

Les formes de visions repérées ne sont pas indépendantes l'une de l'autre. Nous présentons les interactions existantes entre elles au fur et à mesure de notre analyse de différentes données recueillies dans cette période.

<u>Analyse de la Représentation Schématique du Système de Ressources (RSSR) d'Alexis</u>

Dans notre analyse de la RSSR (figure13), nous présentons des extraits des discussions qui ont accompagnées le dessin de la RSSR. Ils font partie de l'entretien à domicile (Annexe 15).

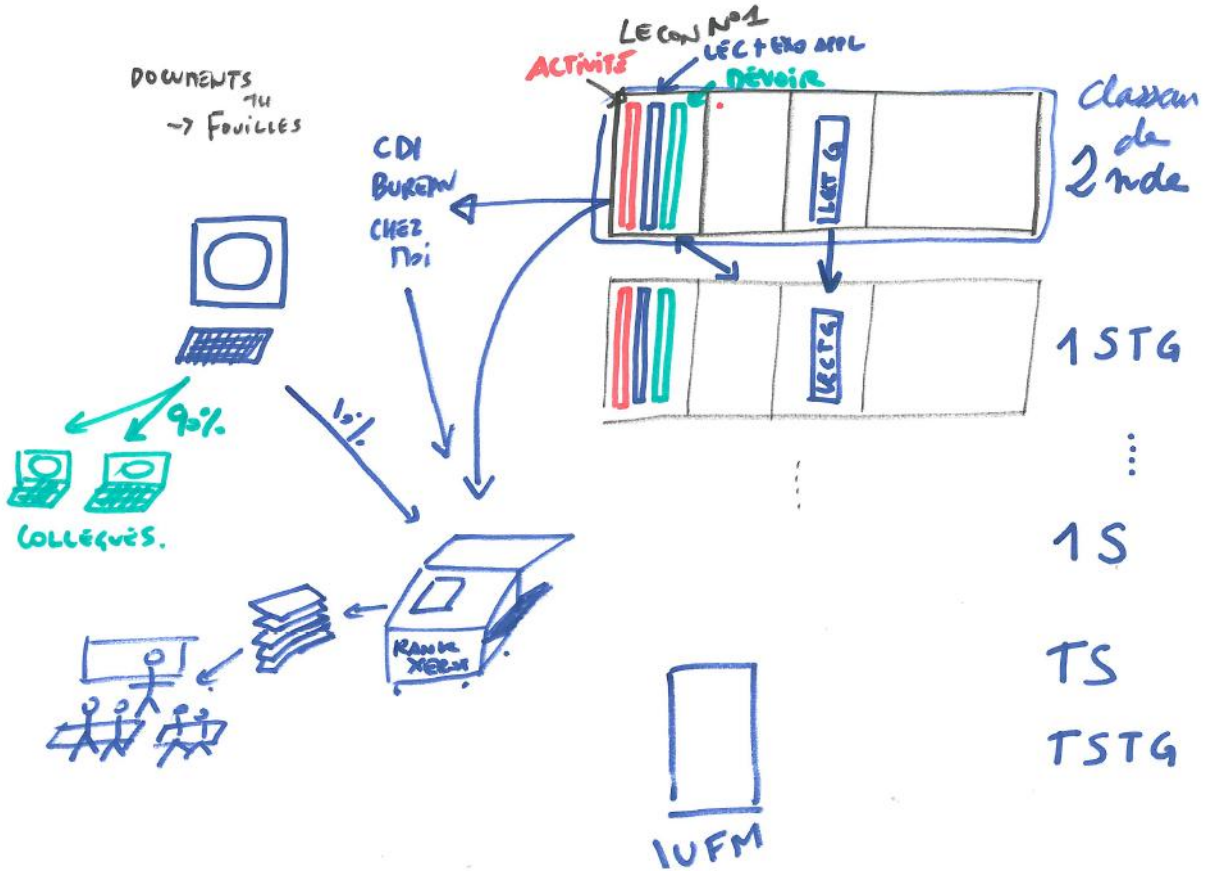


Figure 13. La Représentation Schématique du Système de Ressources réalisée par Alexis

La RSSR d'Alexis représente la structure suivante : plusieurs classeurs de ressources papier, chacun pour une classe donnée (2nde, 1STG, 1S, 1TS et TSTG), ainsi qu'un classeur IUFM. Chaque classeur est rangé par leçon. Chaque leçon contient : activités, cours, exercices d'application et devoir (*« je peux appeler en gros "les activités d'approche" ça peut être pour découvrir le concept…donc ça sera l'activité. Après donc, si on va approcher un petit peu le concept on va donc le définir à l'aide de la leçon + les exos d'application »* (phrase 118)). *« L'intersection entre les classeurs n'est pas vide »* (phrase 118). Il y a des ressources qui sont reprises et adaptées d'une classe à une autre.

Les ressources cherchées en ligne ou celles numériques conçues par lui-même sont à 90% pour préparer son enseignement et échanger avec ses collègues et à 10% pour ses élèves (« *J'utilise à 90% l'ordinateur pour communiquer avec mes collègues et à 10% pour fabriquer des choses qui vont aller aux élèves »* (phrase 110)). Mais il précise que les apports des TICE pour son travail d'enseignement sont minimes : *« Mais l'apport par exemple de l'outil informatique…je veux*

rester honnête, par rapport à mes pratiques… c'est un apport, donc il existe…je sais que c'est, par rapport par ce que je pourrai en faire c'est minime. Je sais que je pourrai l'utiliser davantage » (phrase 112). Ses ressources sur l'ordinateur ne sont pas structurées, ce qu'il explicite aussi dans la représentation schématique effectuée : *« Tu peux avoir deux documents* [il trace sur le schéma]*, comme si tu vas au marché de puce…des fois ça en vrac…heh, documents et après tu fouilles … tu fouilles en sachant que chaque document a un nom… »* (phrase 114). Il convient de remarquer que les manuels scolaires ne sont pas présents dans le schéma tracé par Alexis. Nous en déduisons que la place des ressources élaborées dans les années précédentes est plus importante que celle des manuels scolaires.

Les élèves sont présents dans la RSSR. Par contre, la place des ressources numériques y est marginale et les ressources papier occupent la moitié de la RSSR.

Dans la RSSR, Alexis présente par des flèches la trajectoire suivie par les ressources, du classeur (où il y a la majorité de ses ressources) vers la salle de classe : *« je trouve la fiche, je la prends, je vais à la photocopie, je la sors en plusieurs exemplaires et ça se trouve dans ma classe avec mes élèves si tu veux »* (phrase 106). Nous inférons de ceci un mode de conception de ressources qui se base principalement sur les ressources produites dans les années précédentes. Ce qui nous pousse à faire l'hypothèse que l'intégration de la technologie *n*spire dans le système de ressources d'Alexis conduirait à une certaine réorganisation, prévue par Alexis-même : *« Mais bon, j'utilisais en classe, la machine à calculer maintenant c'est la machine nspire qu'on a, et ce n'est pas la machine qu'on avait avant. Donc maintenant ce que je faisais avant je suis obligé sans arrêt de le modifier »* (phrase 164).

Dans la RSSR, d'après le suivi des flèches, nous inférons trois modes de conception de ressources chez Alexis :

- un premier qui se base sur les ressources papier qui passent par l'imprimante avant la mise en œuvre en classe ;
- un deuxième qui passe par le bureau, là où Alexis modifie ses ressources avant de les mettre en œuvre en classe ;
- une troisième, faible par rapport aux deux premiers, correspondant aux ressources qui sortent de l'ordinateur avant d'être mises en œuvre en classe.

Nous dégageons de l'analyse de la RSSR d'Alexis une forme constitutive de mode de conception de ressources pour son enseignement : sélectionner et adapter les ressources élaborées dans les années précédentes pour préparer son enseignement. En outre, notre analyse de la RSSR d'Alexis a mis en évidence la forte stabilité de ce système de ressources et la faiblesse de la dynamique de changement dans ce système. Il nous paraît important de noter que l'on ne trouve pas présence de la technologie ou des ressources qui se rapportent au comTec dans cette RSSR.

<u>Journal de Bord 1</u>

Avant d'analyser le contenu du journal de bord, nous notons deux contraintes, citées par Alexis, qui ont déterminée le nombre limité d'activités notées par Alexis dans ce journal de bord :

- il note à la fin du journal de bord la remarque suivante : *« Mon document servant de support pour le travail en classe de ts sur les suites était prêt avant que je tienne ce carnet de bord, c'est pourquoi je ne fais pas référence à des préparations de cours »* ;
- l'activité d'Alexis dans la période de renseignement de ce journal de bord ne se déroulait pas dans un contexte normal. Alexis a noté à la fin du journal de bord que : *« Ces séances*

se sont déroulées avec en toile de fond les manifestations lycéennes contre la réforme des lycées ».

Nous repérons quatre familles d'activité dans le journal de bord.

[C/O Découverte] correspondant à l'élaboration d'une fiche « complément méthodologique pour la démonstration des inégalités de type $a \leq u_n \leq b$ ». A la fin de cette activité une fiche a été conçue.

[C/O Synthèse] relative à la mise en œuvre par Alexis d'une fiche de cours qu'il a élaboré sur les suites.

[Réflexion] renvoyant à la lecture d'une fiche sur la méthode d'Euler.

[Vie collectif] correspondant à la préparation avec ses deux stagiaires des ressources pour les mettre en œuvre dans ses classes. Ils observaient ensuite ses classes en tant que formateur.

Remarquons qu'Alexis ne note pas dans ce journal de bord les activités qui sont en rapport avec la communauté du projet comTec, ni celles autour de l'utilisation ou la mise en œuvre de ressources utilisant cette technologie.

<u>Questionnaire 1 d'Alexis</u>

Vision des mathématiques

Son intérêt pour les mathématiques a débuté lorsqu'il a commencé à enseigner : « *je crois que j'ai vraiment commencé à m'intéresser aux mathématiques lorsque j'ai commencé à enseigner* ». Il annonce qu'il défend plutôt l'aspect expérimental des mathématiques.

Vision de l'enseignement des mathématiques

Dans une question autour du degré de difficulté de l'enseignement des thèmes mathématiques, il indique que la géométrie et l'algèbre sont d'enseignement difficile, tandis que l'analyse est neutre (voir tableau 25). Nous avons demandé à Alexis une justification de ses choix, voilà ce que nous dégageons :

- enseigner le calcul et l'arithmétique, c'est « faire appliquer des savoir-faire » ;
- enseigner la géométrie, c'est « être capable de donner des consignes claires » ;
- enseigner l'analyse, c'est *« introduire la notion de fonction à partir de la représentation graphique pour arriver à la représentation algébrique »*. Pour Alexis, la notion de fonction engendre le domaine d'analyse. Ceci relève, nous l'avons remarqué lors la séance de classe observée (voir § 6.4.3), d'une forme constitutive de KE et de mode de conception de ressources. Il précise ensuite qu'il faut articuler *« les trois représentations pour donner du sens à ce qu'on fait en classe » ;*
- enseigner l'algèbre revient à « réintroduire l'histoire de l'algèbre » dans le but d'enseigner les concepts en fonction de la nécessité qui a conduit à leur construction.

Thème	**L'enseignement de ce thème est**
Calcul et arithmétique	neutre
Géométrie	difficile
Analyse	neutre
Algèbre	difficile

Tableau 25. Le degré de difficulté dans l'enseignement des différents thèmes mathématiques.

Les sources de documentation d'Alexis sont en grande majorité ses propres ressources, élaborées les années précédentes. Pour Alexis, les critères d'une bonne ressource résident dans *« ce qui favorisera une activité maximale et de préférence autonome chez l'élève »*. Ceci reflète une forme constitutive de mode de conception de ressources visant à « mettre l'élève dans des situations d'auto-construction du savoir ».

Visions des TICE

Alexis témoigne d'un intérêt raisonnable pour les TICE dans et hors son travail d'enseignement. Il confère un certain rôle aux TICE dans la motivation de l'apprentissage des élèves. Le rôle qu'il assigne aux TICE (voir tableau 26) rejoint sa vision de l'enseignement des mathématiques, notamment en ce qui concerne l'entrée de l'enseignement des concepts par leur représentation graphique et la mise en situation d'autoproduction du savoir des élèves.

Rôle	**Non**	**Faible**	**Fort**
Dans la construction du savoir mathématique des élèves	0	0	1
Pour mettre en relation les notions et leur signification	0	0	1
Pour faire fonctionner des notions et concepts mathématiques	0	0	1
Pour développer la collaboration entre élèves	1	0	0

Tableau 26. Le rôle des TICE dans le travail d'enseignement d'Alexis.

Parmi les domaines mathématiques les plus pertinents pour l'utilisation des TICE, il note le calcul, pour une raison d'optimisation de tâches : *« Parce que ce n'est pas au lycée qu'on apprend à compter et donc mieux vaut savoir bien utiliser la machine »* et le domaine d'analyse, en rapport avec la représentation graphique de fonctions, présentant les TICE comme indispensable pour la compréhension de la notion de fonction : *« Étudier des fonctions sans machine n'est pas raisonnable »*.

A ce moment (période 1 de suivi), Alexis n'utilise pas la technologie *n*spire dans son travail d'enseignement, mais il recommande aux élèves l'utilisation de la calculatrice *n*spire.

Vision du travail collectif

Pour Alexis, le but de son implication dans des collectifs réside dans le lieu d'échange d'expérience et de ressources qu'ils constituent. Par contre, ses échanges avec les collègues au lycée Poincaré sont rares, voire non existants et, s'il y a d'échanges, ils sont superficiels.

En guise de conclusion provisoire à cette analyse du monde d'Alexis, nous identifions qu'Alexis appréhende l'introduction de certaines notions d'analyse via la représentation graphique, pour arriver à la formule algébrique. Il conçoit des ressources qui laissent les élèves capables de se mettre dans des situations d'auto-construction du savoir.

Synthèse de l'analyse de la période 1

Il apparaît deux familles d'activité ([C/O Découverte] et [Synthèse]) étroitement liées au comTec dans le système d'activité d'Alexis. Nous avons remarqué l'absence, dans ce que nous avons

repéré, de familles d'activité telles que [vie collectif] et [Vie établissement] en rapport avec comTec.

Le système de ressources d'Alexis dans cette période 1 est structuré autour de ressources élaborées les années précédentes. La dynamique de ce système est faible (peu de changement et peu d'intégration de nouvelles ressources). Il est formé en grande partie de fichiers manuscrits. Les ressources numériques sont minoritaires, leur intégration dans son système de ressources, à pour origine des sollicitations institutionnelles. L'ensemble de ressources d'Alexis provenant de son implication dans comTec est constitué de ressources nouvelles, n'appartenant pas à son système de ressources (mais faisant partie de l'ensemble de ses ressources).

Les éléments inférés autour du monde d'Alexis reflètent une vision de l'enseignement de mathématiques allant du concret à l'abstrait. Ce processus, selon Alexis, doit être effectué par un travail autonome de l'élève. L'histoire des mathématiques apparaît pour lui comme une bonne référence pour préparer l'enseignement de certains concepts (recours à l'histoire de construction de certain concept mathématiques). Dans le monde d'Alexis, les TICE ont un rôle dans la vérification des résultats et dans l'économie du temps (elles nous aident à faire rapidement les calculs).

Nous en déduisons que, dans la période 1 du suivi, son implication dans comTec n'a pas conduit à des changements dans sa documentation. Il effectue des activités présentant des finalités de découverte et de réflexion autour de la technologie *n*spire. Les nouvelles ressources se rapportant à l'expérimentation sont prises en compte par Alexis, mais ne sont pour le moment pas intégrées à son système de ressources.

6.4.3 Analyse de la deuxième période de suivi

Nous commençons cette partie par une analyse de l'entretien où nous étudions la ressource qui sera observée en classe. Nous continuons par l'analyse de l'observation de la séance de classe. Enfin, nous procédons à l'analyse du journal de bord et la synthèse de l'analyse de cette deuxième période de suivi.

Analyse de l'entretien avant l'observation d'une séance de classe

Nous commençons par analyser les propos d'Alexis au sujet de la prise en main de la technologie *n*spire dans son travail d'enseignement. Nous analysons ensuite la suite de l'entretien en nous référant à chaque fois à la ressource conçue par Alexis pour cette observation. Nous avons présenté l'analyse de cette ressource dans la partie § 6.1.3 (Annexe 20, b). Nous présentons des extraits de l'entretien avant observation qui se trouve dans son intégralité dans l'Annexe 17, a).

A ce stade de développement du projet, Alexis considère qu'il est encore au début de l'utilisation de la technologie *n*spire :

> **Moi :** *Tu utilises la technologie nspire depuis un certain nombre de mois…*
>
> **Alexis :** *C'est le début de l'utilisation quoi…*
>
> **Moi :** *D'accord… depuis 4 ou 5 mois*
>
> **Alexis :** *Oui, oui…même en quatre ou cinq mois… Donc la calculatrice ça doit se faire progressivement. Ce n'est pas une affaire d'un mois…* (phrases de 39 à 42)

Au niveau de la conception de ressources pour son enseignement, l'intégration de la technologie *n*spire a commencé à toucher la forme des ressources d'Alexis : *« ce que je fais avec la machine…j'apprends sur le temps, au fur et à mesure. J'essaye…heh…j'essaye…par exemple, là*

pour faire des captures d'écran, j'ai commencé à regarder les bouquins ou quoi » (phrase 42). Mais toujours sans que ce travail de conception n'affecte le contenu mathématique :

> **Moi :** *Comment tu construis des fiches qui sont adaptées à cette technologie ? ....*
>
> **Alexis :** *...j'ai essayé de faire ces fiches…ça s'est toujours fait en classe…c'est-à-dire, on dit aux élèves, aujourd'hui on va faire des statistiques, vous allez sur la touche « stat », vous irez sur la touche « edit », vous rentrez etc.… je les fais toujours oralement.*
>
> **Moi :** *Donc, tu n'as jamais fait de fiches pour la machine…*
>
> **Alexis :** *J'ai essayé, mais j'ai jamais… peut être parce que j'étais pas convaincu d'utiliser la machine…peut-être parce qu'il faut d'abord travailler avec les élèves, répéter répéter et répéter…*(phrases de 43 à 46)

Dans les propos d'Alexis, nous remarquons l'absence d'une obligation institutionnelle qui le pousse à intégrer fréquemment la technologie *n*spire dans son travail d'enseignement (surtout que, lors de l'entretien à domicile (§ 6.4.2), nous avons noté dans son histoire professionnelle que l'intégration des TICE dans son travail d'enseignement avait eue lieu par des sollicitations institutionnelles).

Dans la conception de la ressource à observer, Alexis a pris en compte le programme officiel et une ressource proposée sur le site de Texas Instruments où il s'agit de calculer la valeur approchée de l'intégrale $I = \int_0^1 \frac{1}{1+x^2} dx$, en s'appuyant sur une suite de fonctions en escalier. La ressource conçue par Alexis est une forme adaptée et allégée de cette dernière. Il a fait le choix d'une fonction carrée au lieu de la fonction rationnelle ; il a également choisi d'introduire des rectangles au lieu de fonctions en escalier ; il a enfin opté pour l'amplitude de l'encadrement à faire. En ce qui concerne la conception de cette ressource, Alexis affirme : *« Donc à l'aide de tout ça, j'ai préparé ma propre fiche sur le calcul d'aire, en essayant d'être fidèle à moi-même : j'y vais direct, c'est-à-dire, je ne prends pas des chemins, des traverses et des machins…il faut que ça soit clair et net pour les élèves »* (phrase 8). Pour l'utilisation de la technologie *n*spire dans la ressource élaborée, selon Alexis, c'est une utilisation qui a un rôle technique calculatoire pour l'économie du temps : *« on va déterminer un encadrement dont on peut faire à la main. Donc, là on voit que l'outil devient pertinent, parce que là si on devait le faire à la main, on aurait 50 aires à ajouter et ça serait très compliqué, très long et absolument inintéressant. Donc, on voit bien qu'il est beaucoup plus pertinent d'utiliser un logiciel pour ce type de calcul et après, ça ne présente aucun intérêt de le faire à la main »* (phrase 10) ; *« Quand on donne une activité aux élèves où le calcul manuel peut être utilisé à part du calcul informatique, les élèves ne sont pas preneurs. Pour que les élèves soit preneurs, il faut mettre en défaut leurs compétences et leur montrer qu'il y a des choses qui vont beaucoup plus vite »* (phrase 16).

Nous décrivons les grandes lignes de la procédure de mise en œuvre de la ressource telle qu'Alexis l'avait prévue :

- expliciter l'objectif aux élèves : calculer l'aire comprise entre la courbe de la fonction carrée et les deux droites d'équation $x = 0$ et $x = 4$ et l'axe des abscisses (figure 14) ;
- subdiviser l'intervalle entre 0 et 4 ;
- calculer la somme partielle des rectangles inférieurs obtenus puis la somme globale ;
- augmenter la valeur de subdivision pour obtenir une valeur approchée de $\frac{64}{3}$, la valeur de l'intégrale à calculer (inconnue pour le moment pour les élèves). Pour effectuer cette tâche, Alexis propose l'utilisation du tableur de la technologie *n*spire ;

- mesurer la valeur exacte de l'aire à chercher en utilisant l'application « graphiques et géométrie » de la technologie *n*spire ;
- calculer l'aire en variant l'amplitude de l'intervalle entre 1 et 8 les intervalles de $[0;1]$ à $[0;8]$);
- conjecturer une formule de l'aire avec l'intervalle $[0;a]$.

Nous nous limitons à la description de cette étape dans la mise en œuvre prévue par Alexis, au point atteint jusqu'à la fin de la séance.

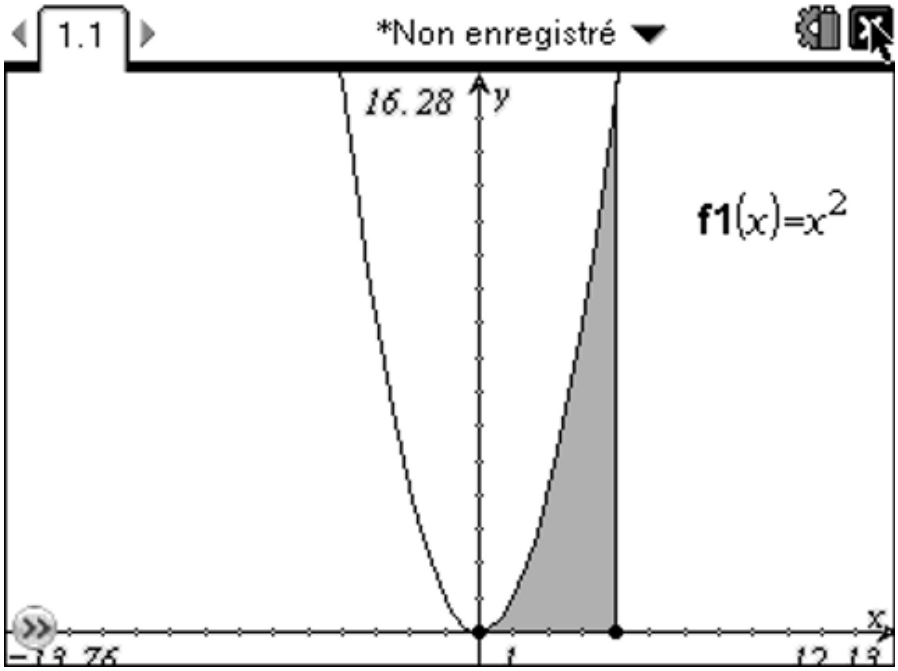


Figure 14. L'aire à trouver est celle de la partie hachurée de la figure

<u>Analyse de l'observation de la séance de classe</u>

Nous commençons par l'analyse de la séance de classe en inférant les KM et KE d'Alexis en classe. Nous analysons plus particulièrement ces connaissances en fonction des usages de la technologie *n*spire dans cette séance. Nous renforçons l'analyse en nous appuyant sur les extraits de l'observation de la séance de classe (Annexe 17, b) et sur l'entretien à chaud effectué après cette observation (Annexe 17, c).

« Ce n'est pas le but aujourd'hui », expression qu'Alexis a répété a plusieurs reprises durant la séance. En premier lieu :

> **Elève 1 :** *Rectangle au-dessus c'est tout ce qui est au dessus de ça.*
>
> **Alexis :** *Au dessus de la courbe, voilà*
>
> **Elève 1 :** *Et en dessous c'est tout ce qui ne dépasse pas la courbe.*
>
> **Alexis :** *Voilà… exactement*
>
> **Elève 2 :** *C'est des triangles ?*
>
> **Alexis :** *Non, on ne voit pas de triangle là… tu as ici ce rectangle là il est aplati… c'est-à-dire son aire est zéro. On voit ici un, on voit ici un autre et on voit ici un autre. C'est au dessus. Après en dessous… tu as ici un, deux trois et quatre voilà.*

Alexis : //s'adressant à toute la classe// *je ne parle pas de triangles, je ne parle pas des trapèzes. On pourra en parler, mais ce n'est pas le but aujourd'hui.*

(phrases de 10 à 16, Observation de la séance de classe Alexis)

En commentant ceci, Alexis affirme : *« Bon, effectivement, l'approximation d'une aire avec des trapèzes, ça se fait bien, je veux dire c'est un TP qu'on peut faire en terminale, mais là bon là, c'est l'activité qui prime, donc on peut pas se permettre d'arrêter tout, de dire OK on va parler des trapèzes, parce qu'on a un objectif pour la séance »* (phrase 8, entretien après l'observation de la séance de classe). En deuxième lieu :

Lucie[26] : *Pourquoi on ne fait pas jusqu'au 4.5 ?*

Alexis : *A 3,5 tu arrêtes… entre 3,5 et 4 c'est le dernier rectangle… à partir duquel il y en a plus. Donc c'est 17,5*

Lucie : […] *mais il semble autour du bout de la courbe qui apparaît dans la figure pour x>4*

Alexis : *Oui, mais on n'a pas envie de la faire… oui, si tu ajoutes ce petit bout là... c'est cela ce que tu veux dire ?*

Alexis : //après un moment de réflexion//*Oui, mais ce n'est pas le but du jeu aujourd'hui… on peut le faire si tu veux Lucie mais ce n'est pas le but du jeu… d'accord ?*

(phrases de 84 à 88, Observation de la séance de classe Alexis)

En troisième lieu :

Alexis : *Alors, je veux vous distribuer donc le document qui apparaît comme il apparaît à l'écran avec un logiciel qu'on appelle le logiciel « Sine Qua Non ». C'est un traceur de courbe qui permet de faire pas mal de choses. Vous pouvez le télécharger gratuitement sur Internet ce n'est pas un problème et il fait des activités intéressantes … Alors vous regardez… ça c'est à titre indicatif, on vous demande de rien faire là-dessus. Je vous montre simplement ce que vous donne le logiciel qui est quand même pas mal. Voilà !*

Elèves 3 : *Monsieur ça veut dire quoi libre logiciel ?*

Alexis : *Ça veut dire que vous pouvez le télécharger gratuitement sur internet… tu peux le faire ici… ce n'est pas le but aujourd'hui. Aujourd'hui je veux terminer ce qu'on a préparé, mais à la maison Cyrille tu peux très bien aller regarder comment il fonctionne, tu verras, il y a des choses intéressantes…*

(phrases de 92 à 94, Observation de la séance de classe d'Alexis)

En quatrième lieu :

Alexis : // s'adressant à toute la classe// *donc… ça y est ? donc vous voyez que si vous faites varier le contenu de la cellule A1, vous faites varier le nombre de subdivision et la valeur de l'aire se rapproche … on obtient au bout du compte 21,3, c'est ça ? C'est pas mal du tout…Alors on pourrait, mais ce n'est pas trop le but aujourd'hui, on aurait pu examiner les différentes valeurs, on a l'impression que ça se rapproche de 21,3 et on va voir qu'est-ce que ça donne….*

(phrase 158, Observation de la séance de classe Alexis)

[26] Lucie est la seule élève nommé parce qu'elle joue un rôle dans la résolution du problème.

Dans les extraits ci-dessus, l'utilisation de cette expression a pour but d'orienter l'activité des élèves vers les objectifs ciblés par Alexis lors de la séance de classe. A chaque fois qu'un élève se pose une question autour du problème proposé par Alexis et qui ne correspond pas au déroulement didactique de la séance visé par Alexis, il utilise cette expression. Alexis dit à ce propos : *« mon activité, elle était comme ça, je l'ai mené dans un groupe comme dans l'autre de la même façon parce que je savais d'où je partais et je savais où je voulais arriver, avec des petites variations »* (phrase 10, entretien après l'observation de la séance de classe). Dans la même perspective, durant l'entretien à chaud après l'observation, nous avons évoqué une question qui a été posée par un élève durant la séance et n'a pas été reprise par Alexis :

Moi : *Il y a une élève, là qui a dit, on va à l'infini. Et tu l'as entendu ça ?*

Alexis : *Non, moi j'ai entendu dix mille*

Moi : *... Si tu l'avais entendu, est-ce que tu l'aurais repris ?*

Alexis : *...Alors, je lui ai dit effectivement, ce serait un bon TP à faire sur les suites, je lui ai dit, mais ce n'est pas l'objet du truc, donc on n'en parle pas et on travaille, sur ce que j'ai prévu… j'avais mon objectif qui était précis… aujourd'hui ce n'est pas le but du truc, aujourd'hui on fait ce qu'on a prévu.*

(phrases de 25 à 29, Entretien après l'observation de la séance de classe)

Nous inférons une KE de ceci : « le déroulement de la séance de classe est celui prescrit par l'enseignant ». Cette connaissance s'inscrit dans la catégorie « organisation de l'enseignement des mathématiques ».

La technologie *n*spire est intégrée dans cette ressource. Cette intégration n'est pas articulée avec le processus de résolution du problème posé. Le rôle de la technologie dans cette ressource est technique et vise à la réalisation des calculs « rapides » sans que ceci n'affecte sa façon de traiter le contenu mathématique des ressources. Ce mode de conception de ressources intégrant la technologie *n*spire s'est révélé durant la séance de classe : *« Mais on n'y est pas encore. Bien, alors, au lieu d'avoir cinquante subdivisions, vous en voudrez combien ? Vous pouvez aller jusqu'à 100, jusqu'à 150, jusqu'à 200. Mais le problème c'est que vous avez vu le temps que vous avez mis pour faire un calcul avec 8 rectangles. Est-ce que je peux vous demander de le faire avec 100 rectangles ou 150 ? Non, parce que ça va être beaucoup trop long. Et c'est là que l'informatique va prendre le relais. C'est-à dire on sait le faire mais on est très lent. Ce n'est pas grave, on a des outils qui vont beaucoup plus vite que nous et on va les utiliser. D'accord ? Alors là, j'ai vous ai préparé, pour ne perdre trop de temps, la feuille de calcul qu'on va utiliser dans "tableur et liste" pour pouvoir préparer le travail et pour pouvoir obtenir des mesures d'aire de plus en plus proches de la valeur exacte »* (phrase 94, Observation de classe d'Alexis) ; au moment de la séance où Alexis demande à ses élèves de faire un nombre de partitions élevées de l'intervalle $[0;4]$, il dit en s'adressant à un élève *« Est-ce que 24* [nombre de partitions] *c'est bien ? Non 24 c'est un truc… c'est bien nul… maintenant on est trop à l'aise parce qu'on a un bon outil qui faisait le calcul…allez on va prendre ça… prenez ça…et descendez pour voir qu'est-ce que ça va donner comme somme… alors 21,04, ah ben c'est mieux ! Mais ça à l'air encore petit, il faut viser plus grand Jean alors, soyez ambitieux »* (phrase 144, observation de la séance de classe d'Alexis) ; *« On a appuyé sur le bouton et tac on a le résultat. Vous allez voir quand même que c'est bien de faire une leçon quand même pour ce genre de choses, où on est capable de faire des mathématiques normalement. Et on voit quand même que avec … comment dire… un logiciel … on peut aller beaucoup plus vite que faire à la main et on peut explorer beaucoup de choses »* (phrase 176, observation de la séance de classe Alexis). L'ensemble de ces

éléments nous conduit à inférer une KE de la catégorie organisation de l'enseignement des mathématiques : « mobiliser les TICE pour des tâches techniques avec l'objectif d'optimiser le temps ». Cette connaissance est mobilisée dans cette séance de classe vu les attentes d'Alexis autour de l'instrumentalisation par ses élèves de la technologie *n*spire : *« des élèves qui ont su travailler quand même avec le logiciel, donc ça veut dire que petit à petit les choses rentrent… Alors, je ne dis pas que les élèves maitrisent parfaitement l'ordinateur, mais que euh, qu'ils font la démarche d'utiliser et donc qu'ils sont preneurs, quoi ! »* (phrase 2, entretien après observation de la séance de classe d'Alexis).

Comme la ressource est construite autour de six parties inter-reliées, il s'agit de moments d'interprétation des résultats d'une partie pour passer à l'autre. Ces moments d'interprétation sont fortement assistés par Alexis :

> **Alexis :** *Voilà, donc là « seq » va définir une suite… une suite de quoi ? Une suite de nombres. Ces nombres sont de quelle forme ?....*//personne ne répond// *Ils sont de forme* $\frac{4i}{a_1}$ *entre* $\left[0; a_1 - \frac{1}{4}\right]$. *Donc si vous rentrez ça sur l'ordinateur, vous allez voir que vous allez définir cette suite de nombres. Je répète, ces nombres vont apparaître sur l'axe des abscisses soit sur les différents nombres obtenus entre 0 et 4. Alors tout le monde le fait…*
>
> (phrase 104, observation de la séance de classe d'Alexis)

> **Alexis :** $\frac{64}{3}$ *ça fait* $\frac{63}{3} + \frac{1}{3}$… $\frac{63}{3}$ *ça fait combien ?*
>
> **Elèves 4 :** *21*
>
> **Alexis :** *Donc* $21 + \frac{1}{3}$… *oh oh oh … oh oh oh … wawwww*
>
> (phrases de 172 à 174, Observation de la séance de classe d'Alexis)

Cette idée est une idée-clé pour comparer le résultat exact obtenu par le logiciel et la valeur d'aire approchée par le calcul de sommes d'aires des rectangles inférieurs. Dans la même idée, voici une interprétation assistée par Alexis :

> **Alexis :** *… Regardez bien… 1, 8, pourquoi il n'est pas sur trois celui là ? si on le mettait sur 3 ça ferait combien ?*
>
> **Lucie :** $\frac{27}{3}$
>
> **Alexis :** *D'accord…hop ! hop ! hop ! On ne peut pas conjecturer un petit peu de ça ?*
>
> **Lucie :** $\frac{a^3}{3}$
>
> **Alexis :** $\frac{a^3}{3}$, *très bien…*

Les élèves d'Alexis ne sont pas habitués à ce type d'exercice, ce qui transparaît dans ce qu'il dit en s'adressant aux élèves : *« Vous allez voir quand même que c'est bien de faire une leçon quand même pour ce genre de choses, où on est capable de faire des mathématiques normalement »* (phrase 176, Observation de la séance de classe d'Alexis). Nous inférons de l'ensemble des éléments suscités deux KE d'Alexis :

- une dans la catégorie « connaissances sur la représentation des difficultés de ses élèves » : « l'interprétation des résultats d'observation pour induire des réponses suppose une assistance par l'enseignant ». Nous renforçons la place de cette inférence par la

réaction d'Alexis sur l'activité des élèves durant la séance : *« … Et là je suis content parce que j'ai vu des élèves actifs, qui faisaient des choses. J'ai vu des élèves qui avaient des idées…»* (phrase 2, entretien après observation de classe) ;

- une autre sur « l'organisation de l'enseignement des mathématiques » : « l'institutionnalisation des connaissances aura lieu en ayant recours à des élèves particuliers ». Nous renforçons la place de cette inférence par des affirmations d'Alexis après la séance : *« Ben, oui, la réaction de Lucie, de toute façon, mais c'est un pilier de la classe, elle va voir les choses tout de suite » ; « c'est sûr que quand on a des élèves comme ça pour s'appuyer, on peut mener l'activité » ; « Et là, quand on prépare cette activité, je savais que dans ce groupe il y aurait deux ou trois élèves sur qui m'appuyer »* (Extraits de la phrase 4, entretien après l'observation de la séance de classe) ; *« dans l'autre groupe j'avais un bon élève, à la manière de Lucie »* (phrase 8, entretien après l'observation de la séance de classe). Cette connaissance illustre un mode de conception de ressources chez Alexis : «[…] *quand tu prépares l'activité, tu as, tu as dans ta tête, tu les as en face de toi les élèves, donc déjà tu as, bon tu peux être surpris par des remarques auxquelles tu t'attends pas, mais quand même quand tu prépares l'activité, ils y sont les gamins* […] » (phrase 10, Entretien après l'observation de la séance de classe).

L'analyse globale du déroulement de la séance pour l'introduction de la notion de primitive nous a permis de mettre en évidence la forme suivante : Partir d'un exemple (la fonction carré $f(x) = x^2$) → Présenter la notation et la terminologie ($\int f(x)dx$, intégral) → effectuer une construction graphique de la notion d'intégrale → induire une résolution de l'intégrale et formule algébrique ($\int x^2 dx = \frac{x^3}{3} + C$). Cette forme constitue une illustration d'une forme constitutive de KE tirée de l'entretien à domicile 1 (§ 6.3.2). Dans l'entretien après observation, Alexis affirme dans la même perspective d'analyse : *«* […] *tu vas dans l'application graphique et tu fais mesurer avec la machine. Et hop, tu vois. C'est l'intérêt de la machine à calculer* […] *la calculatrice ça m'a toujours aidé à donner du sens à ce que je fais en mathématiques* […] *Donc ça me permet moi de donner du sens à ce que je veux faire »* (phrase 14, entretien après l'observation de la séance de classe).

Une première conclusion provisoire nous conduit à constater que nous avons inféré des KE : « le déroulement de la séance de classe est celui prescrit par l'enseignant » ; « l'interprétation des élèves des résultats d'observation pour induire des réponses suppose une assistance par l'enseignant » ; « l'institutionnalisation des connaissances aura lieu en ayant recours à des élèves particuliers ». Les KE repérées dans cette observation de classe entrent en conflit avec la forme constitutive de KE identifiée dans la première période d'analyse (§ 6.3.2) : « mettre l'élève dans des situations d'auto-construction du savoir ». Cette dernière a été mise en évidence à un moment où la technologie *n*spire n'était pas effectivement intégrée dans le travail d'enseignement d'Alexis. Nous imputons ce fait à la complexité de la technologie *n*spire par rapport à la place qu'occupent les TICE dans le travail d'enseignement d'Alexis.

<u>Analyse du journal de bord 2</u>

Trois activités en rapport avec notre projet de recherche sont notées dans le journal de bord 2 d'Alexis :

[C/O Découverte]. Deux activités dans cette famille :

- chercher des idées pour préparer la séance d'observation, où il a trouvé une ressource sur le calcul des valeurs approchées d'un intégral sur le site de Texas Instruments (pour la préparation de la ressource observée dans sa classe) ;
- élaborer la ressource pour l'observation de la séance de classe en intégrant la technologie *n*spire et un traceur de courbe (le logiciel *Sine Qua Non*).

[Réflexion]. Nous avons repéré dans le journal de bord une activité qui s'inscrit dans le cadre de cette famille : lire une ressource préparée par un enseignant expérimentateur. Dans le commentaire d'Alexis sur cette activité : *« Après lecture de la fiche, je décide d'évaluer une aire à l'aide de plusieurs outils. Une seule difficulté ! Il me semble que l'activité de mon collègue est trop dense »* (journal de bord 2 d'Alexis).

Nous remarquons, d'après l'analyse de ce journal de bord, que la famille d'activité [C/O Découverte] a connu un renouvellement lié à l'utilisation de la technologie *n*spire. De même, l'activité qui s'inscrit dans la famille d'activité [Réflexion] est en rapport avec un échange d'une ressource avec un autre enseignant expérimentateur.

<u>Synthèse de l'analyse de la période 2</u>

Nous avons constaté une dynamique émergente dans le système d'activité d'Alexis. Les activités appartenant à la famille [C/O Découverte] ont fait l'objet d'une réorganisation liée à l'intégration de la technologie nspire dans son système documentaire. Mais là encore, l'activité identifiée comme appartenant à la famille [Réflexion] est due à son implication dans comTec. L'échange avec son collègue est resté dans le cadre de la préparation de son propre enseignement intégrant la technologie *n*spire. En revanche, on remarquera l'absence d'activité appartenant aux familles [Vie Collectif] et [Vie établissement].

Nous avons remarqué la présence d'un changement dans le système de ressources d'Alexis : l'intégration de nouvelles ressources, toutes dues à comTec (ressources provenant des sites, ressources échangées avec un collègue). Les ressources élaborées par Alexis durant cette deuxième période de suivi ne résultent pas d'un processus de modification des ressources déjà existantes dans son système de ressources ; c'est une conception s'appuyant sur des ressources nouvelles recherchées et intégrées dans son système de ressources. Au niveau de la forme, ce sont des ressources nouvelles (tapées avec un logiciel de traitement de texte, avec des copies d'écran).

Parmi les connaissances d'Alexis identifiées dans cette deuxième période d'analyse, figurent trois KE de la catégorie « organisation de l'enseignement des mathématiques » et une KE dans la catégorie « connaissances sur les représentations et difficultés des élèves ». Parmi ces connaissances, la KE « mobiliser les TICE pour des tâches techniques avec l'objectif d'optimiser le temps », n'est pas liée à l'expérimentation, puisque nous avons relevé, dans sa vision de l'enseignement des mathématiques, la forme constitutive de KE qui correspond à un rôle des TICE pour Alexis dans l'optimisation du temps pour effectuer les calculs ou bien les tâches techniques. Par contre, la KE « Interpréter les résultats des élèves en ayant recours à des élèves particuliers » est un construit dû à l'implication dans comTec du fait que la mise en œuvre de ce type de problème mathématique (où il y a observation et induction) dans la classe d'Alexis est nouveau. En outre, la KE « interpréter les résultats d'observation suppose une assistance par l'enseignant » est encore une connaissance construite dans comTec. Plusieurs facteurs ont conduit à la construction de cette connaissance : la nouveauté de la mise en œuvre de ce type de problème dans la classe de terminale S d'Alexis ; l'instrumentalisation limitée à ce stade de

développement du projet de la technologie par les enseignants expérimentateurs. Ces nouvelles connaissances construites entrent en conflit avec la vision de l'enseignement de mathématiques d'Alexis. Il semble intéressant d'examiner le résultat de ce conflit sur le monde d'Alexis après l'incident documentaire communautaire.

6.4.4 Analyse de la troisième période de suivi

Pour l'analyse de cette troisième période de suivi, nous analysons le journal de bord 3 d'Alexis, la RSSR retouchée d'Alexis, le questionnaire 2 d'Alexis ainsi que des ressources recueillies dans ce troisième segment temporel.

Analyse du journal de bord 3

Dans l'analyse du journal de bord 3 d'Alexis, nous avons repéré les familles d'activité suivantes :

[C/O Découverte]. La mise en œuvre, en classe, d'une ressource en utilisant la technologie *n*spire qui favorise les interactions entre les élèves lors de la gestion didactique de la mise en œuvre ;

[C/O Evaluation]. Effectuer un bilan avec les élèves sur l'utilisation de la technologie *n*spire dans leur travail en classe ;

[Vie établissement]. Participer à une réunion pour préparer le conseil d'administration avec les enseignants de mathématiques au lycée ;

[Vie établissement]. Participer à une réunion des enseignants expérimentateurs pour faire le bilan des résultats de l'EPM au lycée ;

Dans ces activités notées dans le journal de bord, nous remarquons la présence des activités de la famille d'activité [Vie établissement], qui s'inscrivent dans le cadre de la réalisation du projet comTec. Elles sont liées à l'incident documentaire communautaire.

Analyse de la RSSR d'Alexis retouchée

Dans la représentation schématique retouchée par Alexis (figure 15), nous remarquons que la partie retouchée contient tout ce qui se rapporte aux échanges entre les enseignants expérimentateurs :

- des flèches partant des ordinateurs de ses collègues vers son ordinateur, ce qui représente un enrichissement de son système de ressources par des fichiers numériques échangés avec des collègues ;
- il a marqué les sites internet pour mettre en évidence leur place dans la recherche des ressources ;
- il a donné une place aux ressources recueillies dans les stages (stages de formation autour de l'utilisation de la technologie *n*spire dans son travail d'enseignement).

Nous remarquons la place renforcée du travail collectif, si l'on compare avec ce qui a été dit du projet commun, une vision du travail collectif qui se développe pour une raison : la nécessité de travailler ensemble. De plus, nous remarquons une valorisation des activités communautaires appartenant à la famille [Vie établissement], due à l'incident documentaire communautaire.

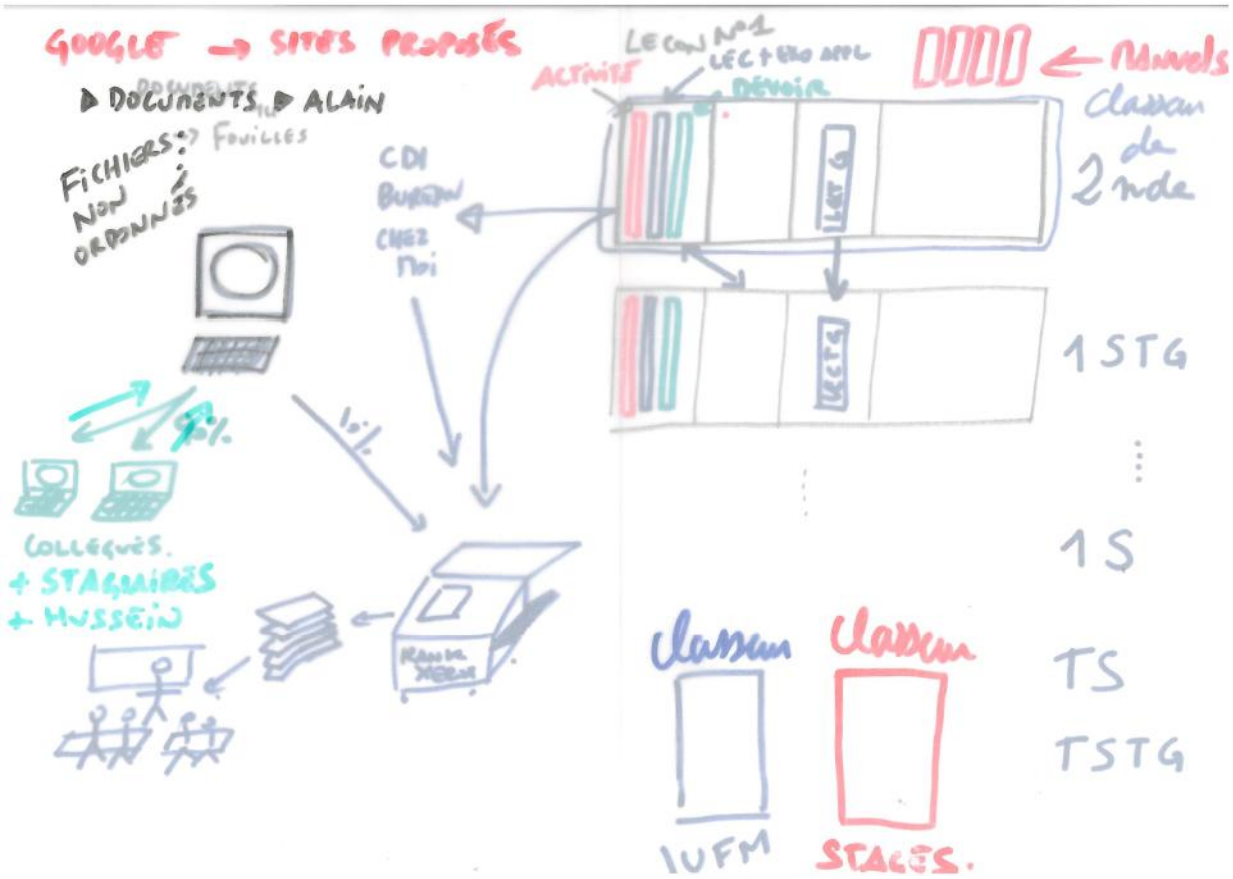


Figure 15. La Représentation Schématique du Système de Ressources retouchée par Alexis

Analyse du questionnaire 2

Vision des mathématiques

Alexis est resté plutôt du côté expérimental des mathématiques. Pour lui, l'intérêt de l'approche expérimentale est de donner du sens aux concepts mathématiques par une multi-représentation des concepts (graphique, géométrique et algébrique) : *« L'aspect expérimental des maths s'y prête bien. Parfois cet aspect permet de donner du sens à certains concepts difficiles à assimiler. Les multiples éclairages (machine, graphique, géométrique et algébrique) pour le concept de fonction doivent offrir aux élèves la possibilité de mieux comprendre »*. Pour Alexis, cette démarche expérimentale s'applique à des situations mathématiques (développement intrinsèque du savoir mathématique), sans qu'elle contienne les situations de modélisation. Cette vision semble renforcée par le fait qu'il voit les mathématiques comme un outil théorique pour les autres disciplines scientifiques (notamment la physique et la chimie).

Vision de l'enseignement des mathématiques

Dans les sources de documentation d'Alexis, nous avons remarqué une certaine évolution : en plus des ressources élaborées les années précédentes, nous avons noté une forte présence des ressources rencontrées en formation (formation à la préparation des épreuves pratiques et formation à la prise en main de la technologie *n*spire) ; il semble que ceci soit lié au projet comTec et plus particulièrement à l'incident communautaire qui a poussé Alexis à reconnaître les ressources recueillies dans la formation suivie au lycée autour de la technologie *n*spire. L'ensemble de ces changements engendrent des nouvelles formes constitutives de mode de conception de ressources basées sur la combinaison des ressources issues des sites et rencontrées

en formation, tandis qu'auparavant Alexis s'appuyait sur des légères modifications de ses propres ressources et leur mise en œuvre en classe (voir § 6.4.2).

Visions des TICE

L'intérêt d'Alexis pour les TICE dans/hors son travail d'enseignement est resté raisonnable. Le rôle des TICE dans la motivation de l'apprentissage des élèves est aussi raisonnable pour lui. Donc, à ce niveau, il n'y a pas de changement dans sa vision.

En ce qui concerne le rôle qu'il assigne au TICE, nous avons remarqué un changement au niveau de sa vision autour de l'enseignement en classe : il assigne un rôle aux TICE pour développer une collaboration entre les élèves. Bien que ce rôle soit faible pour le moment, il convient de noter qu'il n'existait pas auparavant. Ce changement induit de nouvelles formes constitutives de KE d'une part, et de nouveaux modes de conception de ressources d'autre part.

En ce qui concerne le terme le plus pertinent à l'utilisation des TICE, il a gardé la même réponse à propos du calcul que dans la première période de suivi : *« Admettre en classe qu'on peut se dispenser de certains calculs en les faisant à la machine pour faire des choses plus compliquées »*. Mais ici encore, il a noté que l'analyse était un thème pertinent, ce qui traduit un changement. Il justifie sa réponse par : *« Connaître le résultat à l'avance place l'élève dans la situation « montrer que » plus confortable pour valider »*. On voit, dans la reconfiguration de cette vision, le rôle attribué au projet comTec et les ressources conçues durant cette période de suivi.

Parmi les potentialités de la technologie *n*spire qu'il a utilisées durant la période de suivi, nous remarquons dans ses réponses (voir Tableau 27) qu'il a eues recours à des applications comme le tableur et le lien entre les applications, sans toutefois utiliser toutes les potentialités concernant les nouvelles configurations de la classe, qui lui semblent encore complexes.

	Fréquence d'utilisation			
	Pas du tout	**peu**	**souvent**	**Très souvent**
l'usage de calcul formel	0	1	0	0
l'usage du tableur dans une calculatrice	0	0	0	1
L'usage du lien entre les applications que permet cette technologie	0	0	0	1
L'usage de la version logicielle pour l'ordinateur	0	0	1	0
L'usage de la projection d'écran de la calculatrice	1	0	0	0
L'usage de la vidéo-projection de l'écran du logiciel	1	0	0	0
L'usage des aspects dynamiques	1	0	0	0
la gestion des documents	1	0	0	0

Tableau 27. Les potentialités de la technologie *n*spire et ses utilisations par Alexis

La fréquence d'utilisation de la technologie *n*spire (logiciel et calculatrice) s'est accrue durant cette période de suivi, en particulier l'utilisation demandée aux élèves, ce qui est justifié par l'incident communautaire.

Alexis a annoncé avoir rencontré des difficultés dans la conception des ressources adaptées à la technologie *n*spire. Il a ajouté que l'originalité de la technologie *n*spire l'empêchait de prendre en main cette technologie après une année de travail, vu son expérience antérieure avec les TICE. Le développement de sa vision des TICE est lié à l'engagement dans le projet comTec et son implication forte dans la préparation des ses élèves à l'EPM après l'incident documentaire communautaire.

Vision du travail collectif

Pour surmonter les difficultés rencontrées dans l'utilisation de la technologie *n*spire, il a eu recours à ses collègues au lycée ou des enseignants rencontrant les mêmes difficultés. L'échange d'Alexis avec ses collègues a été motivé par l'intérêt de surmonter une difficulté dans son utilisation de la technologie *n*spire. En ce qui concerne les apports du projet comTec pour la communauté formée par les enseignants de mathématiques, il a dit qu'elle avait constitué *« un sujet commun de réflexion impulsant la nécessité d'un travail collaboratif »*. Ce qui a rendu ce « sujet » commun, c'est l'incident documentaire communautaire qui a affecté les projets professionnels individuels des enseignants qui étaient impliqués.

Nous pouvons dire que le monde d'Alexis a été affecté en particulier dans sa vision des TICE et du travail collectif.

Ressources d'Alexis conçues dans la période 3 après l'incident documentaire communautaire

Nous remarquons une évolution importante dans les ressources conçues par Alexis après l'incident communautaire.

Au niveau de la forme, nous avons commencé à voir apparaître des ressources numériques avec des copies et même des corrigés des épreuves pratiques préparés avec la technologie *n*spire (voir figure 16). L'évolution est donc progressive, motivée par une obligation institutionnelle (faire réussir l'épreuve pratique au lycée).

Au niveau du contenu mathématique, nous avons vu dans la ressource « suites intégrales » (§ 6.4.3, voir annexe 21, b) que la technologie *n*spire s'est articulée dans le processus de résolution du problème. Mais ce processus reste toujours guidé par Alexis suivant un déroulement didactique prévu par lui et auquel il soumet les élèves.

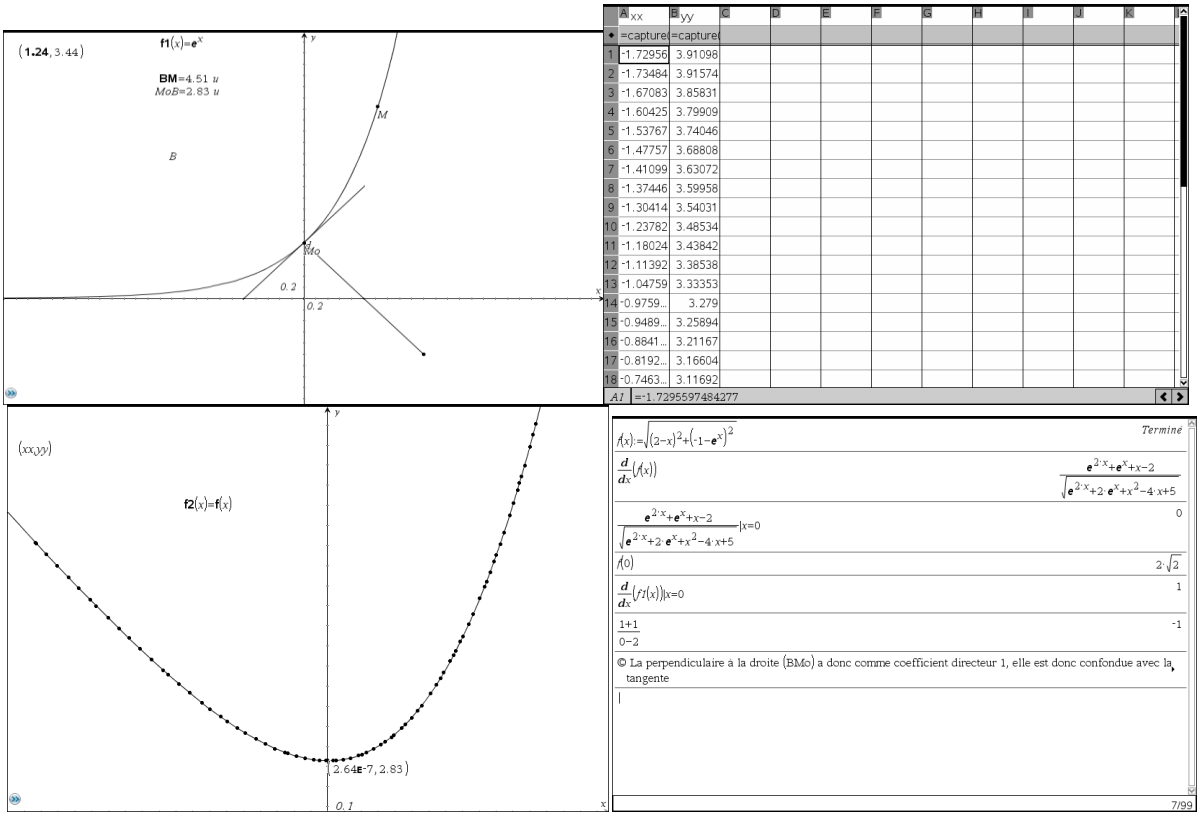


Figure 16. Corrigés d'un sujet de l'épreuve pratique préparés avec la technologie *n*spire

Synthèse de la troisième période de suivi d'Alexis

En ce qui concerne le système d'activité d'Alexis, nous avons repéré la présence des nouvelles familles d'activité ([Vie établissement] et [C/O évaluation]) étroitement liées au projet comTec. Comme pour la réorganisation de la famille d'activité [C/O Découverte], il s'agit maintenant de la découverte d'une articulation de la technologie *n*spire avec le processus d'apprentissage des élèves. Cette réorganisation semble être une conséquence de l'incident documentaire communautaire.

En ce qui concerne le système de ressources d'Alexis, nous avons identifié une réorganisation de ce système de ressources :

- au niveau des nouvelles ressources intégrées dans ce système de ressources : des nouvelles ressources échangées avec des enseignants expérimentateurs ; des ressources recherchées sur Internet pour préparer l'EPM ; une reconnaissance des ressources rencontrées en formation au début de l'année et qui faisaient partie de l'ensemble de ressources d'Alexis ;
- le développement et la modification des ressources déjà existantes : adapter les sujets de l'épreuve pratique à la technologie *n*spire ; des corrigés des épreuves pratiques réalisés entièrement avec la technologie *n*spire.

Cette fois, la réorganisation du système de ressources d'Alexis après l'incident documentaire communautaire a touché les contenus : un rôle explicite dédié à la technologie *n*spire dans la construction des savoirs et la résolution des problèmes.

En ce qui concerne les visions d'Alexis, nous avons affiné notre analyse de certaines visions (visions des mathématiques) et avons constaté des réaménagements d'autres visions. En ce qui

concerne sa vision des mathématiques, Alexis voit cette discipline se développer par des démarches expérimentales suivant une structure intrinsèque. Nous avons constaté un changement important dans sa vision des TICE : les TICE favorisent la collaboration entre les élèves pour produire le savoir. Cette vision est une reconfiguration de la vision antérieure, à savoir que les élèves doivent être dans une situation d'autoproduction du savoir. Ce changement résulte du conflit entre la vision du professeur et les KE généré par l'introduction de la technologie *n*spire dans sa classe, dont nous en avons identifié les indicateurs dans la deuxième période de suivi. Nous imputons cette situation à la complexité de la prise en main de la technologie *n*spire et à l'instrumentalisation modeste et longue, de la part d'Alexis comme de la part des élèves. En ce qui concerne sa vision du travail collectif, une forme s'est développée après l'incident : le travail commun connaît une impulsion lorsque surviennent des difficultés communes.

6.4.5 Conclusion du suivi de la documentation d'Alexis

Le système d'activité d'Alexis a connu une réorganisation tout au long du processus de réalisation du projet. La réorganisation a touché plus particulièrement trois familles d'activité : C/O vie établissement ; C/O découverte ; C/O évaluation.

Le système de ressources d'Alexis a également fait l'objet d'une réorganisation, dans laquelle la technologie *n*spire a joué un rôle central : elle a d'abord affecté les ressources qui permettent à l'enseignant de préparer son enseignement des mathématiques (le logiciel et la calculatrice *n*spire) et a ensuite concerné les ressources qui permettent à l'enseignant de forger le savoir à enseigner (nouvelles méthodes mathématiques plus articulées avec la technologie *n*spire).

Connaissances construites par Alexis par des activités en rapport avec le projet commun :

- KM : connaissances construites dans des collectifs autour du rôle de la démarche expérimentale dans la construction du savoir ; connaissances mathématiques à enseigner (autour de l'enseignement de la démarche expérimentale).
- KE : organisation de son enseignement de l'analyse (un enseignement interactif enseignant/élève) ; connaissances sur les représentations et difficultés des élèves dans leur enseignement de certaines notions d'analyse.

Les connaissances construites par Alexis avec l'usage de la technologie *n*spire sont entrées en conflit avec certaines de ses visions. Ce conflit cognitif a été résolu à la suite de l'incident documentaire communautaire par une reconfiguration de sa vision de l'enseignement des mathématiques.

6.5 Conclusion du chapitre

La communauté de comTec est formée par des enseignants qui se sont mis dans une zone incertaine de leur pratique, où ils ne souhaitent plus particulièrement être observés. Cela est vrai pour les individus et encore plus vrai pour les communautés. Malgré toutes ces contraintes, nous présentons les résultats obtenus à partir de nos questions de recherche.

Nos analyses nous permettent d'interpréter l'incident documentaire communautaire comme un catalyseur des activités communautaires autour du projet comTec. En effet, alors qu'avant l'incident, les membres participaient à la réalisation du projet par des coactivités individuelles, le processus de participation s'est étendu à la suite de l'incident et nous avons pu identifier une alternance entre activités individuelles et communautaires pour la réalisation du projet commun.

L'incident documentaire communautaire a donc donné lieu à une amplification du processus de participation.

Plus encore, le système de ressources de comTec s'est développé sous la forme de sous-systèmes. Cette forme du système de ressources communautaires est intrinsèquement liée à la forme même du processus de participation, principalement le fruit des activités individuelles des membres. Notre étude montre que l'incident communautaire a induit une articulation entre ces sous-systèmes de ressources. En effet, le système de ressources communautaires s'est développé, à la suite de l'incident communautaire, autour de la ressource « sujets de l'épreuve pratique des mathématiques », à l'origine de l'incident. Les membres concevaient des ressources sur le modèle des sujets de l'épreuve pratique expérimentale (situations mathématiques, articulation entre partie expérimentale et partie théorique, organisation d'un enseignement interactif entre élèves et enseignant) et les membres échangeaient ces ressources pour la préparation de l'EPM.

Enfin, nous avons pu identifier, avant l'incident, des divergences et éloignements dans les visions des membres de comTec, renforçant le déséquilibre entre participation et documentation. Pour nous, l'origine de ces divergences résidait dans l'organisation même de la communauté, la réalisation du projet par des activités individuelles qui se côtoyaient ou encore les rôles identiques des membres n'ayant pas permis un investissement de l'éloignement des visions. A la suite de l'incident documentaire communautaire, nos analyses mettent en évidence une convergence et un rapprochement locaux des visions – c'est-à-dire dans le contexte du projet - des visions des TICE et des visions de l'enseignement des mathématiques. Nous avons montré que ces convergences et rapprochements locaux des visions avaient renforcé l'équilibre entre participation et documentation communautaire.

Nous avons alors étudié le rapport entre les documentations individuelle et communautaire, par le biais d'une étude de cas d'un enseignant impliqué dans comTec (Alexis). A l'origine, l'implication de l'enseignant dans le projet comTec constituait une réponse à une sollicitation institutionnelle. Il apparaît alors que la nature institutionnelle de l'incident documentaire communautaire ait conduit l'enseignant à amalgamer incident documentaire communautaire et individuel. Nous montrons qu'à la suite de cet incident, le système de ressources d'Alexis s'est en effet articulé localement (dans le contexte du projet comTec) et que son système d'activité a connu une réorganisation autour des activités communautaires. Le monde du professeur a également fait l'objet d'une reconfiguration locale (dans le contexte de comTec), laquelle a constitué un point d'appui pour les articulations entre les documentations individuelle et communautaire.

Partie C. Deuxième terrain expérimental, le projet digiTex

Chapitre 7. Le projet digiTex : présentation et méthodologies

L'association Sésamath constitue notre deuxième terrain d'étude. La méthodologie projetée sur ce terrain a connu des développements liés à la première mise à l'épreuve sur le terrain comTec. Dans ce chapitre, nous effectuons une analyse préalable de Sésamath et nous justifions le choix de la communauté suivie, groupe de travail de l'association qui a pour projet de concevoir un manuel pour la classe de seconde. Nous investissons cette analyse dans la construction de notre terrain expérimental et dans l'adaptation de la méthodologie pour le suivi de la documentation communautaire et la documentation individuelle de deux enseignants de ce groupe.

7.1 Sésamath : les mathématiques pour tous

Sésamath est une association fondée en 2001 par des enseignants de mathématiques pour mettre à disposition des professeurs des ressources libres et gratuites, avec, en toile de fond, la nécessité de prendre en compte les TICE pour l'enseignement des mathématiques. Nous présentons dans cette partie l'association Sésamath, sa genèse et son mode de fonctionnement (§ 7.1.1), nous poursuivons par la description des projets de l'association (§ 7.1.2) en détaillant en particulier ceux qui sont en rapport avec le projet de manuel pour la classe de seconde que nous présentons ensuite (§ 7.1.3). Nous justifions ensuite notre choix de ce projet pour les besoins de notre recherche.

7.1.1 La genèse de Sésamath

Les recherches sur Sésamath se sont développées au cours des dernières années. Un fait attire tout particulièrement notre attention vers cette association : son audience auprès des professeurs de mathématiques francophones augmente d'une année à l'autre, comme en témoigne le nombre de visiteurs mensuels des sites hébergés par Sésamath (voir figure 17) et le nombre des abonnés à sa newsletter (plus de 30 000). Dans cette partie, nous présentons la structure et la genèse de Sésamath depuis 2001 jusqu'à 2009. Nous évoquons ensuite plus particulièrement quelques projets emblématiques de cette association, dans une certaine mesure en rapport avec le projet de conception d'un manuel numérique pour la classe de seconde qui fera l'objet de la dernière section de cette partie.

A l'origine, Sésamath était une sorte de fédération de projets déjà existants : 6à3maths, la Casemath, le coin des profs et Mathenligne, sites pour la mise à disposition des enseignants de ressources pour l'enseignement des mathématiques. Les objectifs de Sésamath, tels qu'ils sont décrits dans ses statuts[27], sont de promouvoir :

- l'utilisation des TICE dans l'enseignement des mathématiques ;
- le travail coopératif et la co-formation des enseignants ;
- une philosophie de service public ;

[27] Statuts en ligne à l'adresse : http://www.sesamath.net/association.php?page=asso_statuts

- des services d'accompagnement des élèves dans leur apprentissage.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Janvier	528 700	829 644	1 114 626	1 345 224	1 350 337	1 625 819
Février	414 442	688 885	870 713	1 034 016	1 007 375	1 281 277
Mars	624 633	862 416	1 035 587	1 305 183	1 303 390	1 414 804
Avril	500 130	655 510	940 379	973 686	961 062	1 174 942
Mai	551 671	832 743	1 041 464	1 118 158	1 172 566	
Juin	491 693	870 878	1 050 267	1 236 761	1 144 804	
Juillet	230 360	335 218	277 794	297 276	311 002	
Août	267 044	334 333	302 766	361 344	411 934	
Septembre	556 045	736 000	1 000 191	1 120 963	1 318 529	
Octobre	656 136	1 059 493	1 303 777	1 419 612	1 305 259	
Novembre	693 382	1 035 298	1 243 986	1 441 634	1 533 716	
Décembre	585 788	992 450	1 089 808	1 140 124	1 230 419	
Total annuel	**6 100 025**	**9 262 130**	**11 400 919**	**12 793 981**	**13 050 393**	

Figure 17. Le nombre de visiteurs mensuels sur le site, consultation en mai 2011

Dans une étude exploratoire du fonctionnement de Sésamath, depuis son apparition jusqu'à 2009, Quentin (2009) décompose le développement de Sésamath en trois périodes :

- la première, de 2001 jusqu'à 2005 : période de *mutualisation* qui se manifeste par un rassemblement de ressources et la fédération de projets ;
- la deuxième, de 2005 jusqu'à 2007 : période de travail *coopératif* (§ 3.4.1). Durant cette période, les membres fondateurs de Sésamath mènent une réflexion approfondie sur le fonctionnement de Sésamath. Hache (2009a), membre fondateur de Sésamath, dit de cette période *« l'équipe d'auteurs* [des ressources] *s'est renouvelée et les processus ont été largement améliorés »* ;
- la troisième, de 2007 jusqu'à 2009 : durant cette période, Sésamath fait converger les actions en vue d'améliorer l'accessibilité des sites et de faciliter les usages des logiciels et des ressources conçus.

Cette décomposition des étapes de développement rejoint les affirmations d'un responsable de Sésamath et d'autres responsables d'associations d'enseignants en ligne (Clionautes, Sésamath et Weblettres) (D'Atabekian *et al*. 2009) lorsqu'ils décrivent le développement de leur propre travail associatif : ils ont initié son développement par une démarche de mutualisation de ressources, mais aussi en proposant un ensemble de services en ligne (listes de discussion, ressources en ligne…). Ensuite, le travail a évolué en franchissant trois étapes majeures :

- *« la mutualisation, ou la mise en commun de documents personnels (…) ;*
- *le travail coopératif, dans lequel chaque participant assume une tâche propre au sein d'un projet donné (…) ;*
- *le travail collaboratif, dans lequel chaque tâche est assumée collectivement (…). Cela suppose bien entendu des qualités d'échange et de communication, parfois même beaucoup de patience, mais le résultat y gagne à la fois en cohérence d'ensemble et, naturellement, en qualité. »* (p. 75)

Gueudet et Trouche (2009c), après avoir interrogé les responsables de ces associations, proposent une représentation de leur développement constituée de cercles concentriques formés : *« … d'un noyau initial qui met des ressources en commun, puis qui passe à un stade de coopération et agrège autour de lui de nouveaux membres qui mutualisent des ressources, et enfin qui passe à un stade de collaboration »* (Gueudet et Trouche 2009c, p. 78).

Ces trois étapes ont été aussi décrites en détail dans un texte écrit par certains membres fondateurs de Sésamath (Kuntz et *al.* 2010). Ils précisent qu'au commencement, le but était de concevoir un site et d'inviter les enseignants de mathématiques à mettre en commun les ressources que chacun avait créées « dans son coin ». *« Les propositions furent nombreuses et la masse d'exercices et de problèmes déposées sur le site devint rapidement considérable »* (Kuntz et *al.* 2010) et le site est devenu un lieu d'échanges. Selon Kuntz et *al.* (2010), les facteurs essentiels de ce succès sont : les professeurs impliqués étaient des enseignants de mathématiques en exercice ; ils avaient eux-mêmes la maîtrise quasi-professionnelle des techniques informatiques et l'organisation. Après le succès de cette première phase, l'hébergement de différents projets, les enseignants ont développé un site qu'ils ont nommé « Sésamath ». Ils ont alors créé une charte pour fonder l'association. Un *noyau dur* (Kuntz et *al.* 2010) s'est formé, avec pour tâche de trier les ressources proposées, de choisir entre d'innombrables suggestions extérieures, d'établir d'indispensables priorités et de suggérer des améliorations. Ce travail a favorisé la réunion des enseignants autour de différents projets, qui se sont diversifiés au cours du temps, fédérés autour du site Sésaprof (§ 7.1.2).

Actuellement[28], Sésamath regroupe 81 membres adhérents, ainsi que plus de 13 000 inscrits sur le site Sésaprof. Outre les membres adhérents, les inscrits sur le site Sésaprof sont les contributeurs (participants aux projets, concepteurs et relecteurs des ressources) et les utilisateurs des ressources (certains utilisateurs communiquent leurs réactions aux acteurs engagés dans les projets et d'autres non). Les interactions entre l'ensemble de ces acteurs ont lieu à distance, dans la majorité des cas. Le Conseil d'Administration (CA) de l'association appuie le développement des différents groupes de projet en tant que CoP potentielles (Kuntz et *al.* 2010).

Nous allons maintenant présenter les différents projets de Sésamath puis en approfondir quelques-uns, en lien avec le niveau lycée.

7.1.2 Les projets de Sésamath

Les différents projets de Sésamath visent à mettre à disposition des enseignants ainsi que des élèves :

- des ressources libres et gratuites : manuels Sésamath, Mathenpoche (exercices interactifs), sésabac (correction animée des sujets de baccalauréat), les mathématiques.net pour apprendre les mathématiques universitaires et des différents cours et exercices ;
- des logiciels libres pour l'enseignement des mathématiques (Instrumenpoche, Traceenpoche et Casenpoche), constituant des outils pour un laboratoire virtuel de mathématiques ;
- des outils de communication et d'échanges entre professeurs (revue MathemaTice, qui est une revue collaborative en ligne portant sur l'utilisation des TICE en classe de mathématiques, Sésaprof, Maths'Discut).

[28] En 3 juin 2011

Nous présentons quatre projets significatifs de Sésamath, dont la compréhension a contribué à la construction de notre terrain d'étude : Sésaprof, Mathenpoche (MeP), les projets manuels Sésamath et Kidimath. Dans la description des projets, nous distinguons trois types d'acteurs : les membres adhérents à l'association, les contributeurs (concepteurs de ressources, qui proposent des ressources) et les utilisateurs.

Les projets MeP

Le projet MeP est un projet emblématique de Sésamath. Au début de son existence, l'association a créé une communauté pour concevoir un *« exerciciel »* couvrant l'ensemble des programmes de mathématiques du collège.

Les membres de Sésamath ont commencé par la classe de 6ème. Le travail s'est développé suivant trois étapes : *« le choix des exercices en liaison avec les programmes (à partir de suggestions proposées sur le site, la scénarisation des exercices retenus, la mise en œuvre technique des scénarios*[29] *(avec la technologie Flash) »* (Kuntz et *al.* 2010). Tout au long de ces trois étapes, un échange et une modification des ressources ont eu lieu pour arriver à une faisabilité technique des scénarii proposés.

Les exercices des premiers chapitres ont été expérimentés par des *utilisateurs* dans les classes. Les ressources ont ensuite été améliorées en tenant compte des commentaires des utilisateurs. Après la réalisation du projet pour la classe de sixième, le même processus a été transposé pour les autres niveaux collège, avec de nouvelles communautés constituées de membres, contributeurs et des utilisateurs-testeurs des ressources.

Après la réalisation du projet Mep, un travail de développement s'est poursuivi, guidé par les besoins des utilisateurs. Les membres de Sésamath ont développé une version réseau de MeP où le professeur peut proposer à ses élèves en classe un ensemble d'exercices à résoudre, en lui donnant la possibilité de suivre le travail des élèves à partir de son interface.

Le développement du projet MeP a conduit les membres de Sésamath à élaborer des projets pour développer des outils dont l'usage est indispensable pour un enseignement des mathématiques intégrant les TICE. Ce projet a débouché sur la conception de Tracenpoche (logiciel de géométrie dynamique) et d'Instrumenpoche (instruments géométriques virtuels).

Les projets manuels Sésamath

En 2004, Sésamath décide de concevoir des manuels libres et téléchargeables gratuitement sur Internet. Il s'agit là d'une expérience originale dans l'enseignement de mathématiques : une conception collaborative de manuels, s'effectuant dans la grande majorité à distance, par le biais de technologies du web (liste de diffusions, échanges de mels, plate-forme de travail et de discussions, wiki, etc.). Réalisés par des groupes de projets, sont ainsi édités successivement le manuel de 5ème (2006), celui de la classe de 4ème (2007), celui de 3ème (2008) et celui de 6ème (2009). Ils sont présentés sur le site (http://manuel.sesamath.net/) comme suit :

- des fichiers téléchargeables, au format pdf ou OpenOffice organisés par chapitre (cours, activités, méthodes et exercices) ;
- des diaporamas du manuel présents sur des pages web HTML interactives (même contenu que les fichiers téléchargeables, mais ils sont non modifiables) ;

[29] Nous présentons en détail les scénarios des exercices interactifs dans le chapitre 8, § 8.4

- des compléments du manuel sous la forme de fichiers téléchargeables (fichiers tableurs, figures animées) et pages web HTML interactives (exercices en ligne), ainsi que des diapos du cahier MeP.

Ces manuels sont accompagnés d'exercices MeP et de logiciels développés par les membres de Sésamath, d'où la particularité de ces manuels en ce qui concerne la combinaison des ressources papier avec les ressources TICE.

Après la réalisation des manuels du niveau collège, les membres de Sésamath ont réfléchi à la conception d'un manuel pour la classe de seconde. Nous avons choisi de suivre la documentation communautaire dans le cadre de ce projet particulier de Sésamath (§ 7.1.3).

Le projet Kidimath

Le projet Kidimath est lancé en 2007, il est cette fois-ci à destination des élèves. Il s'agit d'un site de soutien scolaire. Au départ, Kidimath vise à concilier deux entrées différentes : l'une de nature scolaire, directement en lien avec les contenus d'enseignement, l'autre centrée sur le jeu mathématique (Hache 2009b). C'est une collection d'exercices d'entraînement et de développement de notions. Les exercices sont librement accessibles aux élèves sur Internet.

Kidimath a été conçu de façon à pouvoir embarquer d'autres logiciels et ressources mathématiques conçues dans Sésamath pour le niveau collège. En effet, les ressources MeP, manuels Sésamath et compléments des manuels ont constitué des « briques natives » qui ont été progressivement intégrées dans une base unique. Ce travail a été réalisé par des membres de Sésamath en utilisant une interface de travail collaboratif. Dans ce projet, on ne conçoit donc pas de ressources nouvelles ; il s'agit de recombiner des ressources déjà conçues dans le cadre des différents projets Sésamath. En outre, Kidimath a connu un développement spécifique : la *correction animée* des devoirs. Une ressource animée est une séquence visuelle de diaporamas, où en passant d'un diaporama à l'autre, on réorganise le contenu mathématique (par exemple, réduction d'une expression algébrique, déplacement d'un vecteur, etc.). Cette nouvelle possibilité doit permettre aux élèves de s'entraîner sur un thème donné pour préparer un contrôle. Il y a donc, pour chaque chapitre de Kidimath, un exemple de DS avec une correction animée.

Pour le niveau collège, Sésamath dispose par ailleurs d'un très grand nombre de ressources préexistantes. En revanche, si Sésamath développe des prolongements des projets au niveau lycée, le projet Kidimath constituerait une entrée principale : *« l'extension de Kidimath en seconde … peut amener à développer des exercices MathenPoche spécifiques, des bouts de manuels … »* (Audra et Hache 2009). Cette citation rejoint les notes du responsable du projet Kidimath dans un compte rendu sur le développement du projet : *« Partir du site Kidimath pour développer les projets* [lycée] *(schéma inverse de ce qui s'est passé pour le collège) »* (17 septembre 2009). Ceci constitue une décision centrale à prendre en compte dans le suivi de la documentation dans le cadre d'un projet lycée de Sésamath.

Le projet Sésaprof

Le projet Sésaprof a été initié en juin 2008, suivant les termes de Hache (membre fondateur de Sésamath), *« il est en quelque sorte un métaprojet »*. A l'origine de Sésaprof, réside un double constat :

- la nécessité d'un espace restreint aux enseignants sans que les élèves y aient accès, pour la mutualisation et le partage des ressources initialement prévues pour les seuls enseignants (correction des manuels, livre du maître, etc.) ;
- la création d'un espace pour échanger autour des ressources différentes diffusées par Sésamath.

Sésaprof n'est pas alors dédié aux seuls membres adhérents de Sésamath. L'objectif de ce projet est, de *« généraliser la réflexion sur les usages* [des ressources] *et augmenter considérablement le périmètre du travail collaboratif »*. Deux mille professeurs de mathématiques étaient déjà inscrits un mois après le lancement du site. Actuellement (juin 2011), il y a 13 638 inscrits.

Le CA de Sésamath réalise une lettre diffusée à l'ensemble des enseignants inscrits sur Sésaprof pour informer des dernières décisions prises par le CA, ainsi que des développements des différents projets de l'association. L'appel à la participation aux différents projets de l'association passe par ces lettres Sésaprof.

7.1.3 Le projet manuel numérique pour la seconde

En juin 2009, une équipe de Sésamath s'engage dans un projet qui a pour objectif de concevoir un manuel « full web » pour la classe de seconde, structuré autour d'« atomes »[30] formulés en *types de tâche* et constitué de briques au format Web indexées de telle façon que l'enseignant puisse s'approprier le contenu et l'adapter à ses propres besoins. Suivant Hache (2009a) *« le manuel papier figé est plutôt un élément de référence, là où le manuel numérique est davantage un élément d'adaptation, de déclinaison et d'enrichissement constant »*. Ce nouveau projet constitue un double défi pour les membres de Sésamath :

- un défi didactique : c'est le premier projet manuel au niveau du lycée, qui se situe de plus à un moment charnière (un nouveau programme en seconde - juillet 2009 - qui introduit des changements significatifs). La plupart des projets antérieurs de Sésamath sont des projets pour le collège. Monter un projet pour le niveau lycée suppose sans doute de nouvelles organisations didactiques ;
- un défi technique : ce n'est pas un manuel linéaire, composé de chapitres successifs, mais il est constitué de briques au format web et indexées (de telle sorte que le professeur puisse recomposer son propre manuel), ce qui suppose de nouveaux développements informatiques.

Dans le cadre de ce nouveau projet, la communauté en train de se constituer n'est pas soumise à des contraintes d'édition ni à des dates limites, comme c'était le cas pour les manuels de collège. Pour résoudre les nombreux problèmes posés, les membres de Sésamath ont décidé de se donner du temps.

L'orientation de notre choix de terrain expérimental vers ce projet particulier, est motivée par les deux défis sus-cités, qui pourront être source d'incidents documentaires communautaires et pour d'autres raisons d'ordre méthodologique :

- nous suivrons ce projet dès son début, ce qui nous permettra de suivre l'histoire de l'évolution des activités et de la documentation communautaire. Nous faisons l'hypothèse que le dynamisme premier déclenché au sein de la communauté orientera le processus de développement de sa documentation ;

[30] Terme propre aux membres de Sésamath

- nous voulons garder une certaine cohérence à notre méthodologie et de nous limiter au niveau du lycée par notre suivi du travail individuel des enseignants (comme ComTec). Ce choix méthodologique nous permettra de considérer le rôle des contraintes institutionnelles liées à un seul niveau scolaire : le lycée ;

Nous appelons le projet de conception d'un manuel numérique pour la classe de seconde « digiTex » (Digital Textbook)[31]. Nous venons de situer le projet digiTex dans le cadre de Sésamath. Dans la partie suivante, nous présentons une analyse préalable détaillée du terrain expérimental.

7.2 Analyse préalable du terrain du projet digiTex

Nous étudions ici les différents projets de Sésamath, considérés dans leur dynamique vers le projet digiTex, en cours d'élaboration (juin 2009).

7.2.1 Les projets de Sésamath, données naturelles du terrain

Le fonctionnement du projet digiTex de Sésamath n'est pas indépendant du fonctionnement des autres projets de l'association (§ 7.1.2). Nous identifions, dans cette partie, les outils qui permettent de recueillir des données naturelles de ce terrain.

Nous considérons la revue MathemaTice comme un de ces outils pour recueillir des données sur les activités communautaires de Sésamath ainsi que les décisions prises par le CA. Depuis sa parution en 2006, MathemaTice se nourrit de témoignages, d'expériences et de recherches d'enseignants de mathématiques et de chercheurs. Le comité de rédaction est formé de professeurs de mathématiques. Les membres adhérents et les participants aux différents projets de Sésamath sont les auteurs principaux de ses articles (63/175) et le reste des articles, présente des témoignages d'utilisateurs des différentes ressources Sésamath (30/63). Des articles rédigés par les membres et contributeurs de Sésamath témoignent de leur expérience dans le cadre de l'association et de ses différents projets. Nous pouvons donc dire que le projet MathemaTice nous donne une certaine visibilité des activités communautaires, que nous exploiterons dans le cadre du suivi de la documentation de digiTex.

Année	*Articles*	*Articles rédigés par acteurs Sésamath*	*Articles rédigés par acteurs Sésamath sur les activités dans Sésamath*
2006	8	6	4
2007	24	11	5
2008	36	17	8
2009	34	10	5
2010	41	10	2
2011	32	9	6
Total	175	63	30

Tableau 28. Les articles de MathemaTice permettent une certaine visibilité des activités communautaires

[31] Au départ, les membres de Sésamath appelaient ce projet « projet manuel full-Web ». Nous avons donné cette appellation au projet, vu la redéfinition du projet qui a eu lieu lors de sa réalisation.

Certaines recherches sur le fonctionnement de Sésamath (comme Quentin et Bruillard 2011) se sont appuyées sur l'analyse des sites de Sésamath et d'entretiens avec les différents acteurs (membres, contributeurs, et utilisateurs des ressources). Les sites nous permettent d'avoir accès aux ressources, qui sont le résultat d'un long processus de conception, modification, relecture et numérisation sous format flash et la mise sur une interface collaborative pour les tester afin de les valider et de les diffuser publiquement. Pour notre travail, nous avons naturellement intérêt à suivre ce processus.

La liste de diffusion propre à chacun des projets de Sésamath est aussi un moyen d'obtenir et de maintenir une forte adhésion au projet (Quentin et Bruillard 2011). Les membres de Sésamath ont mis en place une liste de diffusion propre au projet digiTex, intitulée « groupe_lycée ». Au lancement du projet, huit membres étaient inscrits sur cette liste, comme en témoignent les premiers échanges (Encadré 3). Notre inscription, en tant que chercheur, sur la liste de diffusion propre au projet nous permettra de suivre une partie importante du processus de réalisation du projet commun. Notre inscription sur la liste de diffusion peut être considérée comme un biais. Nous faisons l'hypothèse que ce biais aura des effets limités sur le processus de réalisation du projet commun, du fait des rapports étroits qui relient Sésamath à la recherche. Ceci apparaît dans un texte posté par Hache dans le blog de Sésaprof le début février 2009 : *« Depuis maintenant 2 ans, les liens de Sésamath avec la recherche sont en train de se structurer. Cette structuration trouve son origine à la fois dans une volonté réciproque… Pour Sésamath, l'intérêt est colossal : mieux se connaître pour mieux se comprendre et augmenter considérablement sa capacité à se réfléchir »*. Sésamath a une volonté de s'ouvrir à la recherche, avec l'objectif de construire une certaine réflexivité sur les activités communautaires. Mais elle présente aussi une réflexivité non seulement sur l'activité, mais aussi sur les ressources communautaires réifiant cette activité : *« Son* [Sésamath] *intérêt est lié à son objet « les mathématiques pour tous », mais plus profondément encore à une volonté de ne pas simplement créer des outils mais aussi et surtout de créer de la réflexion autour de ces outils et de la réflexion tout court »*. Il continue dans le même texte : *« Si Sésamath cherche à mieux comprendre comment fonctionnent les échanges, comment les utilisateurs utilisent (ou pas) les ressources mise à leur disposition… il est évident qu'un appui méthodologique externe est une chance pour l'association et un nouveau dossier d'amélioration »*. Nous dégageons de cet extrait le fait que Sésamath attend des chercheurs qui travaillent sur ce terrain d'apporter des appuis méthodologiques (proposition d'outils par exemple). Ceci constitue un élément à prendre en compte dans l'établissement du contrat méthodologique avec les acteurs sur le terrain expérimental à construire.

Nous avons rencontré le président de Sésamath fin août 2009, pour obtenir des informations sur les décisions prises par le CA de Sésamath dans la perspective du projet digiTex. Le président a précisé que des enseignants devaient rejoindre le groupe cette année, ce qui impliquait une augmentation du nombre des inscrits sur sa liste de diffusion. Au début du projet, les membres ont mis en place un wiki, selon le président de Sésamath : *« il constitue un moyen de communication et de rencontre entre les membres de l'équipe »*.

Nous disposons donc de certains outils qui nous permettent de recueillir des données naturelles du terrain expérimental : la revue MathemaTice de Sésamath, les différents sites de Sésamath (sites des différents projets), la liste de diffusion propre au projet digiTex et le wiki mis en place par les membres qui constitue un espace collaboratif pour les membres impliqués dans digiTex.

De : XOB **A :** groupe_lycée **Date :** 1 juin 2009, 21h14 Bonsoir, est-on déjà nombreux sur cette liste ? Si c'est le cas, on peut certainement commencer à discuter autour d'un parcours ; je proposais de s'atteler par exemple aux fonctions et de voir comment à travers un manuel atomique et vertical cette notion était traitée. Je crois que le mieux est d'essayer de travailler sur le chapitre de 3e d'autant que le contenu existe déjà à travers le manuel, mais au moins cela pourrait servir de base pour essayer de réfléchir à une ligne innovante pour ce manuel numérique. A + XOB
De : LZ **A :** groupe_lycée **Date :** 1 juin 21h26 Salut, *est-on déjà nombreux sur cette liste ?* 8 pour l'instant.

Encadré 3. Extrait des premiers messages échangés sur la liste groupe_lycée

7.2.2 Les projets de Sésamath : différents rôles des acteurs

Nous nous appuyons sur le travail de recherche effectué par Quentin et Bruillard (2011) pour établir une première approche de différents rôles possibles des membres au sein des communautés de projets de Sésamath.

L'association fonctionne en dehors du cadre de l'Éducation nationale, bien qu'elle ait eu des liens avec celle-ci dans le cadre de certains projets (un projet autour du calcul mental avec les équipes TICE et mathématiques de l'inspection académique du Nord, par exemple). Sésamath organise la gestion des activités communautaires par le biais d'un conseil d'administration (CA). Elle emploie des salariés : un salarié à temps plein, chargé de la communication et de la représentation de Sésamath ; et des salariés à mi-temps, chargés des domaines techniques (gestion des sites, développement informatique). Quentin (2009) distingue quatre catégories d'acteurs au sein de Sésamath : les fondateurs, les membres très impliqués (salariés, coordonnateurs de projets, membre du CA, contributeurs très actifs), les contributeurs (relecteurs, concepteurs et modificateurs des ressources) et les simples utilisateurs. Quentin et Bruillard (2011) indiquent que *« les membres reconnaissaient un droit de décision aux trois membres fondateurs de l'association »*. Ce droit leur confère un rôle implicite important dans la prise des décisions.

Concernant les intérêts et les attentes des acteurs, Quentin et Bruillard (2011) affirment que ceux-ci diffèrent en fonction des catégories d'acteurs. Les membres et les contributeurs accordent une importance particulière aux échanges, à la co-formation ainsi qu'à la reconnaissance des activités individuelles. L'intérêt des utilisateurs réside dans les ressources de Sésamath et dans le gain du temps réalisé. Il s'agit donc de prendre en compte ces attentes et ces intérêts particuliers lors de l'établissement du contrat méthodologique avec les acteurs sur le

terrain expérimental. Les attentes étant différentes selon les acteurs, la perception des activités communautaires est variée (Quentin et Bruillard 2011).

Le projet digiTex est un projet de Sésamath, on peut donc dégager de cette première approche différents rôles des membres. Nous proposons à présent de compléter cette approche des rôles de membres, pour une approche du monde de la communauté Sésamath.

7.2.3 Le monde de Sésamath

Nous complétons notre analyse préalable du terrain au sein duquel le projet digiTex va se développer par une analyse du questionnaire « monde des enseignants » (§4.3.2). Ce questionnaire est destiné aux membres de Sésamath. Nous présentons dans cette partie le questionnaire, puis nous l'analysons afin de compléter l'analyse préalable.

En octobre 2008, Sésamath, avec la collaboration de l'INRP[32], a organisé des journées de formation pour les membres de l'association et les acteurs de l'enseignement des mathématiques intéressés par les questions de mutualisation de ressources. L'objectif de ces journées était d'échanger autour de la qualité des ressources (questions de validation mathématique et didactique) et de leur processus de conception collaborative. Étaient également présents les responsables de deux autres associations (Clionautes et Weblettres). Ce stage constituait une opportunité de rencontre avec les membres de Sésamath. Nous l'avons exploité en proposant ce questionnaire « monde » (§4.3.2).

Présentation détaillée du questionnaire

Ce questionnaire (Annexe 9) constitue une première version du questionnaire monde. Les versions mises en œuvre pour le terrain comTec et digiTex sont des versions qui se sont développées après cette première mise en œuvre. Nous présentons les quatre parties du questionnaire en fonction de leur rôle dans l'identification du monde de Sésamath.

En ce qui concerne la fonction des enseignants, il est important de comprendre à quel niveau les membres de Sésamath enseignent, car ceci nous donne une idée des contraintes institutionnelles imposées aux membres de Sésamath, point important pour l'étude de l'organisation de l'association.

Dans la première partie intitulée « les mathématiques comme domaine scientifique », nous commençons par poser des questions autour de la formation des enseignants (formation initiale, études supérieures). Le rôle de cette formation dans la construction d'une vision des mathématiques est majeur (§ 3.2.2). La vision des mathématiques commence aussi à se construire dès l'enfance, nous introduisons donc une question sur l'évolution de cette vision au cours du temps. Nous repérons, par cette question, les formes constitutives des KM et les formes constitutives de l'accès aux KM. Nous posons une question sur la façon dont les enseignants pensent les mathématiques (aspect expérimental vs aspect théorique). A la fin de cette première partie, nous demandons une représentation schématique illustrant la vision de l'enseignant du lien entre les mathématiques et les autres disciplines : les mathématiques se nourrissent des autres sciences et les alimentent. Dans cette perspective, ces schémas nous permettent d'étudier

[32] Institut National de Recherche Pédagogique, devenu depuis début 2011 l'Institut Français de l'Education, dans l'ENS de Lyon.

les formes constitutives des KM des enseignants ainsi que les formes constitutives de l'accès aux KM.

Dans la deuxième partie intitulée « l'enseignement des mathématiques », nous posons une question sur le nombre d'années d'expérience professionnelle et le type d'établissement dans lequel l'enseignant a exercé. Nous faisons l'hypothèse que le nombre d'années d'expérience professionnelle et le type d'institutions que l'enseignant a fréquenté antérieurement constituent un cadre « historique » pour le développement d'une vision de l'enseignant sur son métier. Nous posons ensuite des questions sur les mathématiques dans son enseignement : le domaine qui lui paraît délicat à enseigner, la source de difficultés de ce domaine. Nous visons, à travers cette question, à repérer la place de l'analyse comme domaine mathématique par rapport aux autres domaines chez les enseignants de Sésamath. Nous le questionnons ensuite sur la place des ressources dans son enseignement : la source de documentation, sa qualification des caractéristiques d'une bonne ressource et les paramètres à prendre en compte lors de la conception des ressources. Nous espérons alors repérer les formes productives des modes de conception de ressources chez l'enseignant. A la fin de cette partie, nous demandons à l'enseignant de qualifier en quelques lignes son métier d'enseignant, ceci nous permet de repérer une vision sur l'enseignement des mathématiques avec les trois formes (§ 3.3.1).

Dans la troisième partie intitulée « TICE », nous demandons aux membres de Sésamath s'ils utilisent les TICE, depuis combien de temps et le rôle de l'ordinateur dans leur travail documentaire. Ces questions nous permettent d'étudier l'organisation de la communauté. La question sur les motifs de l'intégration de la technologie dans son enseignement nous permet de repérer les formes constitutives des KM et KE et les formes constitutives de l'accès aux KM et KE. La place des TICE dans les modes de conception de ressources est importante pour repérer la vision des TICE de l'enseignant. Au regard de cet objectif, nous posons des questions sur le lien entre technologie et facilité d'apprentissage des élèves et le thème mathématique qui semble plus adapté aux TICE. Nous essayons alors de situer la place de l'analyse par rapport aux autres thèmes.

Les questions de la quatrième partie, intitulée « travail collectif et/ou travail collaboratif », portent plus particulièrement sur Sésamath. Nous posons tout d'abord une question visant à situer l'enseignant dans la communauté : sa durée d'expérience dans ce collectif ainsi que son rôle dans Sésamath et les projet(s) dans lesquels il est impliqué. Ces éléments sont très importants pour analyser l'organisation de la communauté. Pour repérer les apports réciproques entre l'enseignant et l'association, nous posons une question sur ce qu'il pense qu'il apporte à l'association. Cette question nous aide à repérer l'organisation de la communauté en incitant une réflexivité sur les propres activités des membres dans le cadre de la documentation communautaire. Nous posons ensuite une question sur les visions que les enseignants pensent retrouver au sein de leurs activités communautaires. Nous proposons ensuite aux membres de faire une représentation schématique du rôle du site de Sésamath. A la fin de cette partie, nous posons deux questions : une première sur le temps qu'ils passent pour le travail collectif de Sésamath, une seconde sur l'effet du temps consommé au travail collectif sur leur propre pratique. Cet effet est en lien étroit avec leur point de vue du travail collectif. Le point de vue de l'enseignant sur le travail collectif influe sur sa considération du temps consommé dans le cadre de ce type de travail.

Après cette présentation complète du questionnaire, nous proposons d'en décrire la mise en œuvre.

Mise en œuvre du questionnaire et recueil des données

Le questionnaire a été distribué pendant les deux journées de formation, auxquelles ont participé au total 47 personnes. Nous avons récupéré 36 questionnaires dont 24 rendus le jour même de la formation et 12 retournés par courriel. Parmi les questionnaires renseignés, 33 correspondent à des membres de Sésamath.

Comme pour tous les questionnaires, la représentativité de l'échantillon est un facteur décisif pour la nature des résultats obtenus. Nous avons posé, sur ce point, trois questions au vice-président de Sésamath et il nous a répondu par deux mails successifs.

Premier mail :

> *Quel est le nombre total des enseignants adhérents à l'association ?* 76
>
> *Est-ce que tu penses que le groupe des enseignants qui ont participé aux journées est représentatif de l'association ?* Non.
>
> *Pour quelle raison ?* Parce que ce sont les plus impliqués qui font l'effort de participer à ce type de réunions. Mais bon, nous étions nombreux quand même en regard du nombre de membres.

Second mail, quelques heures plus tard, avec un changement dans les réponses :

> *Est-ce que tu penses que le groupe des enseignants qui ont participé aux journées est représentatif de l'association ?* Finalement je dirais oui !
>
> *Pour quelle raison ?* Parce que les membres absents sont des membres momentanément inactifs, ou absents car trop sollicités par ailleurs, ou n'ont jamais participé à aucune réunion parce que c'est leur mode de fonctionnement, ou parce qu'ils sont trop éloignés (5 membres sont hors de France). Si, à bien y réfléchir, les enseignants qui ont participé aux journées sont bien représentatifs de l'association !

Nous pouvons ainsi parler d'une certaine représentativité de notre échantillon questionné, pour les raisons suivantes :

- le nombre de questionnaires renseignés est 33, ce qui constitue un nombre assez important par rapport au nombre total des membres de l'association (76 membres en 2008) ;
- les personnes qui ont participé aux journées de formation sont les gens les plus impliqués dans les projets de Sésamath. Cette implication façonne sans doute les caractéristiques du travail collectif de l'association.

Nous avons dépouillé les questionnaires à l'aide d'un logiciel (*Modalisa*) qui facilite le dépouillement des réponses et l'analyse croisée des questions à choix multiples. Les schémas ne peuvent pas être traités par ce logiciel (notre questionnaire contient deux schémas).

Analyse des 33 questionnaires

Nous avons analysé le questionnaire de façon à pouvoir nous faire une idée de l'interaction entre l'organisation de Sésamath et les différentes visions des membres. Nous présenterons aussi les effets éventuels du monde de Sésamath sur le projet digiTex.

La majorité des enseignants qui ont répondu au questionnaire ont moins de quarante ans (21/33), sont des enseignants de collège (24/33), ont un CAPES de mathématiques (26/33). En revanche, les professeurs de lycée sont une minorité (5/33). Les membres de Sésamath sont donc en majorité des jeunes professeurs du collège, ce qui semble cohérent si l'on considère l'ensemble

des projets de départ menés par l'association pour le collège, type de projets dans lesquels les membres de Sésamath auraient un propre intérêt professionnel.

Une partie des membres est impliquée dans l'association depuis 2005 (13/33), dans la deuxième étape du développement de l'association (§ 7.1.1). Si les membres peuvent avoir plusieurs rôles dans l'association, la plus grande partie d'entre eux sont des auteurs de ressources (concepteurs, relecteurs et modificateurs) (voir figure 18). Nous remarquons qu'il y a autant de coordinateurs que de personnes ayant des rôles techniques.

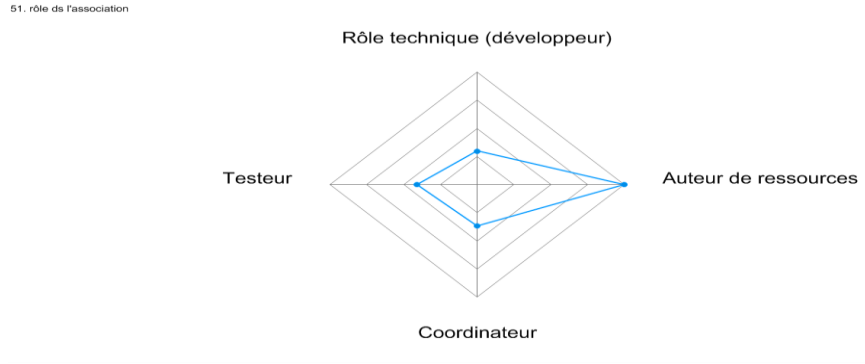


Figure 18. Différents rôles dans l'association, représentation radar

La source de documentation pour les enseignants interrogés réside principalement dans les ressources en ligne (30/33) et dans les ressources élaborées au cours des années précédentes (32/33) qui, pour la plupart, sont des ressources en ligne (de Sésamath ou d'autres associations), ressources qui ont été expérimentées et modifiées en fonction des usages. La culture des « ressources en ligne » semble être commune aux membres de l'association. La place que le programme scolaire occupe dans la documentation des enseignants est importante, car, en tant que conditionnement institutionnel, elle peut influencer la documentation dans le cadre des projets de Sésamath.

	effectifs
Les manuels scolaires (dont disposent vos élèves)	26
Des livres de mathématiques	13
Des ressources en ligne	30
Des ressources que vous avez élaborées dans les années précédentes	32
Des ressources échangées avec des collègues	26
Les programmes et/ou les documents d'accompagnement	28
Des ressources rencontrées en formation	17
Total/ interrogés	33

Tableau 29. Source de documentation des membres de Sésamath

Tous les membres interrogés utilisent la technologie dans leur travail d'enseignement (31/33), ce qui nous semble cohérent avec les buts affichés par l'association. L'ordinateur joue un rôle principal dans le travail d'enseignement de 30/33 des membres interrogés. Dans le travail de conception de ressources, ce rôle est majeur (Tableau 30).

	Effectifs
Échanger plus de ressources (Par clé USB, mail, etc.)	27
Utiliser et modifier plus les ressources préparées antérieurement	27
Répertorier vos documents autrement	18

Tableau 30. Rôle de la technologie dans le travail documentaire

La question concernant les apports des membres pour Sésamath, les incite à une réflexivité sur leurs propres activités communautaires. Nous classons les réponses en quatre catégories :

- apport en fonction de son rôle dans l'association. Ceci nous a permis d'identifier les différents rôles dans les réalisations des projets communautaires : relecteur, correcteur, concepteur de ressources ; ainsi que les membres ayant des rôles techniques (développeur) et les organisateurs (responsables des projets par exemple) ;
- apport estimé « modeste » ;
- apport en fonction des retombées de ce travail sur sa propre pratique.

En contrepartie, quel est l'effet du travail communautaire sur l'enseignement ? Pour 29/33 des réponses, le temps passé dans le travail collectif concourt au développement professionnel et pour 21/33 des réponses, ce temps consommé constitue une composante du travail d'enseignement. On peut faire l'hypothèse que ce dernier point de vue est fortement lié à l'ancienneté dans l'association. Un tri croisé montre en effet que, parmi ceux qui considèrent que leur travail dans Sésamath constitue une composante naturelle de leur activité professionnelle, 17 membres sont dans Sésamath depuis plus que 3 ans. Par conséquent, il semblera difficile pour un professeur de discerner les frontières entre sa propre activité et l'activité dans le cadre du collectif. Il entre dans une situation qui ressemble à celle de la « fourmi ouvrière » circulant sur un ruban de Möbius[33] où il n'y a ni extérieur ni intérieur.

Echange d'expériences	21
Se former	14
Echanger de ressources	12

Tableau 31. Motifs d'implication des membres dans Sésamath

Le questionnaire fait apparaître une diversité de motifs d'implication des membres dans Sésamath (tableau 31). On note un grand intérêt pour l'échange d'expériences, ce qui met en évidence l'existence, derrière les ressources conçues, d'une histoire professionnelle qui se développe et qui est intéressante à partager. Nous faisons donc l'hypothèse que la culture élaborée et diffusée par Sésamath dépasse le travail de conception et diffusion de ressources en ligne, dans leur aspect matériel ; c'est une culture de partage et d'échange d'expériences entre les membres de l'association et, au-delà, avec les utilisateurs des ressources.

Nous classons les réponses sur la vision des mathématiques depuis l'enfance en quatre catégories dont chacune induit une forme constitutive des KM :

[33] M.C. Escher (artiste néerlandais) a représenté le ruban de Möbius (1963), en neuf fourmis rouges parcourant un ruban fermé en passant alternativement au dessus et en dessous.

- une vision d'ordre historique (4/33) : *« Enfant ça me paraissait facile, adolescent c'est devenu très abstrait et sans lien avec d'autres disciplines. Adulte, je suis revenu aux maths sous l'angle de l'enseignement et des problèmes que posent l'acquisition des premières notions mathématiques » ;*
- une vision d'ordre didactique (7/33) : *« domaine accessible à tous par le travail personnel et l'envie, et qui ne nécessite pas "d'apprendre" mais de comprendre ».*
- une vision d'ordre ludique (8/33) : *« un jeu, un plaisir, une curiosité », « Ça a toujours été un jeu », « une immense aire de jeu »* ;
- une vision d'ordre épistémologique (7/33) : *« Un outil nécessaire à la réalisation de modèle pour les sciences, un monde formel et onirique en même temps ».*

Les deux aspects expérimentaux et théoriques sont défendus simultanément par la majorité des enseignants de Sésamath (19/33). Ceci est justifié par des raisons diverses :

- des enseignants distinguent l'aspect qu'ils défendent et celui qu'ils enseignent : *« tout dépend du public ! Aspect expérimental si le public est "hostile", mais plus théorique si non. Du cœur, je suis plus porté vers l'aspect théorique... » ; « théorique : goût de la recherche et du raisonnement. Expérimental : utilisation des concepts et pourquoi on doit apprendre les mathématiques».* Pour ces enseignants, les formes constitutives de l'accès aux KE sont liées au contexte institutionnel de la classe ;
- d'autres trouvent que l'interaction entre les deux aspects reste indispensable pour le développement de l'enseignement des mathématiques (*« L'un ne va pas sans l'autre. J'aime bien l'approche expérimentale pour passer ensuite à l'abstraction et un aspect plus théorique » ; « un mixe équilibré des deux, cela me convient pédagogiquement parlant »*), ainsi que le développement des mathématiques (*« je trouve nécessaire de faire un mélange des deux. Les maths ne se sont pas construits sur la seule théorie, il a bien fallu observer, conjecturer puis valider par la théorie »*).

Nous pouvons estimer que, même si les deux aspects trouvent leur place dans le monde de la plupart des enseignants, leur expression s'inscrit dans des finalités différentes. Par exemple, un enseignant qui défend l'aspect expérimental avance des raisons sociales et institutionnelles : *« Expérimental, pour être plus en adéquation (niveau, motivation, utilité) avec mon public (collège, ZEP[34]) ».* Nous remarquons là une vision de l'enseignement des mathématiques qui interagit avec la vision des mathématiques. Bref, si la majorité des enseignants de Sésamath sont conscients de l'importance des deux aspects des mathématiques, ceci n'implique pas forcément des formes constitutives de KM et KE identiques, mais complémentaires.

Dans le questionnaire, nous avons eu 27 représentations schématiques des liens entre les mathématiques et les autres disciplines scientifiques. Nous avons classé les schémas dans trois catégories en fonction des formes constitutives des KM que nous en avons induits (Figure 19) :

- outil pour les autres disciplines scientifiques (7/27) : cette forme constitutive des KM est de deux types, un premier en décalage avec le réel où on voit les mathématiques avec un niveau d'abstraction plus grand que les autres disciplines scientifiques et un deuxième type qui ne qualifie pas les mathématiques par rapport à la réalité (figure 20) ;
- outil pour les disciplines scientifiques, avec des interactions partielles avec certaines de ces disciplines (4/27) : interactions avec la physique, deux membres représentent une

[34] Zones d'Éducation Prioritaires.

interaction avec la chimie, et un représente une interaction avec la philosophie (figure 21) ;

- relation d'interaction avec les différentes disciplines scientifiques (16/27) : cette forme productive de KM est de trois types : un type en décalage avec le monde du réel, où l'on voit les mathématiques avec un niveau d'abstraction plus grand que les autres disciplines scientifiques (figure 22) ; un deuxième type où l'on représente les mathématiques au centre des interactions ; un troisième type représentant les mathématiques incluses dans les autres disciplines scientifiques et se développant par interaction entre elles.

De cette analyse des visions des mathématiques, on peut déduire qu'il y a un éloignement des visions des mathématiques entre deux formes : outil pour les autres disciplines ou en interaction avec les disciplines scientifiques, avec les mathématiques au centre.

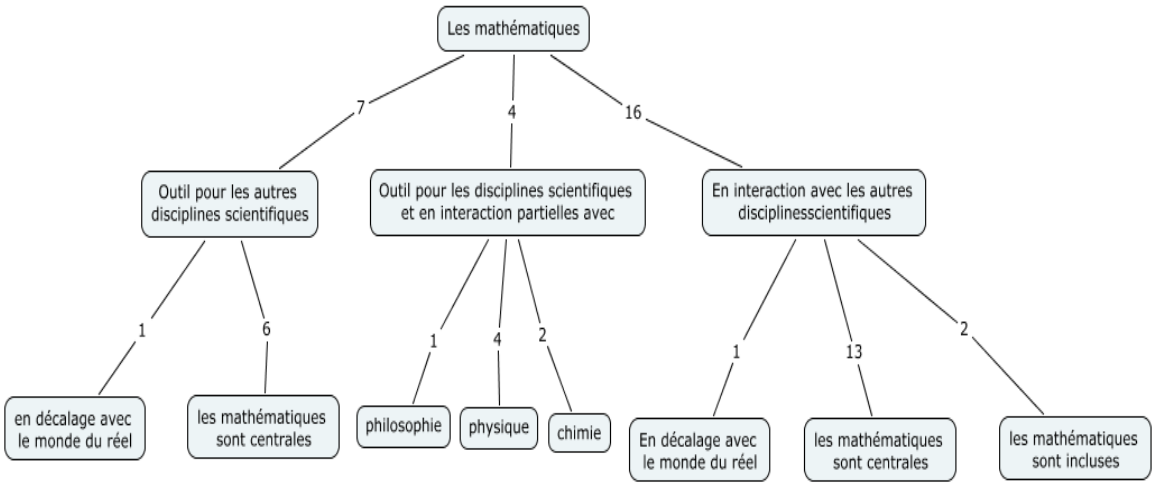


Figure 19. Un diagramme illustrant les différentes représentations des interactions des mathématiques avec les autres disciplines scientifiques

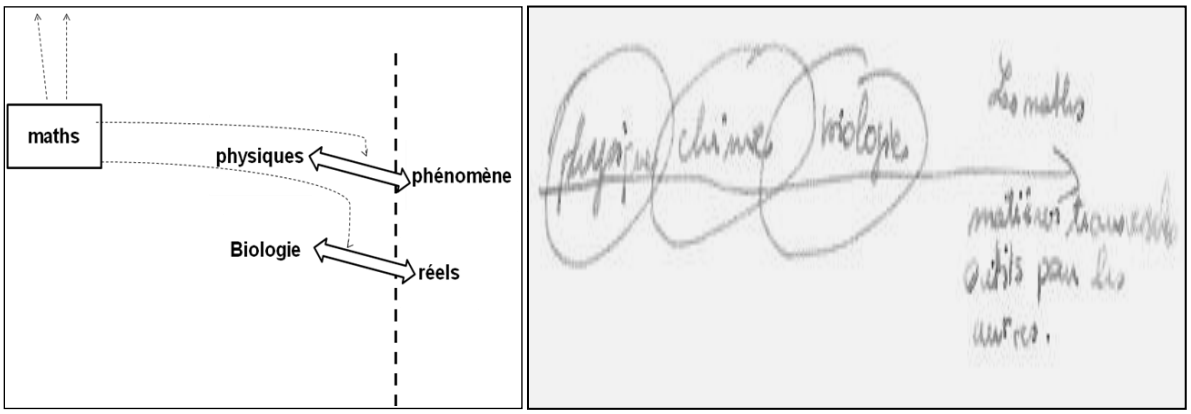


Figure 20. Deux représentations schématiques des mathématiques comme outils pour les disciplines scientifiques[35]

[35] Nous avons reconstruit le schéma à gauche, parce qu'un simple scan du schéma n'est pas compréhensible et clair. Dans la reconstruction nous avons respecté les rapports des distances entre les mots, cadres et flèches.

Figure 21. Représentations des mathématiques comme outil pour certaines disciplines et se développement en interaction avec d'autres

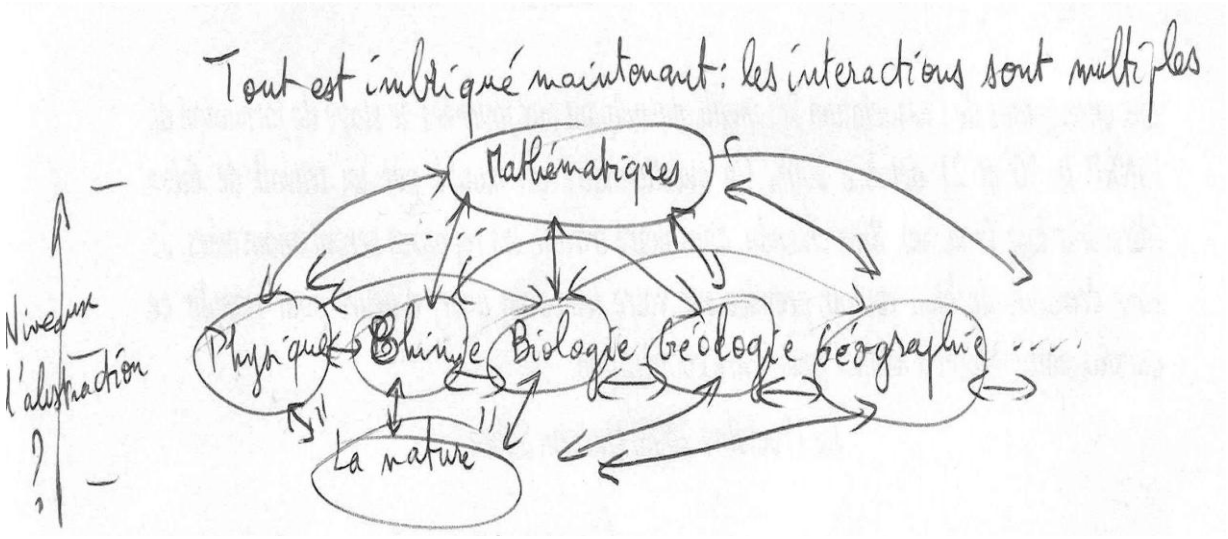


Figure 22. Représentation des mathématiques se développant par interactions multiples avec les différentes disciplines scientifiques où l'on voit les mathématiques avec un niveau d'abstraction plus grand

A propos du thème le plus difficile à enseigner, la plupart des interrogés évoque la géométrie (12/33). Dans la justification de la difficulté, ils indiquent que la source de difficulté de l'enseignement de ce thème est l'organisation de l'enseignement du raisonnement déductif indispensable dans la géométrie, ainsi que l'organisation de l'enseignement de la démonstration. Au second rang vient l'algèbre (9/33), pour laquelle la difficulté est liée à la manipulation des lettres qui rend le travail mathématique plus abstrait. Bien que la plupart des enseignants soient des enseignants de collège, quelques-uns (8/33) ont noté que l'analyse est un thème difficile à enseigner. Les justifications qu'ils donnent de la difficulté du thème d'analyse rejoint, en partie, les justifications données pour l'algèbre : le formalisme, le passage au littéral, l'enseignement des objets mathématiques abstraits. En effet, 17/33 (ceux qui ont noté l'algèbre et l'analyse) ont noté les mêmes difficultés d'enseignement liées à l'abstraction et la manipulation des variables et des inconnues.

	professeur d'école	professeur en collège	professeur en lycée	Total
Calcul	0	2	0	2
Analyse	0	3	5	8
Géométrie	0	10	2	12
Algèbre	0	7	2	9
Probabilités	0	4	3	7
Statistiques	0	1	2	3

Tableau 32. Croisement thème(s) délicat à enseigner/fonction du professeur

Les membres de Sésamath interrogés qualifient leur métier d'enseignant de mathématiques de façon variée. Malgré le caractère ouvert de la question, nous avons pu classer les réponses en quatre catégories, suivant les formes productives des KE qu'elles engendrent :

- rapport au savoir via des rapports d'ordre social (7/33) : *« Artiste, acteur, gestionnaire de relations humaines, psychologie humaine des individus et des groupes de personnes, mathématicien, référent culturel... »* ; *« Un savant mélange entre relations humaines et relations avec un savoir et des compétences. Métier très riche »*. Cette forme peut être productive de KE particuliers et peut donner accès à des KE spécifiques ;
- transmission et acquisition du savoir (6/33). Cette forme suppose de mobiliser des KE pour assurer une certaine organisation du savoir à enseigner : *« C'est avant tout une profession d'enseignant dont le but est de faire passer un message en le rendant le plus intéressant possible »* ; *« Transmettre des connaissances ; communiquer une passion et des valeurs »* ;
- développement des compétences des élèves et de leur intérêt pour les mathématiques (8/33) : *« Mettre les étudiants en situation de l'expliquer et comprendre les mathématiques »* ; *« Structurer les élèves : apprendre à mémoriser, à s'organiser ; éveiller la curiosité et le raisonnement, l'esprit critique ; développer les capacités de calcul… »* ;
- passion créatrice (4/33) : *« Profession complexe mais intéressante, stimulante et non rébarbative »* ; *« Passionnant, particulièrement création de ressources, travail collaboratif, promotion des logiciels libres »*.

Nous remarquons donc qu'il y a une variété de formes constitutives de KM et KE, qui ne sont pas d'aspects contradictoires, mais complémentaires. Nous parlons alors de visions de l'enseignement de mathématiques éloignées.

En ce qui concerne les TICE, les motifs de l'intégration de la technologie dans le travail d'enseignement sont, pour la grande majorité, leur intérêt pour la technologie et le fait que celle-ci soit un facteur motivant pour les élèves, ce qui renforce l'idée de l'intégrer dans leur travail (Tableau 33).

La technologie et l'informatique vous intéressent	29
Pour actualiser votre activité dans le domaine de l'enseignement des mathématiques	15
Pour adapter votre enseignement à la technologie, déjà existante dans votre milieu	5
Pour motiver les élèves	27
Pour échanger et chercher des ressources pour votre enseignement	20

Tableau 33. Motifs de l'intégration de la technologie dans leur enseignement (effectif total 33)

En ce qui concerne leur réponse sur le domaine le plus adapté à l'enseignement avec les TICE, la géométrie vient au premier rang (20/33), suivie par la statistique (10/33). Au troisième rang on trouve l'analyse (6/33) où le rôle des TICE est justifié dans l'enseignement de la notion de variable, l'utilisation combinée du tableur et des logiciels de géométrie dynamique. Cette justification du rôle des TICE engendre une forme constitutive de mode de conception de ressources pour l'enseignement de l'analyse : la combinaison de plusieurs logiciels pour assister le passage d'un registre à un autre (du numérique au graphique). Si nous observons plus précisément, dans les réponses, le rôle que les enseignants assignent à la technologie dans leur enseignement, nous remarquons une certaine diversité (Tableau 34).

Dans la construction du savoir	18
Pour mettre en relation les notions et leur signification	10
Pour faire fonctionner des notions et concepts mathématiques	17
Pour développer la collaboration entre élèves	6

Tableau 34. Rôle assigné à la technologie dans leur enseignement (effectif total 33)

Concernant les caractéristiques d'une bonne ressource, nous avons relevé la présence de critères communs, malgré le caractère ouvert de la question :

- adaptabilité de la ressource (10/33) : adaptabilité des ressources aux besoins des enseignants *(« Adaptabilité : elle peut être requise, retouchée facilement ; pertinence mathématique et adéquation avec ma progression et mes intentions pédagogiques » ; « Bonne adaptabilité. Une ressource qui fournit une base de travail, des idées... »)*, adaptabilité des ressources aux besoins des élèves (*« Bien présentée, claire, adaptable à différents publics », « le fait qu'elle puisse être utilisée par un grand nombre de personnes ou qu'elle soit facilement modifiable pour que ce soit le cas »*) ;
- clarté et simplicité de l'énoncé (8/33) ;

Nous induisons de ces réponses des formes productives de mode de conception de ressources, qui pourraient influencer la documentation communautaire dans le cadre des différents projets de Sésamath : la prise en compte d'une dimension collective dans la conception des ressources. Certaines réponses mettent aussi en avant l'aspect épistémique de la ressource : *« Cohérence didactique et valeur des connaissances mathématiques exposées »* ; d'autres mettent l'accent sur le critère d'« utilité » et de « flexibilité » de la ressource pour la réalisation de son projet d'enseignement : *« conforme au programme ; adaptable ; modifiable ; utilisable directement »*.

Nous avons reçu 18 représentations schématiques autour de la place du site de Sésamath dans la documentation communautaire. Nous avons pu les classer en 4 catégories :

- représentations des rapports entre les projets et les utilisateurs (6/18) : ces représentations engendrent des formes constitutives des KM et KE par interaction entre les membres pour le développement des projets pour les uns (figure 23), et communications et échanges dans Sésaprof ayant un rôle central dans le développement du projet pour les autres ;
- représentations de trois composantes : les enseignants, le site et l'association (ou CA de l'association) (9/18) (figure 24) ;
- représentations du site comme outil pour les enseignants de mathématiques (2/18) ;
- représentations du site comme résultat d'un travail sur les ressources (4/18) : ces représentations reflètent deux formes constitutives de mode de conception de ressources. La première forme met en avant une dimension collective dans les ressources conçues, les membres représentaient le site comme outil de diffusion de ressources pour les enseignants de mathématiques (un membre de Sésamath affirme : *« nous diffusons des ressources numériques, nous espérons que les collègues s'approprieront ainsi les TICE plus facilement »*). La deuxième forme représente la conception de ressources comme résultat d'interactions entre les membres de Sésamath. Les membres représentaient le site comme un support pour le développement des ressources par interaction.

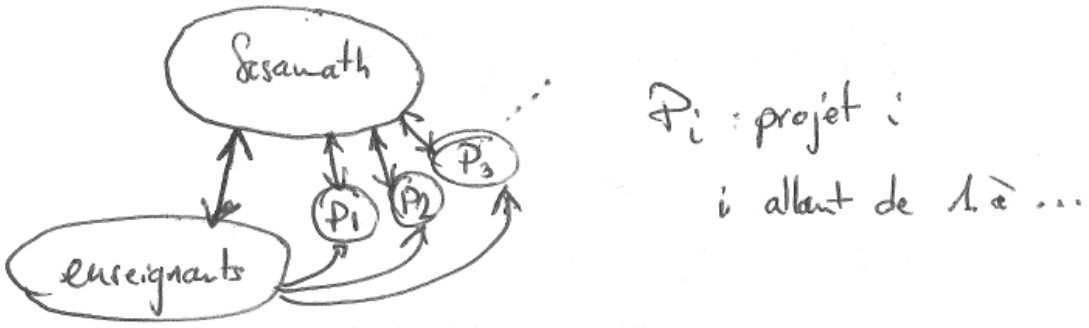


Figure 23. Représentations de la place du site de Sésamath, rapports entre les projets et enseignants (concepteurs et utilisateurs)

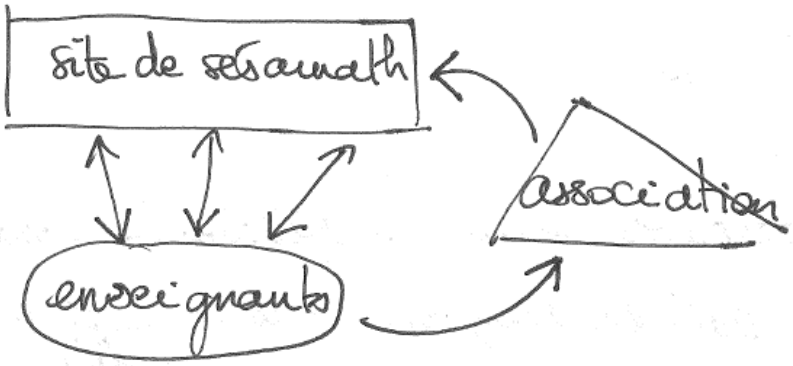


Figure 24. Représentation de la place du site de Sésamath, interaction entre trois composantes : site, enseignants et association

Trois représentations schématiques peuvent être rattachées à deux catégories différentes, ceci met en évidence les interactions existant entre ces différentes catégories. Nous illustrons l'ensemble de ces quatre catégories par un diagramme (Figure 25).

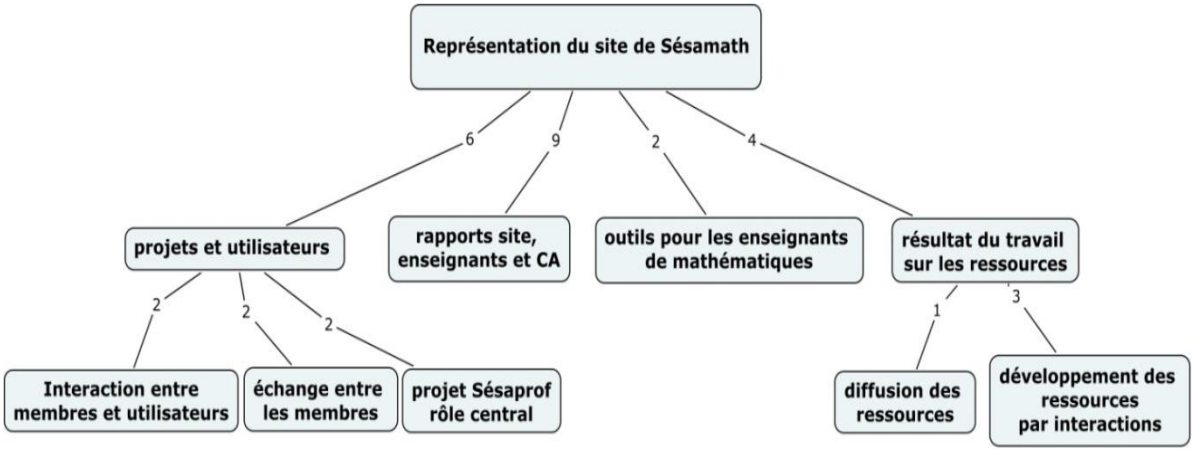


Figure 25. Le diagramme du résultat de notre catégorisation des représentations schématiques de la place du site Sésamath

D'après les réponses obtenues sur cette question, nous avons remarqué que la question n'était pas assez claire (des réponses comme *: « question pas très claire »* ; *« je n'ai pas compris »* ; un point d'interrogation « *?* ») et qu'il fallait proposer aux enseignants de faire une telle représentation schématique en dehors du questionnaire, et de solliciter une représentation du collectif et pas seulement du site de Sésamath (c'est ce que nous avons fait ultérieurement sur digiTex avec le RSIC).

Parmi les enseignants interrogés, 23/33 disent qu'ils partagent une vision commune du travail collectif ; 9/33 des membres interrogés, en prenant du recul sur leurs activités dans le cadre de Sésamath, disent qu'ils partagent une vision commune du « monde du libre » ainsi que *« de la notion de partage »* : *« une vision commune de l'enseignement en tant que connaissance à partager et mise à disposition d'outils libre pour faciliter l'enseignement »* ; *« vision commune de la notion de service public et de partage de savoirs »*. Ces résultats, sur un échantillon de 33 personnes, donnent des indications significatives de la conscience qu'ont les membres de Sésamath de partager une vision commune du travail collectif, mais laquelle ? Est-ce que la vision du travail collectif que pense partager un membre de Sésamath avec ses collègues est la même chez tous les membres ? Ou bien chacun a-t-il sa propre vision implicite (non perçue par tous les membres de l'association) qu'il pense partager avec les autres ? Ces questions semblent centrales. C'est une question à repérer de plus près dans le suivi de la communauté du projet digiTex.

Synthèse de l'analyse du questionnaire

Nous avons constaté un éloignement des visions des mathématiques chez les membres de Sésamath. Nous avons également repéré un éloignement des visions de l'enseignement des mathématiques. Deux éléments semble affaiblir l'effet de cet éloignement sur la réalisation des différents projets de l'association : 1) la présence des rôles variés des membres dans les projets ; 2) l'intérêt professionnel, qui constitue un motif principal d'implication des membres dans un projet donné de l'association.

Nous avons, en revanche, identifié des formes constitutives de mode de conception de ressources identiques chez les membres : des ressources simples, claires, facilement adaptables et conçues en cohérence avec le programme. Nous avons également repéré un rapprochement dans les visions des TICE et les membres de Sésamath semblent partager une vision commune du travail collectif.

Nous pouvons dire que me monde de Sésamath comporte une certaine cohérence, qui semble être un construit lié à la genèse de l'association (§ 7.1.1).

7.2.4 Conclusion de l'analyse préalable

Nous synthétisons dans cette partie les résultats de cette analyse préalable pour la construction de notre terrain expérimental (§ 7.3).

Les enseignants de collège sont une composante essentielle de Sésamath, ce qui peut constituer un obstacle au démarrage du projet digiTex, projet pour le lycée. Un autre obstacle au « bon » démarrage du projet pourrait résider dans le changement des programmes de la classe de seconde, en raison de la place importante que prennent les textes officiels dans la documentation des enseignants membres de Sésamath.

Dans les différents projets de Sésamath, l'activité de test et de validation ne prend pas une place importante dans la documentation. En revanche, la documentation communautaire semble privilégier plusieurs rôles : concepteur, relecteur et modificateur de ressources, des développeurs informatiques, des coordinateurs (techniques, débat) et responsable des projets.

Les projets de Sésamath présentent un intérêt professionnel pour les membres. Considéré comme composante du propre travail d'enseignement, le travail au sein de ces projets constitue pour les enseignants une occasion riche d'échanges d'expériences. Les enseignants interrogés consacrent d'ailleurs un temps non négligeable à ces activités communautaires.

De nombreuses ressources naturelles existent sur le terrain expérimental, dont nous pouvons tirer profit dans le suivi de la documentation communautaire : l'ensemble des mails échangés sur la liste de diffusion ; le wiki qui peut constituer pour nous un outil de recueil de ressources communautaires et la revue MathemaTice qui peut donner matière à une analyse de la réflexivité des acteurs sur leurs activités communautaires.

Au regard des relations entre les différents projets de Sésamath et du rôle du Conseil d'Administration de l'association dans l'orientation des projets, nous retenons en particulier de cette analyse l'intérêt de choisir, pour le suivi de digiTex, un membre du CA impliqué et un autre membre impliqué à la fois dans digiTex et dans kidimath (qui constitue une entrée dans digiTex).

L'ouverture de Sésamath à la recherche et la déclaration du besoin d'outils suscitant une réflexivité sur les activités communautaires rejoignent nos principes de conception de la méthodologie. Il s'agit à présent de proposer des outils méthodologiques qui répondent aux attentes et intérêts des différents acteurs.

7.3 Construction du terrain du projet digiTex

Nous présentons, dans cette partie, le processus de construction de notre terrain d'étude. Nous explicitons, dans un premier temps, les raisons pour lesquelles nous avons ancré le suivi de la documentation communautaire dans le domaine de l'analyse, autour de la question de l'enseignement de la notion de fonction (§ 7.3.1), nous continuons par l'exposition de la

dévolution de notre projet de recherche aux acteurs du terrain expérimental (§ 7.3.2), puis nous justifierons le choix de l'enseignant à suivre individuellement (§ 7.3.3) et le choix de deux membres pour le renseignement du PAS (§ 7.3.4).

Pour cette analyse, nous prenons en compte les mails échangés entre début juin et fin septembre 2009 (date du choix des enseignants). Nous avons relévé144 messages échangés durant cette période, sur la liste de diffusion de digiTex, entre 15 membres inscrits sur cette liste.

7.3.1 Le choix du thème « fonction » du champ de l'analyse

La notion de fonction est le thème par lequel on introduit l'analyse au secondaire. Nous explicitons, dans ce paragraphe, les raisons didactiques et institutionnelles nous ayant conduit à ancrer notre travail dans ce thème.

La notion de fonction est considérée comme l'un des premiers concepts apparaissant dans l'enseignement de l'analyse. Celui-ci commence essentiellement par les nombres réels et les fonctions (fonctions numériques). Bloch (2000) note que *« les fonctions, de par leur place dans les programmes à la fois à l'université et au secondaire, peuvent être créditées d'une très forte légitimité et pertinence épistémologique, et de surcroît d'une forte pertinence culturelle (les fonctions numériques comme « vitrine » de l'enseignement de l'analyse) »* (p. 26).

Dans les programmes français, les fonctions apparaissent en classe de Troisième, où elles sont introduites par le biais des fonctions linéaires et fonctions affines. L'étude de ces fonctions est l'occasion d'introduire un vocabulaire spécifique (application, image, antécédent, variable) qui servira d'outil pour la réalisation des tâches comme : tracer une droite comme courbe représentative d'une fonction, déterminer le coefficient directeur et chercher (par vérification de calcul) si un point donné appartient ou non à la droite représentative d'une fonction (linéaire ou affine). La réalisation de ces tâches demande une mobilisation de connaissances algébriques et calculatoires. En classe de seconde, l'enseignement des fonctions passe à la construction de connaissances « fonctionnelles » : le statut de la lettre change, on lui attribue le statut de variable en analyse, tandis qu'on lui attribue le statut de l'inconnue en algèbre. Les programmes de la classe de seconde recommandent la construction de connaissances fonctionnelles chez les élèves à partir de problèmes de modélisation des situations, ainsi que par le biais de problèmes d'optimisation qui permettent l'exploitation des potentialités de logiciels, graphiques ou algébriques. Ce dernier objectif rejoint l'un des objectifs de l'introduction de l'algorithmique dans les nouveaux programmes de seconde (programmes sortis en juillet 2009). Dans ces derniers, on note : *« Ce qui est proposé dans le programme est une formalisation en langage naturel propre à donner lieu à traduction sur une calculatrice ou à l'aide d'un logiciel … L'algorithmique a une place naturelle dans tous les champs des mathématiques et les problèmes posés doivent être en relation avec les autres parties du programme (fonctions, géométrie, statistiques et probabilités, logique) mais aussi avec les autres disciplines ou la vie courante ».*

Le projet digiTex constituera le premier projet relevant du niveau lycée de l'association Sésamath. La place charnière qu'occupe le thème « fonction » dans l'enseignement de l'analyse (le passage du raisonnement algébrique au raisonnement fonctionnel), ainsi que sa place dans le programme de seconde nous semblent pouvoir être générateur d'incidents susceptibles d'intervenir dans la documentation communautaire. Par ailleurs, une recommandation institutionnelle, à travers les inspecteurs, a été faite aux enseignants pour concevoir une progression *spiralée*, c'est-à-dire des progressions avec alternance des différents thèmes enseignés en seconde (fonctions, géométrie, statistiques) tout au long de l'année scolaire. Ceci

convient à notre objectif de recherche, en particulier pour le suivi de la documentation individuelle des enseignants dans le projet digiTex : suivi tout au long d'une année scolaire de la documentation autour des « fonctions » en classe de seconde.

7.3.2 La dévolution de notre projet de recherche aux membres de digiTex

Notre projet de recherche a été présenté par une lettre (Annexe 5) aux enseignants inscrits sur la liste de diffusion du projet digiTex fin août 2009. Le but de cette lettre était d'expliciter le contrat méthodologique (§ 4.2.1) à établir avec les acteurs du terrain expérimental. Nous y avons présenté notre projet de recherche comme un travail s'intéressant à la conception collective des ressources et aux aspects collectifs du travail des enseignants de mathématiques. Nous avons précisé que nous nous intéressions au projet digiTex dans le cadre d'une réflexion sur les bouleversements que peut engendrer un changement de programme dans la documentation individuelle et la documentation communautaire. Nous avons exprimé notre intérêt particulier pour le thème « fonction » et l'articulation de ce thème avec l'algorithmique intégré dans les nouveaux programmes de la classe de seconde. Nous avons informé les enseignants que nous aurions accès à leurs propres ressources : l'interface collaborative de travail, le wiki et les mails échangés sur la liste de diffusion propre au projet. Nous avons aussi évoqué l'adaptabilité de nos outils aux conditions du terrain expérimental. Nous avons enfin mis en évidence l'intérêt communautaire que notre projet de recherche représentait pour digiTex : il permettra, avec les outils que nous proposerons, une réflexivité sur les propres activités communautaires, objectif ciblé par les membres de Sésamath (§ 7.2.1).

Quatre mois après le début de projet, période (de début juin jusqu'à fin septembre) durant laquelle nous avons construit notre analyse préalable du terrain, nous avons fait des premières propositions concrètes aux membres de la communauté, par le biais d'une lettre sur la liste de diffusion propre au projet digiTex (Annexe 6). Nous y avons proposé un tableau à mettre sur le wiki pour suivre l'évolution des rôles des membres dans le projet digiTex. Nous avons laissé la possibilité aux membres d'adapter ce tableau en fonction de leurs besoins pour la réalisation du projet commun. Nous avons également suggéré aux membres du groupe d'intégrer des enseignants de leur propre établissement dans le projet digiTex, avec une préférence pour des collègues de la région lyonnaise afin de pouvoir plus facilement les rencontrer. A la fin de cette lettre, nous avons donné la possibilité aux membres de nous faire des propositions entrant dans le cadre de leurs propres intérêts. Nous n'avons eu aucune réponse à ces propositions ; le tableau, mis sur le wiki, n'a pas été renseigné par les membres. Les acteurs ont cependant accepté notre présence sur le terrain (interface collaborative et liste de diffusion propre au projet).

Nous proposons, dans le paragraphe suivant, d'expliciter nos choix relatifs à l'enseignant à suivre individuellement ainsi qu'aux enseignants pour renseigner le PAS.

7.3.3 Le choix de l'enseignant à suivre individuellement

Pour compléter la construction de notre terrain expérimental, il nous fallait faire le choix d'un enseignant à suivre individuellement. Nous présentons à présent la procédure de choix utilisée.

En octobre 2009, nous avons adressé un message à la liste de diffusion du projet digiTex pour demander aux enseignants s'ils accepteraient de participer à notre recherche (voir l'encadré 4). Cette participation était subordonnée à une condition organisationnelle : l'enseignant devait accepter notre participation à des observations de séances dans sa classe.

De : Hussein Sabra

A : lycee@sesamath.net

Date : 18 octobre 2009, à 13h55

A tous les membres du groupe Lycée,

Dans le cadre d'un travail de recherche que je fais à l'INRP (thèse avec Luc Trouche), je m'intéresse au travail de conception du manuel de seconde. Je serais très intéressé par suivre de plus près le travail de certains enseignants de votre groupe qui sont sur Lyon ville, ou à proximité de Lyon (ou même à Grenoble). Il s'agirait de renseigner un certain nombre de documents, de participer à des entretiens, enfin de m'accepter comme observateur dans la classe à 2 ou 3 reprises. Je serai le plus discret possible !

Qui d'entre vous serait intéressé ? On pourra préciser davantage les choses en discutant directement ensemble.

Merci d'avance !

Encadré 4. Le mail envoyé sur la liste de diffusion pour le choix des enseignants

Nous avons reçu une réponse à ce message (Encadré 5) : XOB n'a pas de classe de seconde à sa charge pendant l'année du suivi. Nous l'avons donc éliminé de notre choix. Nous avons reçu une deuxième réponse d'un autre enseignant, membre de CA, à qui nous avons demandé le renseignement du PAS (nous l'avons nommé Bernard, § 7.3.4).

De : XOB

A : lycee@sesamath.net

Date : 19 Octobre 2009 à 22h25

Bonsoir,

je suis sur l'Académie de Lyon en lycée, mais vraiment au fin fond, près de Genève, à Ferney-Voltaire. Par ailleurs, cette année, je n'ai qu'une classe de 1S et une classe de spé TES. Le reste de mon service est en informatique. Je suis à disposition si besoin.

Bonne soirée.

XOB

Encadré 5. La réponse de XOB à notre message

Pour faire le choix d'un enseignant, nous avons donc procédé à une inspection de la participation des différents membres sur la liste de diffusion de digiTex. Une enseignante, nommée Anaïs dans la suite de notre étude, est à l'origine du plus grand nombre de messages pendant la période entre juin et septembre 2009 (Tableau 35).

	Juin-09	*Juillet 09*	*Août 09*	*Septembre 09*	*Total*
AL	5	0	0	7	12
RD	7	0	0	0	7
Anaïs	**9**	**0**	**0**	**20**	**29**
JW	4	0	0	17	21
MP	0	0	0	2	5
LZ	18	0	0	3	21
SH	0	0	0	3	3
Bernard	13	0	0	5	18
XOB	7	0	0	2	9
PP	3	0	0	7	10
GM	0	0	0	2	2
HG	1	0	0	3	4
JmD	0	0	1	1	2
CR	1	0	0	2	3
GB	1	0	0	0	1
Total	**69**	**0**	**1**	**74**	**144**

Tableau 35. Le nombre de messages envoyés par Anaïs sur la liste de diffusion par rapport aux autres membres.

Regardons en détail le contenu des messages envoyés par Anaïs, mois par mois :

Au mois de juin, Anaïs a commenté des ressources proposées par d'autres membres. Nous avons également remarqué qu'elle avait eu quelques problèmes dans l'utilisation du wiki (pour déposer des ressources et modifier des ressources déposées par d'autres membres). Elle faisait aussi des propositions techniques sur le mode de conception de ressources et leur modification. Nous notons que, durant ce mois, la participation d'Anaïs s'est traduite plutôt par des réactions aux activités des autres membres que par une prise d'initiative, comme si elle cherchait à trouver sa place dans le collectif.

Aux mois de juillet et août, il n'a pas eu d'échanges sur la liste de diffusion (période de vacances).

Au mois de septembre, nous avons remarqué une première prise d'initiative d'Anaïs : une proposition de progression du thème « fonction ». Cette proposition est suivie par une autre, concernant une progression sur l'année qu'elle a élaborée avec son collègue au lycée pour la classe de seconde. Les propositions faites par Anaïs créent une dynamique au sein de la communauté. Elle commente aussi les propositions des autres membres. Ses commentaires sont de type didactique (chapitrage du manuel numérique) et institutionnel (la prise en compte des programmes de la classe de seconde). Anaïs est l'auteur du plus grand nombre de messages pendant ce mois sur la liste de diffusion. Sa participation est caractérisée par une prise d'initiatives.

Pour synthétiser, à partir de ce que nous constatons de sa participation à la liste de diffusion, Anaïs adhère au projet en fonction de son « déjà là » professionnel. Autrement dit, il nous a semblé que sa participation à la liste de diffusion était de type didactique et institutionnel, et orientée par les conditionnements de son propre travail d'enseignement. Ceci nous a incité à choisir Anaïs, membre de Sésamath impliquée dans le projet digiTex, pour le suivi de sa documentation.

Nous avons contacté Anaïs par mail, par le biais d'un message (voir encadré 6) dans lequel nous avons présenté notre projet, en cohérence avec la façon dont nous l'avions présenté sur la liste de diffusion. Nous lui avons également demandé des informations sur le collègue avec qui elle travaille (s'il est membre de Sésamath ou non) et les classes dans lesquelles elle enseigne. Elle a accepté de collaborer avec nous.

De : Anaïs

A : Hussein Sabra

Date : 18 octobre 2009, à 23h07

Bonjour Anaïs,

Dans le cadre d'un travail de recherche que je fais à l'INRP (thèse avec Luc Trouche), je m'intéresse au travail de conception du manuel de seconde. Je souhaite suivre plus particulièrement le travail d'un des enseignants impliqués (travail ordinaire dans ses classes, travail autour du manuel, travail dans l'établissement).

J'ai vu d'ailleurs dans les échanges sur la liste Lycée que tu travailles avec un collègue au Lycée. Est-ce que ce collègue est un membre de Sésamath ?

non, il n'est pas membre de Sésamath

D'ailleurs, avec quelles classes tu travailles ?

j'ai une Seconde et une TS option math

Merci d'avance pour tes réponses ! Si tu es d'accord, on pourra préciser ensemble (avec Luc Trouche aussi) les conditions de cette collaboration ?

je suis d'accord !

Anaïs

Encadré 6. Message envoyé à Anaïs pour la proposition de collaboration et sa réponse

Nous avons communiqué à Anaïs un projet des conditions de notre collaboration, projet ouvert à d'éventuelles négociations.

Pour compléter la construction de notre terrain expérimental, il nous fallait choisir des acteurs sur le terrain pour renseigner le PAS (§ 4.3.6). Nous décrivons et justifions le choix de ces membres dans le paragraphe suivant.

7.3.4 Le choix des acteurs pour le renseignement de PAS

Au regard des résultats de l'analyse préalable (§ 7.2.4), le choix d'acteurs pour renseigner le PAS est soumis à deux conditions : l'un des enseignants doit être en rapport avec le CA de Sésamath et un autre doit être en rapport avec le projet Kidimath.

Le choix de Bernard, membre du CA de Sésamath

Bernard est le trésorier de Sésamath depuis août 2009 et il est membre inscrit sur la liste de diffusion du projet digiTex. Nous avons analysé sa participation sur la liste de diffusion entre début et fin septembre 2009, en voici les résultats.

En juin, il propose puis met effectivement en place un wiki pour le travail sur le thème « fonction ». Il réagit aussi aux questions sur l'utilisation et l'ergonomie du wiki et répond à des propositions de membres pour le développer. Il propose également une méthode pour la relecture

et la modification des fichiers sur le wiki. Nous pouvons donc noter que la participation de Bernard dans le premier mois du projet a pour principal objectif de faciliter l'engagement des autres membres. Sa participation prend une forme plutôt organisationnelle.

Aux mois de juillet et août, il n'a pas eu de participation de Bernard sur la liste de diffusion (période des vacances scolaires).

En septembre, il déclenche une discussion autour de la progression en classe de seconde. Il propose une progression et demande aux personnes de réagir. Il participe à des discussions didactiques (autour des programmes, visant à commenter le contenu mathématique d'une ressource proposée par un membre). Nous notons donc que la participation de Bernard à la rentrée était du type « didactique ».

Comme il est membre de CA et fait preuve d'une participation active, sur le plan didactique et organisationnel, nous avons orienté notre choix sur Bernard pour renseigner le PAS.

Nous avons également sollicité le président de Sésamath pour renseigner un PAS. Le choix du président est justifié par son accès aux décisions que peut prendre l'association envers les contraintes des différents niveaux de codétermination (institutions différentes, autres associations) qui peuvent influer sur Sésamath et en particulier sur le projet digiTex. En revanche, le président de Sésamath n'a pas accepté l'engagement en raison de sa surcharge de travail, au regard de l'ensemble de ses responsabilités en tant que président de l'association.

Le choix d'AL, responsable du projet kidimath

Il nous restait à faire le choix d'un acteur en rapport avec Kidimath. Durant le suivi que nous avons effectué sur la liste de diffusion de digiTex, nous avons repéré un message révélant la présence du responsable de Kidimath dans digiTex (Encadré 7). Nous avons pris contact avec AL pour lui demander de renseigner le PAS. Il a accepté et accepté aussi la réalisation d'entretiens autour des données récoltées par ce PAS.

De : SH

A : lycee@sesamath.net

Date : 27 septembre 2009, 17h36

Bonjour à tous,

Je laisse le soin à AL de présenter complètement le projet « kidimath Lycée » et la formation qui aura lieu à la Toussaint (AL, ne me remercie pas, tout le plaisir est pour moi) :)

Il serait peut-être pertinent d'avoir un site unique dédié à la Seconde.

Encadré 7. La phrase soulignée indique l'implication d'un responsable du projet Kidimath

Ainsi, nous avons désormais une enseignante pour le suivi de sa documentation individuelle (Anaïs) et deux membres pour le renseignement du PAS (AL et Bernard). Nous décrivons, dans ce qui suit, le processus de mise en œuvre de notre méthodologie sur le terrain du projet digiTex.

7.4 La mise en œuvre de la méthodologie sur le terrain du projet digiTex

Nous présentons, dans ce qui suit, la méthodologie effectivement utilisée sur le terrain expérimental (§ 7.4.1). Cette méthodologie a été affinée par rapport à sa mise en œuvre dans le cas de comTec. Lors de sa conception, nous avons pris en compte les résultats de l'analyse

préalable (§ 7.2.4). Tous ces éléments nous conduisent à présenter à la fin de cette partie l'agenda de la méthodologie effectivement mise en œuvre (§ 7.4.2).

7.4.1 Les outils méthodologiques à mettre en œuvre

Nous présentons, dans cette partie, les différents outils méthodologiques mis en œuvre sur le terrain Sésamath.

Le questionnaire « monde »

Le questionnaire « monde » est toujours constitué de quatre parties (Annexe 11). Nous présentons ici les modifications apportées par rapport au questionnaire présenté dans l'analyse préalable (§ 7.2.3) :

- première partie sur la vision des mathématiques : nous avons repris deux questions dont la question sur l'aspect des mathématiques privilégié par les enseignants. En fonction des réponses précédentes à cette question, nous avons ajouté plusieurs choix (théorique, expérimental, historique, opératoire et didactique). Sachant la difficulté d'avoir des représentations schématiques dans un questionnaire renseigné par l'ordinateur, nous avons également introduit une question demandant de préciser la place des fonctions dans les mathématiques et dans l'enseignement des mathématiques. Notre intérêt est ici de repérer la vision des fonctions dans deux contextes différents, mathématiques comme savoir savant et mathématiques pour l'enseignement. Est-ce que ces visions convergent ou divergent ? S'éloignent ou se rapprochent ?
- deuxième partie sur la vision de l'enseignement de mathématiques : nous avons fusionné les questions sur le thème difficile à enseigner et les raisons de cette difficulté. Nous avons ajouté une question sur la façon dont les enseignants définissent les caractéristiques d'une bonne ressource pour l'enseignement des fonctions ;
- troisième partie sur la vision de la technologie dans/pour l'enseignement des mathématiques : nous avons spécifié dans cette partie « les fonctions » comme thème mathématique. Nous avons posé des questions sur les TICE pour enseigner les fonctions (lesquelles ? Pour quel contenu ? Suivant quel dispositif d'enseignement ?) ;
- quatrième partie sur le travail collectif : nous avons conservé les mêmes questions, et supprimé la demande de représentations schématiques (pour la raison évoquée ci-dessus).

Ce questionnaire est alors composé de 16 questions.

L'entretien à domicile

Nous avons adapté les entretiens à domicile (§ 4.3.5) au cas d'Anaïs et au terrain du projet digiTex. Dans une partie de ces entretiens, des questions sont posées sur l'histoire de deux ressources, autour du thème fonction. D'autres questions concernent le projet digiTex. A la fin de l'entretien, nous demandons une RSSR.

Cet entretien s'articule autour de plusieurs parties :

- dans la première partie intitulée « Instruction au sosie, système de ressources », nous abordons des questions sur les supports de ressources, leur format, comment celles-ci sont rangées, organisées et utilisées. Nous posons également des questions sur la hiérarchie des ressources en fonction de leur importance. Nous nous intéressons aux

différents types d'échanges qui peuvent avoir lieu et enrichissent le système de ressources de l'enseignant (avec des collègues, l'implication dans des collectifs professionnels, en particulier Sésamath et le Groupe IREM, les échanges avec les élèves). Nous nous intéressons enfin aux types de ressources les plus fréquemment échangés par l'enseignant ;

- dans la deuxième partie intitulée « représentation schématique », nous demandons une RSSR que nous détaillons ci-dessous ;
- dans la troisième partie intitulée « fonctions, algorithmes et histoire de deux ressources », nous essayons, par un jeu de questions, de trouver la place du thème des fonctions articulé avec l'algorithmique dans son système de ressources (dans le support, la place dans la hiérarchie, l'évolution de la place dans le temps, le rôle des échanges dans le cadre de digiTex). La description de l'histoire de deux ressources sur les fonctions données par l'enseignant constitue un fil conducteur pour entrer dans les détails de la structure déjà évoquée et la place des fonctions dans cette structure.

Nous recueillons les ressources citées dans cet entretien.

Le journal de bord individuel

Nous demandons à Anaïs de noter ses activités pour la classe de seconde. Nous lui demandons de renseigner son journal de bord trois fois dans l'année, chaque fois pendant deux semaines. Comme le thème des fonctions est spiralé sur l'année (§ 7.3.1), nous demandons à Anaïs de renseigner le journal de bord dans des périodes de l'année où elle enseigne les fonctions.

En fait, Anaïs possède un cahier de texte en ligne dans lequel elle consigne chaque jour toutes ses activités avec sa classe de seconde, en mettant des liens en ligne vers les ressources utilisées durant la séance ou les supports produits par la séance. Ainsi, une partie du journal de bord concernant le travail en classe d'Anaïs est déjà réalisée. Il reste les activités hors classe en lien avec sa classe de seconde. Nous lui avons donc demandé de ne noter que les activités qui auront lieu hors de la classe.

Les représentations schématiques

Nous demandons à Anaïs de faire trois types de représentations schématiques (§ 4.3.3) : RSSR, RSIC et RSIM. Nous demandons à Bernard et BC (membre de Sésamath impliqué dans le projet digiTex) de nous faire des RSIC pour appuyer notre analyse des visions du travail collectif des membres impliqués dans le projet digiTex.

Le PAS

Le PAS que nous avons mis en œuvre sur le terrain du projet digiTex est celui décrit au § 4.3.6. C'est une forme développée du PAS mis en œuvre sur le terrain comTec.

L'observation de la séance en classe

Nous observons une séance dans la classe d'Anaïs sur les fonctions en classe de seconde, sans interférer naturellement sur le contenu de la séance. L'observation de la séance en classe sera précédée et suivie par des entretiens.

Entretien Bilan avec Bernard et AL

Bernard étant un membre du CA de Sésamath et AL un membre de Kidimath (projet en étroite relation avec le projet digiTex), nous effectuons avec eux des entretiens bilan tout au long de la période de suivi. Les entretiens traitent des points suivants : l'émergence de l'idée du projet digiTex, la stratégie mise en place par les membres de Sésamath pour la réalisation de ce projet (cette stratégie peut vérifier, d'une certaine façon, les incidents documentaires communautaires qui peuvent avoir lieu dans la réalisation du projet digiTex). Nous les questionnons également sur le rôle des autres projets de Sésamath dans le développement du système de ressources communautaires. Nous tentons, à travers certaines questions, de repérer des éléments autour de l'organisation de la communauté.

Les données naturelles sur le terrain

Nous n'avons pas mis en œuvre de journal de bord collectif (§ 4.3.7) car les données récoltées à partir la liste de diffusion du projet sont les mêmes que celles ciblées par le journal de bord collectif.

Nous recueillerons aussi les comptes rendus des différentes réunions des projets lycée ainsi que les articles de la revue MathemaTice contenant des témoignages des membres de digiTex sur leurs activités communautaires. Nous recueillerons aussi les différentes versions des ressources conçues dans le cadre de réalisation de digiTex.

7.4.2 La structure et l'ajustement de la méthodologie

Nous présentons, dans cette partie, la structure de la méthodologie mise en œuvre sur l'année de suivi de la documentation individuelle et de la documentation communautaire. Cette structure de la méthodologie n'est pas définitive, elle a été ajustée tout au long de l'expérimentation.

Nous avons conçu une structure de suivi pour Anaïs (voir figure 26). Nous avons préparé un projet que nous lui avons communiqué (Annexe 7), en laissant la possibilité d'éventuelles négociations sur ce projet et les outils à mettre en œuvre.

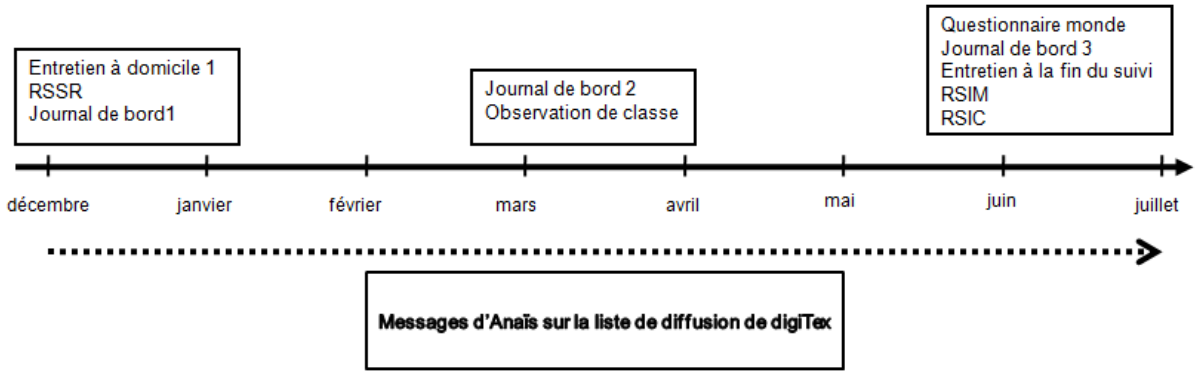


Figure 26. Structure initiale de la méthodologie de suivi d'Anaïs

Après la réalisation de la première période de suivi avec Anaïs, celle-ci a eu un arrêt maladie au lycée en janvier 2010 jusqu'à la fin de l'année scolaire 2009/2010 (nous considérons cet incident comme un incident, voir chapitre 8). Il a donc fallu ajuster la méthodologie de suivi d'Anaïs. Auparavant, il fallait comprendre les changements qui s'étaient opérés dans l'environnement de travail d'Anaïs à la suite de cet événement :

- Anaïs continuait à préparer les cours pour ses classes et à participer au projet digiTex ;
- elle préparait ses cours avec son collègue de lycée Arnaud (il est enseignant en seconde dans le même lycée qu'Anaïs). Leurs échanges s'effectuaient par plusieurs moyens (via mel, des rencontres en présence une fois par semaine) ;
- le remplaçant d'Anaïs au lycée est un jeune professeur de mathématiques (nommé Irvin dans la suite) qui enseignait pour la première année.

Irvin met en œuvre, dans la classe d'Anaïs, les ressources conçues par celle-ci et lui rend compte de ce qui s'est passé en classe lors de la mise en œuvre des ressources. En fonction de ces données autour de la nouvelle organisation de travail d'Anaïs, nous avons ajusté notre suivi de sa documentation.

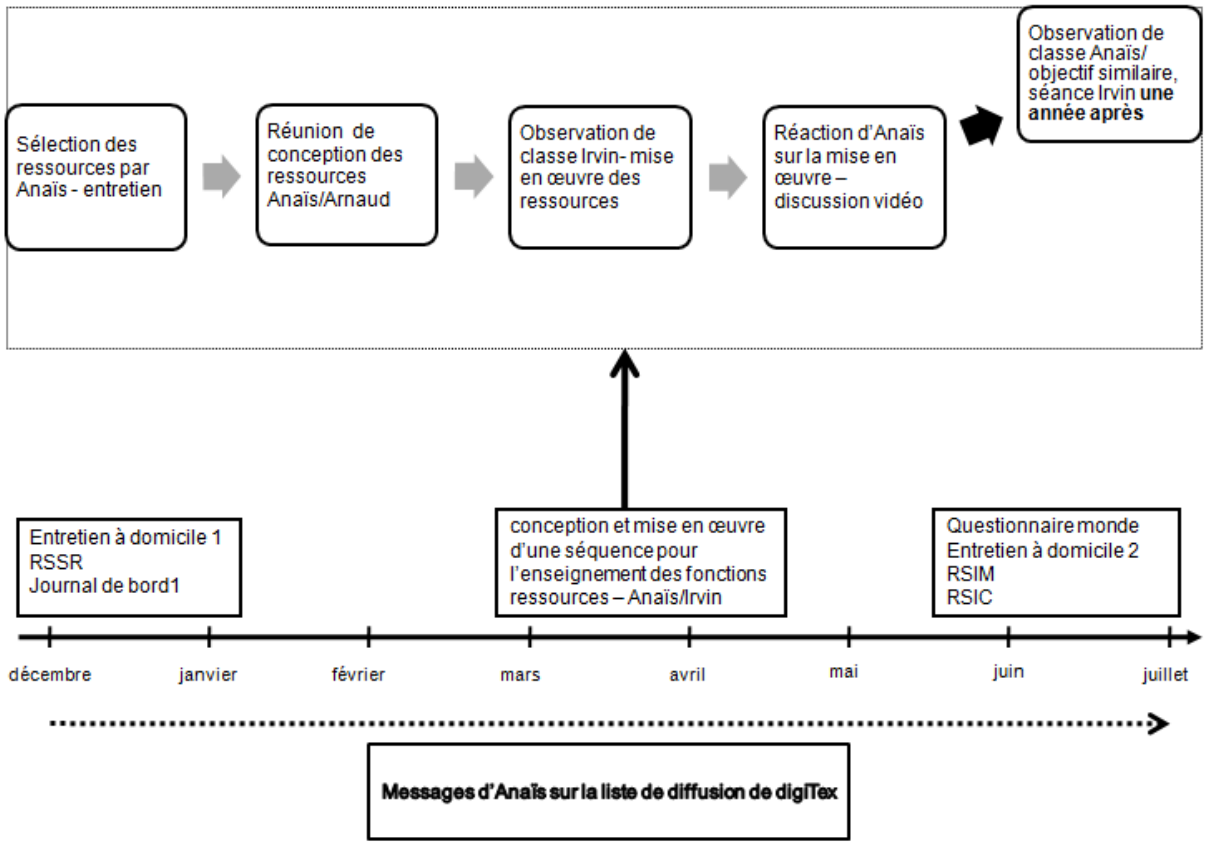


Figure 27. Méthodologie de suivi de la documentation d'Anaïs ajustée

Nous remplaçons la deuxième période de suivi d'Anaïs par un nouveau dispositif constitué des étapes suivantes :

- entretien avec Anaïs pour repérer les éléments devant être reconfigurés dans son système d'activité. Nous discuterons plus particulièrement, durant cet entretien, de la sélection des ressources pour la préparation de la réunion avec Arnaud avec qui elle élaborera une séquence d'enseignement autour des fonctions en classe de seconde. Entretien avec enregistrement audio ;
- participation comme observateur extérieur à la réunion d'Arnaud et d'Anaïs. Nous procéderons à un enregistrement audio de cette réunion et recueillerons l'ensemble des ressources discutées et conçues lors de cette réunion ;

- suivi d'Irvin : il consiste en une observation des ressources conçues par Anaïs et Arnaud dans la classe. Cette observation est filmée. Nous réalisons un entretien avant et après l'observation. Lors de ces entretiens, nous posons des questions sur la mise en œuvre des ressources par Irvin et les propositions de modifications de ces ressources pour les prochaines mises en œuvre ;
- discussions des vidéos avec Anaïs : nous présentons les vidéos des séances de classe à Anaïs et lui demandons sa réaction sur des moments critiques de la mise en œuvre des ressources (justification du choix des moments critiques dans la partie analyse, chapitre 8). Nous lui demandons ensuite de rédiger une réaction à froid et de nous l'envoyer par mel ;
- Après une année, nous retournons dans la salle de classe d'Anaïs pour observer une séance de classe ayant des objectifs similaires à la séance observée dans la classe d'Irvin.

Nous présentons la structure ajustée de la méthodologie de suivi d'Anaïs dans la figure 27. Nous recueillerons l'ensemble des ressources notées et citées tout au long du suivi.

Nous avons également conçu une structure méthodologique pour le suivi de la documentation communautaire de digiTex (figure 28). Dans cette structure méthodologique, nous présentons les deux PAS à renseigner par AL et Bernard (plus l'entretien bilan pour faire le point sur l'avancement du projet digiTex et les données recueillies dans le PAS) et les messages échangés entre les membres sur la liste de diffusion propre au projet digiTex. Nous notons que plusieurs autres types de données recueillies s'inscrivent dans le cadre du suivi de la documentation communautaire : les RSIC, les ressources conçues dans le cadre de la réalisation du projet digiTex.

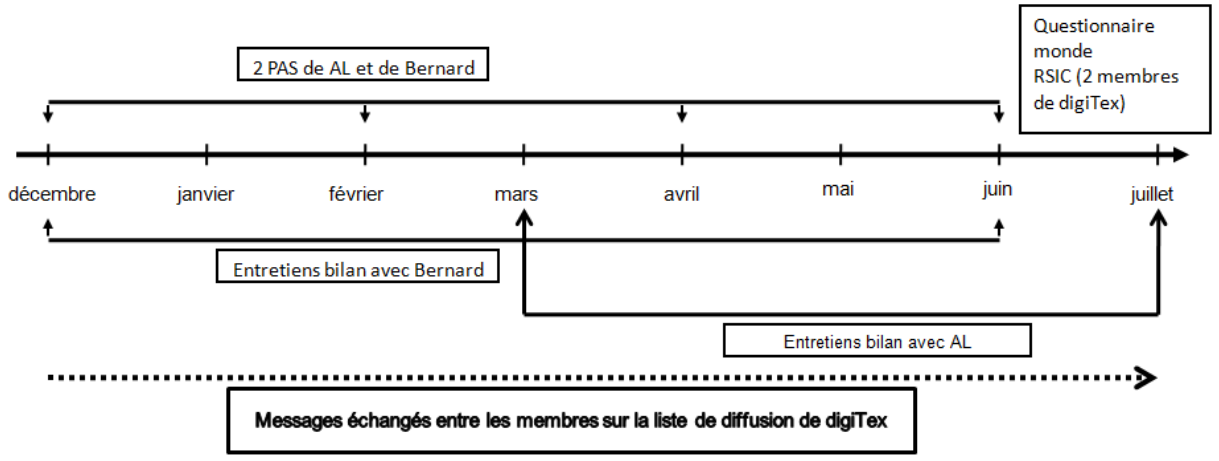


Figure 28. La structure de la méthodologie et les outils mis en œuvre dans le suivi de la documentation communautaire.

Après cette présentation de la méthodologie ajustée et effectivement mise en œuvre sur le terrain expérimental, nous présentons, dans ce qui suit, notre organisation des données recueillies pour préparer notre analyse.

7.5 Des incidents documentaires communautaires sur le terrain du projet digiTex

Le découpage de la période de suivi auquel nous allons procéder aux fins de notre analyse est temporel. Ce sont les incidents documentaires communautaires repérés qui déterminent ces

segments temporels : comme le temps entre un incident et l'observation de ses effets n'est pas constant, le découpage est réalisé en fonction des repérages des *effets* de l'incident.

Nous essayons d'identifier les incidents documentaires communautaires dans la période de suivi à partir de l'analyse des données recueillies dans les deux PAS (de Bernard et de AL) en les croisant avec les données d'un ensemble de ressources *naturelles* recueillies (liste de diffusion de digiTex, lettre Sésaprof et compte rendu du projet kidimath Lycée, revue MathemaTice). Nous identifions, dans notre analyse, la ressource de l'incident documentaire communautaire.

Durant le suivi du projet entre juin 2009 et juillet 2010, nous avons repéré plusieurs incidents dont nous étudierons les effets sur la documentation communautaire (voir figure 29).

- I1 : Intégration du contenu du nouveau programme de seconde dans le système de ressources communautaires (juillet 2009) ;
- I2 : Intégration des ressources des différents projets de lycée dans le système de ressources communautaires de digiTex (octobre 2009) ;
- I3 : Intégration d'un logiciel qui permet de dézoner les fichiers PDF (février 2010) ;
- I4 : Imbrication des systèmes de ressources communautaires de Kidimath Lycée et digiTex (avril 2010) ;

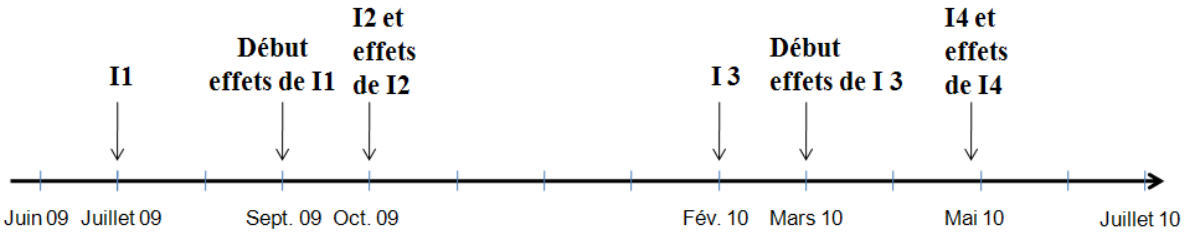


Figure 29. Les incidents communautaires et notre observation de leurs effets durant la période du suivi

Ces incidents sont les résultats de notre analyse des PAS de Bernard et AL et de l'analyse des données naturelles recueillies. Nous les avons regroupés en trois catégories

- les incidents relevés en même temps dans les deux PAS (§ 7.5.1) ;
- les incidents relevés seulement dans un des deux PAS (nous les analysons en les confrontant aux ressources naturelles recueillies (§ 7.5.2) ;
- les incidents non relevés des deux PAS mais repérés seulement à partir des données naturelles recueillies (§ 7.5.3).

Nous présentons, dans ce qui suit, une analyse de chacune de ces trois catégories.

7.5.1 Incidents relevés dans les deux PAS

Nous présentons, dans cette rubrique, deux incidents documentaires communautaires. Pour chacun de ces incidents, nous commençons par décrire l'incident, puis la façon dont il est perçu dans les deux PAS, enfin nous nous intéressons aux données naturelles recueillies autour de l'incident.

Intégration d'un logiciel de dézonage PDF dans le système documentaire communautaire

Le logiciel permettra de créer des interfaces pour numériser facilement les manuels. L'intégration de ce logiciel dans le système de ressources communautaires était un incident qui a eu des effets sur la documentation communautaire. Comment cette intégration a-t-elle été présentée dans les deux PAS ? Le tableau 36 montre la façon dont l'incident a été cité dans les deux PAS d'AL et de Bernard.

	AL	**Bernard**
Date	Février 2010	Février 2010
Titre	Avancée du projet Manuel numérique 5ème	manuel numérique de collège
Description de l'incident	Création d'un logiciel permettant de 'dézoner' un fichier pdf dans l'optique de développer le manuel numérique 5ème.	Lors d'une réunion entre le CA et les salariés de Sésamath, AR expose son projet : numériser les manuels Sésamath de collège… Il propose aussi de créer des interfaces pour numériser facilement les manuels.
Acteurs	Essentiellement AR et SH	AR, CA de Sésamath et les autres salariés de Sésamath.
Décision prise	Le choix a été fait de faciliter la création d'un manuel numérique : à partir d'un fichier pdf, un simple rectangle de sélection autour d'un atome (exercice, méthode, activité...) permet automatiquement de créer l'image correspondante et de créer un champ de lien, rendant cette image dynamique.	Le CA charge AR, salarié de Sésamath, de s'investir dans ce projet
Effets	Cette technique est adaptable en seconde. On peut donc envisager, par exemple sur des exercices (puisque les cours sont déjà interactifs), de créer de simples fiches d'exercices au format pdf et d'en faire par la suite un manuel numérique interactif.	Une équipe a été créée, comprenant des développeurs flash (l'élément le plus rare), mais aussi d'autres personnes qui apprennent le travail collaboratif.

Tableau 36. L'incident « Intégration du logiciel dézonage PDF » tel qu'il est cité dans les deux PAS

On peut considérer qu'AL et Bernard ont donné le même titre à cet incident. AL en donne une description *technique*, il explique comment cet usage peut être exploité dans la réalisation du projet commun. Bernard, quant à lui, le décrit d'une façon plus méta, en cohérence avec son rôle dans le CA de Sésamath. Chacun, suivant sa description de l'incident, présente les décisions prises pour y faire face. AL présente les décisions comme une « manière d'exploitation du logiciel », alors que Bernard présente la décision prise par le CA de Sésamath.

AL présente les effets *techniques* de cet incident sur la réalisation de digiTex, alors que Bernard relève les effets sur *l'organisation* des différents projets.

Cet incident est ainsi décrit de deux façons complémentaires : une histoire de l'intérieur, plutôt technique (celle de AL), et une autre de l'extérieur (du côté de CA) plutôt organisationnelle (celle de Bernard).

Analysons maintenant comment et quand cet incident a été perçu dans la lettre Sésaprof et la liste de diffusion du projet digiTex. Un mail sur la liste Sésaprof, envoyé le 23 mars 2010 (voir encadré 8), précise que le manuel de 5ème a été effectivement numérisé et que ce travail va continuer pour les manuels des autres niveaux. Nous signalons que les messages Sésaprof sont envoyés par CA, notamment par le président de l'association (la grande majorité des messages Sésaprof sont signés par le président de Sésamath).

> Sésamath essaie de susciter un travail collaboratif pour créer des ressources accessibles à tous. En particulier, la licence libre associée à ces ressources permet de garantir qu'elles resteront disponibles, modifiables et personnalisables.
>
> Cette philosophie a en particulier donné lieu aux manuels Sésamath et aux cahiers Mathenpoche.
>
> Actuellement, un énorme travail se met en place afin d'avoir des versions numériques complètes pour ces 8 ouvrages.
>
> http://www.sesamath.net/blog/index.php/2010/03/21/nouveau-manuel-numerique-sesamath-5e
>
> D'un côté il y aura des manuels et cahiers numériques élèves accessibles librement sur le site du manuel.
>
> De l'autre, sur Sésaprof uniquement, les manuels et cahiers profs, avec en particulier les corrigés complets (statiques et/ou animés)
>
> **L'objectif est déjà pratiquement atteint pour le manuel 5e, avec l'aide de nombreuses personnes parmi vous.**
>
> […]
>
> **Mais il reste encore un travail important pour les autres niveaux,** auquel chacun peut contribuer à hauteur de ses envies, de ses compétences et de son temps disponible. Il suffit de savoir manier un traitement de texte et d'un peu de temps pour corriger un exercice des manuels ou des cahiers.

Encadré 8. Extrait du message envoyé sur la liste Sésaprof en mars 2010, nous avons souligné le passage en lien avec l'incident

En outre, sur la liste de diffusion, nous avons remarqué qu'au début mars sont apparus des fils de discussion dont les sujets indiquent la mise en place d'un travail de numérisation de ressources.

Dans ce qui suit, nous présentons un autre incident qui a été noté dans les deux PAS en même temps.

Imbrication des ressources kidimath Lycée et des ressources digiTex

L'imbrication entre le système de ressources de kidimath Lycée et de digiTex a été initiée quand il a été décidé d'intégrer des animations dans l'ensemble des exercices pour le lycée.

Nous allons analyser cet incident à partir des éléments relevés dans les deux PAS. Nous confronterons ensuite ces données avec des données naturelles : les échanges qui ont eu lieu sur les listes de diffusion des projets lycée en lien avec digiTex.

	AL	Bernard
Date	Mars 2010	Avril 2010
Titre	Fin de MEP 3ème	Reprise du projet manuel par le groupe kidimath
Description de l'incident	La conversion des exercices au nouveau modèle de MeP est terminée pour le niveau 3ème	Suite à la création d'une équipe kidimath Lycée, le projet manuel commence à refaire surface
Acteurs	Pour Kidimath 2nde : MS, RD, XOB et AL.	Président de Sésamath et AL
Décision prise	Les développeurs [informatiques] s'orientent vers la seconde.	Utiliser la dynamique créée pour kidimath pour élargir le travail et commencer à écrire des fiches en vue de la création d'un manuel numérique de 2nde.
Effets	Accélération du projet Kidimath Lycée, qui prend de l'ampleur avec les exercices interactifs de MathenPoche.	Recentrage des listes vers une liste lycée commune.

Tableau 37. L'incident « Imbrication ressources de Kidimath Lycée et de digiTex » tel qu'il apparaît dans les deux PAS

AL décrit l'incident documentaire comme la fin d'une tâche collective (conversion des exercices Troisième au nouveau modèle MeP (§ 7.1.2)) ; il présente les acteurs responsables de cette tâche : les développeurs informatiques et lui-même. Selon AL, après la fin de l'activité collective décrite, la décision est prise de numériser des ressources pour la classe de seconde. Selon AL, l'effet de l'incident est une accélération du projet Kidimath Lycée. Il s'agit d'une description plutôt technique, liée à la réalisation du projet.

Pour Bernard, l'incident est constitué par la création d'une équipe kidimath Lycée, qui intervient après les constatations d'AL (ce qui explique le fait que les dates notées soient différentes). Bernard présente les acteurs de cet incident : le président de Sésamath (qui lance officiellement les projets) et AL, qui est désigné comme responsable du projet. Selon Bernard, le CA a pris la décision de profiter de la dynamique du projet kidimath Lycée pour faire avancer le projet digiTex (mouvement lié des projets). L'incident documentaire communautaire a pour effet de recentrer toutes les discussions sur une seule liste « KidiLycée ». La description de l'incident par Bernard semble liée à sa position de membre de CA.

En comparant les deux descriptions, nous remarquons que ce qui a été noté comme effet de l'incident pour AL est présenté comme une décision prise par le CA. Les deux histoires sont contrastées dans les deux PAS. Pour approfondir l'analyse de l'incident, analysons la liste de discussion durant la période : fin mars, avril et début mai.

Après un temps d'échanges sur la liste « kidilycée », AL envoie deux mails sur la liste « groupe-Lycée » (liste du projet digiTex, voir encadré 9). Nous remarquons, d'après ces messages, que la décision a été prise d'imbriquer le développement des ressources du projet kidimath Lycée avec celui de digiTex, donc d'imbriquer le système de ressources de kidimath Lycée avec le système de ressources de digiTex.

De : AL **À :** groupe_lycee@sesamath.net **Cc :** lycee@sesamath.net **Envoyé le :** Vendredi 16 Avril 2010 22h39 **Objet :** [lycee] nouvelle orientation de la liste groupe_Lycée Bonsoir, La liste groupe_Lycée, inutilisée maintenant depuis plusieurs mois, va être utilisée pour un projet naissant : création de fiches d'exercices, correction d'exercices pour la Seconde, au format OOo (et pourquoi pas des cours au format OOo également, pour faire le pendant des cours animés de kidimath Lycée). **La finalité première étant la mise en ligne sur le site kidimath, mais avec les récentes évolutions, du manuel numérique (visible dès la page d'accueil de Sésaprof pour le niveau 5ème), on peut envisager ensuite d'autres usages de ces fiches, qui formeront une brique à part entière de ressources de Seconde, au même titre que les exercices interactifs MathenPoche, les cours animés, exercices animés, ds** [...] Suite à un appel de SH à des membres de Sésaprof pour la rédaction de corrigés en collège, 5 collègues de Lycée ont proposé de participer à un projet de rédaction. Je vais donc leur proposer l'inscription à cette liste pour qu'ils participent à ce projet. Évidemment si certains d'entre vous souhaitent ne plus être inscrits sur cette liste, ils peuvent me le dire en privé. A très bientôt, AL	**De :** AL **À :** groupe_lycee@sesamath.net **Envoyé le :** Mercredi 21 Avril 2010 23h10 **Objet :** [groupe_Lycee] On commence ! Bonsoir ! (ou bonjour suivant l'heure de lecture) On ouvre les hostilités ;-) Je fais un petit rappel de l'existant car tout le monde sur la liste n'a pas eu les mêmes informations. […] cette année s'est amorcé le développement de kidimath 2nde, visible pour l'instant ici : http://kidimath.sesamath.net/index.php?2nde=1 […] On a d'ores et déjà un petit cahier d'exercices numériques visibles ici : http://mep-outils.sesamath.net/manuel_numerique/index.php?ouvrage=livret2_2010&page_gauche=0&env_prof=false […] Par la suite, si l'on estime que certaines ressources créées ont leur place dans kidimath, on les insérera (comme la fiche d'exercices corrigés jointe par exemple). […] Une remarque : ne vous préoccupez pas non plus pour l'instant du modèle de présentation, on va en définir un. une deuxième et dernière remarque : comme toutes les ressources diffusées par Sésamath, elles seront d'accès gratuit et sous licence libre. Cela implique qu'il ne faut pas reprendre tel quel un énoncé trouvé dans un manuel scolaire. A très bientôt, AL

Encadré 9. Extrait des messages envoyés par AL : avancement de kidimath Lycée et digiTex

7.5.2 Incident noté dans un seul PAS

Nous relevons un incident cité dans le PAS de Bernard. Nous analysons les éléments notés dans le PAS de Bernard, puis les confrontons avec les données naturelles recueillies des échanges sur la liste de diffusion du projet digiTex.

Intégration des ressources des différents projets de lycée dans le système de ressources de digiTex

Cette intégration a eu lieu lorsque le CA de Sésamath a pris la décision de fusionner les différentes listes des projets lycée, en raison du manque de ressources et d'enseignants dans les projets pour le lycée.

Dans son PAS, Bernard a relevé un incident intitulé « kidimath Lycée ». Dans la description de l'incident, il signale le manque de participants au digiTex et des problèmes techniques qui ont entraîné une animation d'un stage pour essayer de surmonter ces problèmes. AL, le responsable du projet « kidimath », était l'animateur du stage. Selon Bernard, la décision a été prise de monter une équipe pour augmenter le nombre de participants à digiTex et également pour essayer de surmonter le problème technique. L'incident a eu pour effet la création d'une équipe de participants à partir des membres inscrits sur les listes de diffusion des différents projets lycée (création d'une liste intitulé « Lycée »).

	Bernard
Date	Octobre 2009
Titre	Kidimath lycée
Description de l'incident	Après le lancement de l'idée du manuel numérique en Lycée, le projet a souffert d'un manque de participants et d'un mauvais départ technique. Nous avons organisé un stage d'initiation au logiciel Flash dans le but de créer des fichiers animés.
Acteurs	AL anime le stage. 5 ou 6 personnes suivent le stage.
Décision prise	Il s'est créé une équipe qui a effectivement commencé à développer des animations. D'autres personnes ont été recrutées comme rédacteurs ou relecteurs.
Effets	Une équipe a été créée avec les nouveaux participants.

Tableau 38. L'incident « Intégration des ressources des différents projets lycée dans le système de ressources communautaire de digiTex » tel qu'il apparaît dans les deux PAS

Cet incident nous a conduit à confronter les éléments relevés dans le PAS avec des ressources naturelles recueillies. Regardons la liste de discussion. Début octobre, la liste Lycée a été lancée pour mutualiser l'ensemble des projets lycée. Ceci reflète la problématique (manque de participants et problèmes techniques) notée par Bernard dans son PAS. Après la période de stage (fin octobre), il n'y a plus eu de discussions sur la liste « Lycée » ou « groupe_Lycée ». Toutes les discussions ont eu lieu sur la liste « kidilycée » propre au projet kidimath Lycée.

7.5.3 Incident ne figurant dans aucun des PAS

Avant la mise en œuvre de nos outils méthodologiques et d'après l'analyse préalable que nous avons effectuée (§ 7.2), nous avons repéré un incident documentaire communautaire. Nous présenterons cet incident par une analyse des données naturelles recueillies : la revue MathemaTice et la liste de diffusion de digiTex.

L'intégration du contenu du nouveau programme de seconde dans le système de ressources communautaires

En juillet 2009, un nouveau programme pour la classe de seconde est publié. Ce programme constitue une ressource cruciale pour la réalisation de digiTex. Il intègre un changement important : l'introduction de l'algorithmique comme objet d'enseignement transversal, c'est-à-dire que l'algorithmique traverse tous les thèmes du programme et une présence spiralée du thème fonction. Cette ressource fera partie du système de ressources communautaires car les membres de Sésamath prennent en compte les programmes dans leur travail individuel et communautaire (§ 7.2.3) ; et le manuel à concevoir doit répondre aux recommandations de ce programme et aux textes officiels qui y sont rattachés. Ce nouveau programme se substituera à l'ancien programme de seconde.

Nous n'avons observé l'effet de cet incident qu'à partir de septembre 2009, dans la revue de Sésamath « MathemaTICE » et la liste de diffusion propre à digiTex

Sésamath a édité, en septembre 2009, un numéro de la revue MathemaTICE (numéro 16) consacré à l'algorithmique. Le but de ce numéro était d'accompagner les enseignants à l'enseignement de l'algorithmique. Ce numéro a été présenté sur le site comme suit : *« Ce numéro en contient finalement un, qui sera fort utile aux nombreux enseignants que l'algorithmique intéresse ou inquiète. Quatre articles de ce numéro nous sont en effet parvenus sur ce thème »*. Cette ressource fournie par Sésamath peut être considérée comme un levier pour les activités communautaires dans la conception des ressources contenant l'algorithmique pour digiTex.

Sur la liste de diffusion, le nouveau programme a commencé à être pris en compte en septembre 2009 : des échanges en septembre 2009 et plus particulièrement dans le fil de discussion : « progression en 2nde » (voir annexe 26). A partir de ce moment, l'ancien programme n'a plus été pris en compte.

7.5.4 Synthèse sur les incidents documentaires communautaires

Le découpage de la période de suivi en des segments temporels séparés par les quatre incidents documentaires communautaires, nous permettra d'étudier les effets des incidents documentaires communautaires sur la documentation communautaire. Avec ce découpage nous obtenons cinq segments temporels.

7.6 Présentation analytique des listes de diffusion

Nous avons déjà souligné, dans l'analyse préalable (§ 7.2.4), l'importance des listes de diffusion de Sésamath dans la réalisation des différents projets de l'association. Dans notre analyse de la documentation dans le cadre du projet digiTex, nous analysons les échanges qui ont eu lieu sur la liste de diffusion durant la période entre début juin 2009 (mois du démarrage du projet) et fin juillet 2010 (date de la fin de l'année scolaire). Nous commençons par une analyse du corpus constitué par l'ensemble des messages échangés sur la liste de diffusion pendant cette période (§ 7.6.1) ; nous poursuivons notre analyse par le traitement de l'ensemble de messages échangés ayant comme objet de discussion les fonctions en classe de seconde.

7.6.1 Traitement des messages échangés sur les listes de diffusion

Durant les 14 mois de suivi, des échanges en lien avec le projet digiTex ont eu lieu sur trois listes de diffusion : « groupe_Lycée », initialement proposée pour le projet digiTex ; la liste « Lycée », lancée pour regrouper les discussions sur les différents projets du niveau lycée de Sésamath (§ 8.5) ; et la liste « kidilycée », initialement proposée pour le projet « kidimath » en rapport étroit avec le projet digiTex (§ 7.1.2).

Nous avons relevé 855 messages échangés durant 14 mois entre 29 membres. La répartition des messages sur les 14 mois de suivi est présentée dans la figure 30.

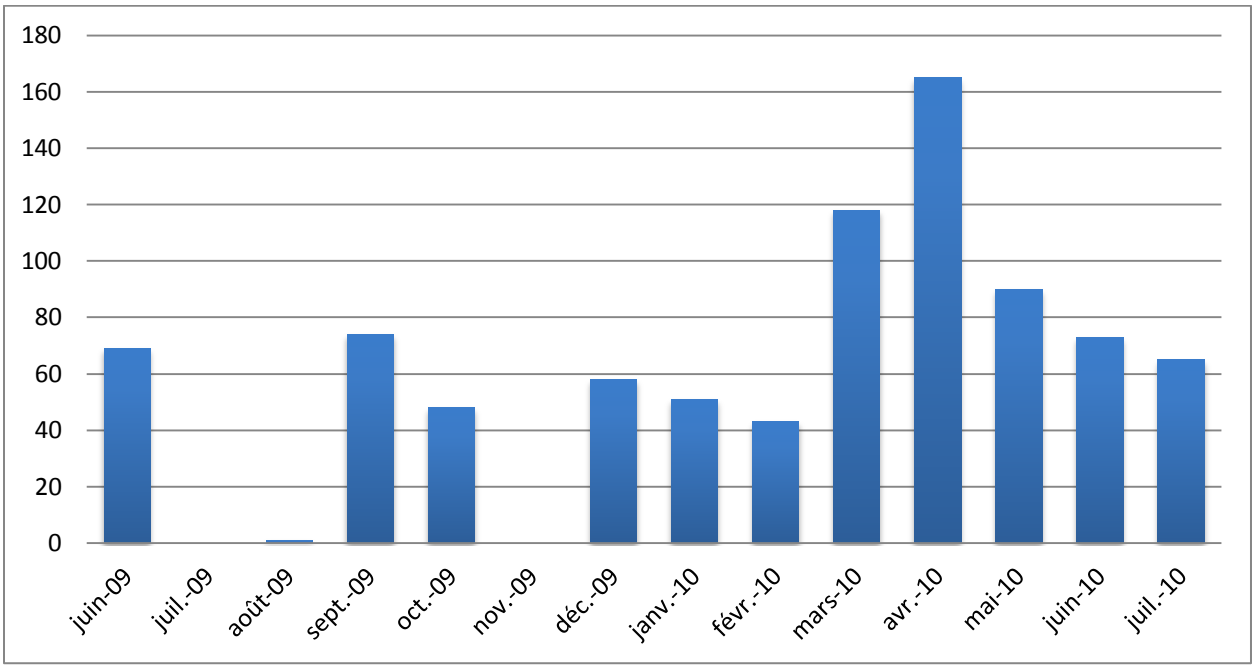


Figure 30. Répartition des messages sur les 14 mois de suivi

Parmi les 29 membres qui ont participé aux échanges, 7 membres sont les auteurs de 80% de l'ensemble des messages (voir tableau 39). Nous nous sommes arrêtés au 7ème membre, car le fossé avec le 8ème est significatif (24 messages) ; en outre, les 7 premiers membres ont eu des participations quasi-régulières tout au long des mois de suivi.

Membres	**Nombres de messages durant la période de suivi**	**Pourcentage par rapport à l'ensemble de messages**
AL	216	25 %
Anaïs	161	19%
RD	64	7,5%
MP	82	9,6%
JW	57	7%
LZ	38	5,8%
PP	38	5,8%
Total	**656**	**79.7%**

Tableau 39. Les 7 membres qui ont eu la plus forte participation sur les listes de diffusion

Durant la période entre juin 2009 et juillet 2010, 93 *fils de discussion* ont été discutés entre les membres. Un fil de discussion est l'ensemble des messages qui s'inscrivent dans un même sujet, permettant de classer les messages et leurs réponses par ordre. Nous avons remarqué que, dans Sésamath, un titre est donné à chaque fil de discussion ; lorsque la discussion change de sujet, un nouveau titre de message est créé et un nouveau fil de discussion commence. Il est rare de trouver deux fils de discussion sous un même titre. Chaque sujet constitue un fil de discussion et chaque fil de discussion s'inscrit dans un sujet ayant un titre unique donné par les membres.

Une partie importante des échanges concerne la liste de diffusion « KidiLycée », ce qui vérifie la place décisive qu'occupe ce projet dans les projets lycée de l'association (tableau 40).

Nom de la liste de diffusion	**Nombre de fils de discussion**	**Nombre de messages**
Groupe_lycée	26	185
Lycée	8	85
kidilycée	59	585
Total	93	855

Tableau 40. Part de chaque liste de diffusion dans les fils de discussions et les messages échangés

Nous classons les 93 fils de discussions en 6 catégories qui reflètent les différents aspects de la documentation communautaire dans digiTex (voir tableau 41), puis nous les présentons avec une description et des exemples de sujets qui s'inscrivent dans chacune des catégories.

Catégorie	**Quelques titres de fils de discussion**	**Description**
1	Entrée fonctionnelle ; sur le manuel numérique ; méthode de travail, manuel seconde, réunion.	Négociation du sens du projet commun et développement d'une méthode de travail. Toutes ces discussions sont les listes « Lycée » et « groupe_Lycée ».
2	Progression seconde ; lancement liste Lycée ; chapitrage seconde ; nomenclature des fichiers.	Conception des ressources qui servent de bases pour la réalisation du projet digiTex et outils pour la réalisation de digiTex.
3	Kidimath_DS_2N2 ; 2G1méthode 1 ; Kidimath_QCM_2N2.	Conception des ressources pour digiTex articulées avec celles pour le projet kidimath Lycée. La grande majorité de ces sujets prennent place sur la liste « kidilycée ».
4	Nouvel inscrit, XML 2N2, animations flash, 1er jet pour voir, XML 2G2	Inscription des "flash animators" sur la liste de diffusion pour le développement des exercices interactifs. L'activité de test et de conception des premières ressources a déclenché des interactions entre animateur flash et auteurs des ressources.
5	[swf uploaded by…]	Conception des ressources .doc et .odt et leurs conversions en flash. La conversion des ressources entraîne des discussions didactiques entre les membres. Toutes ces discussions ont lieu sur la liste « kidilycée ».
6	Manuel atomique suite ; On commence ; une idée d'activité pour le chapitre ; début de synthèse.	Retour et réorientation des discussions vers la liste « groupe_Lycée », proposée initialement pour le projet digiTex. Cette réorientation des discussions à eu lieu à plusieurs reprises durant la période de suivi.

Tableau 41. Notre classement des 93 fils de discussion

Avant de continuer notre analyse, nous définissons la *longueur du fil de discussion* et la *durée du fil de discussion*. La longueur d'un fil de discussion, c'est le nombre de messages entre les membres dans le cadre d'un fil de discussion. La durée d'un fil de discussion, c'est l'intervalle de temps passé entre le premier message et le dernier message du fil de discussion. Étudions maintenant comment varient la longueur et la durée des 93 fils de discussion considérés dans notre étude.

Nous avons classé les fils de discussions par ordre (de 1 à 93) en fonction de la date du premier message du fil de discussion. En ce qui concerne la longueur des fils de discussion, la figure 31 indique qu'une grande partie des fils de discussion contient un nombre de messages compris entre 0 et 10. Les fils dont la longueur est inférieure à 10 messages sont au nombre de 61/93 (tableau 42).

Nombre de messages	Liste « groupe_Lycée »	Liste « Lycée »	Liste « kidilycée »	Total
$0 \leq n < 10$	15	7	39	61
$10 \leq n < 20$	8	0	12	20
$20 \leq n < 30$	3	0	4	7
$30 \leq n$	0	1	4	5
Total	**26**	**8**	**59**	**93**

Tableau 42. Les longueurs des 93 fils de discussion et leur répartition sur les trois listes de diffusion en lien avec le projet digiTex.

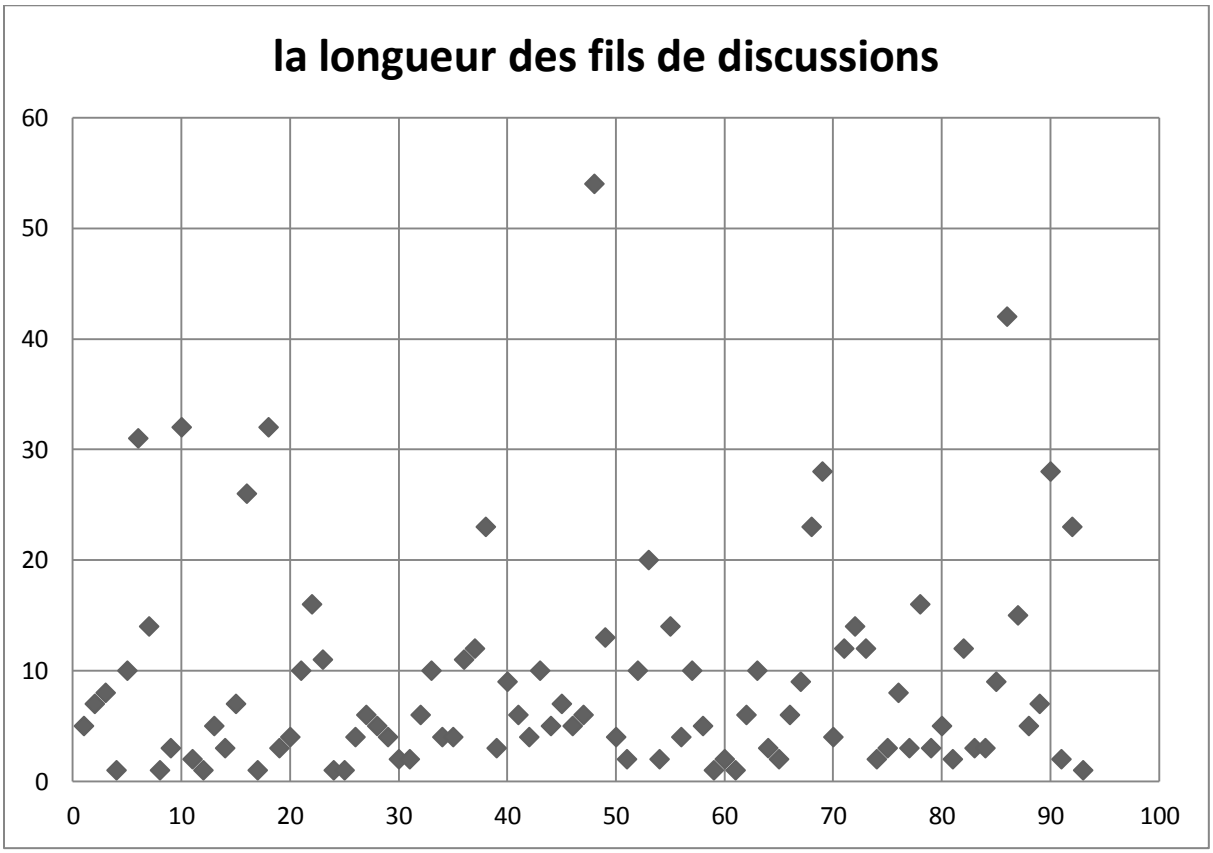


Figure 31. Représentation graphique de la longueur des chacun des 93 fils de discussion (l'axe des abscisses correspond au numéro du fil ; l'axe des ordonnés désigne la longueur du fil)

La figure 32 représente la durée des 93 fils de discussion (les tirets verticaux). Nous remarquons que, pour certains fils, le tiret n'existe pas, c'est le cas des fils de discussion qui débutent et se terminent le même jour. Pour d'autres fils, les tirets noirs sont d'une petite amplitude. On peut noter qu'un nombre limité de fils de discussion a une durée relativement longue (ils sont fléchés en rouge dans la figure 32), nous les présentons dans le tableau 43.

Sujet du fil	Date de début	Date de fin	Nombre de messages
progression en seconde	02 septembre 2009	30 octobre 2009	32
cours 2N1 suite	1er février 2010	19 février 2010	23
de la relecture…	18 mars 2010	19 avril 2010	54

Tableau 43. Les trois fils de discussion ayant les plus longues durées

En résumé, nous concluons que la longueur des fils de discussion dans le projet digiTex est relativement courte et que leur durée est entrecoupée de petits intervalles.

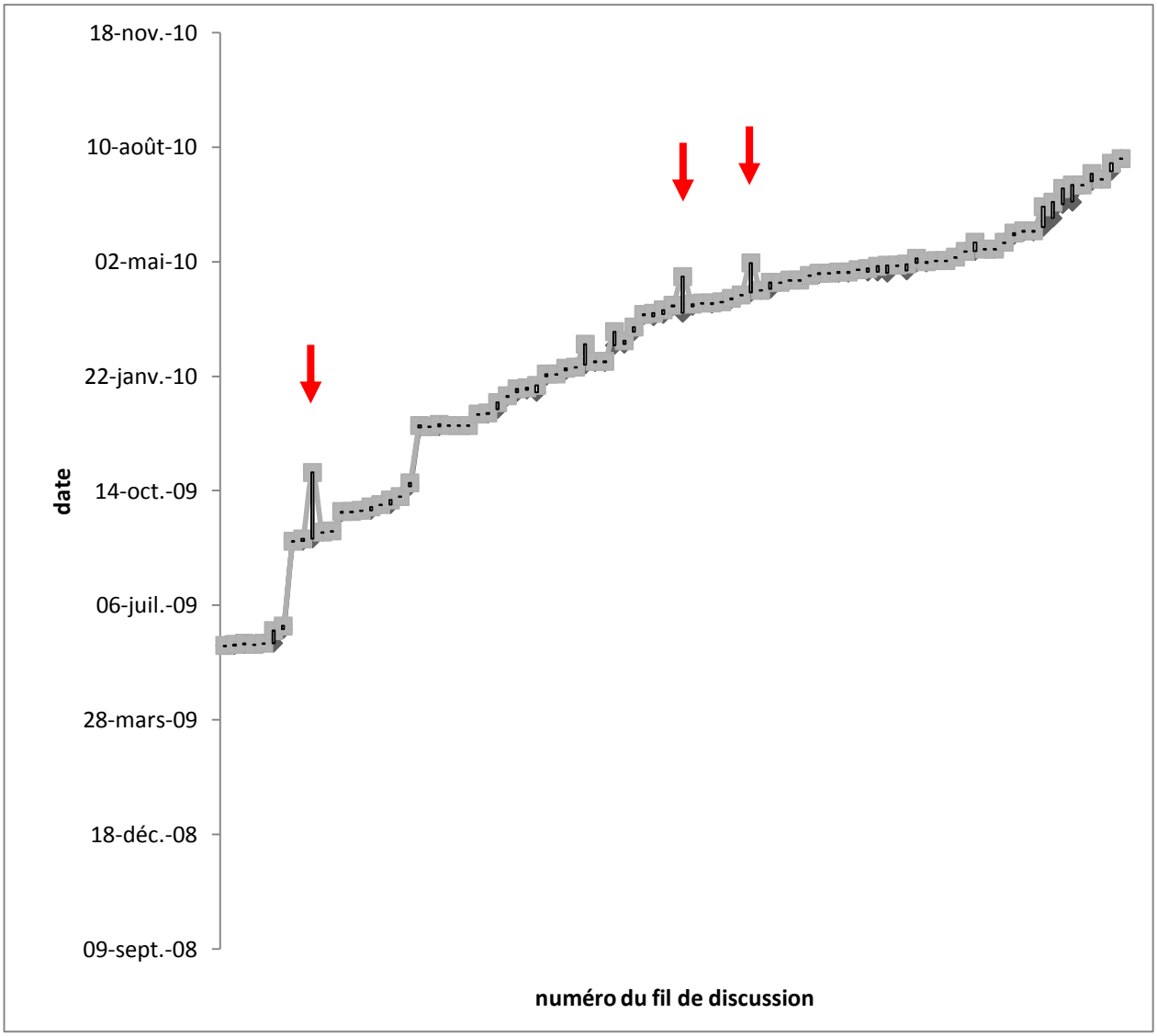


Figure 32. Représentation graphique où les tirets verticaux représentent la durée de chacun des 93 fils de discussion.

Dans les fils de discussion, le thème « fonction » est traité de deux façons : soit comme objet central de discussion (par exemple, conception d'une ressource qui correspond à un chapitre sur les fonctions dans le manuel, discussion sur la progression du thème fonction, discussion sur l'introduction d'un concept lié au thème fonction en seconde), soit de manière marginale (par exemple, discussion sur une méthode pour organiser le travail collectif).

Le nombre des fils de discussion qui traitent du thème « fonction » (comme objet central ou de façon marginale) est de 31/93. Le tableau 44 montre la répartition des fils autour du thème « fonction » sur les trois listes de diffusion en fonction des différents segments temporels (§ 7.7).

	1er segment temporel	2ème segment temporel	3ème segment temporel	4ème segment temporel	5ème segment temporel	**Total**
Groupe_Lycée	5	1	0	0	2	**8**
Lycée	0	2	1	0	0	**3**
KidiLycée	0	0	5	6	9	**20**
Total	**5**	**3**	**6**	**6**	**11**	**31**

Tableau 44. Répartition des fils autour du thème « fonction » sur les trois listes de diffusion en fonction des différents segments temporels

D'après cette analyse du corpus global des messages recueillis à partir des listes de diffusion propres au projet digiTex, nous constatons que, parmi les 29 membres qui participent aux listes de discussion, 7 en forment le noyau dur et actif tout au long des 14 mois de suivi. Les 93 fils de discussion recouvrent les différents aspects de la documentation communautaire que nous analysons en détail dans le chapitre 8. Le tiers des fils de discussion concernent le thème fonction. Maintenant, quelles sont les places d'Anaïs, Bernard et AL sur les listes de diffusion ?

7.6.2 Les acteurs participant aux recueils de données sur les listes de diffusion

Anaïs, Bernard et AL sont des acteurs de terrain du projet digiTex et participent au recueil des données dans notre méthodologie de suivi des documentations individuelles et communautaires. Nous présentons, dans cette partie, la place qu'occupe la participation de chacun de ces acteurs sur les listes de diffusion du projet digiTex.

En ce qui concerne Anaïs, elle est l'auteur de 19% de messages échangés sur les listes de diffusion, ce qui représente un pourcentage important par rapport au nombre total des messages échangés. En étudiant la répartition de sa participation sur les 14 mois de suivi, nous avons remarqué que sa participation la plus fréquente était dans les trois mois mars, avril et mai 2010, après I3 (le troisième incident documentaire communautaire) (§ 7.5).

En ce qui concerne AL, il est l'auteur de 25% de l'ensemble des messages échangés sur les listes de diffusion. Ceci s'explique par le fait qu'AL est le responsable du projet kidimath Lycée, en étroite relation avec le projet digiTex. Nous remarquons que les participations les plus importantes d'AL sur les listes de diffusion interviennent aux mois de septembre 2009 (après le début de l'effet d'I2, le deuxième incident documentaire communautaire) et mars, avril et mai 2009 (après le début de l'effet d'I3 sur la liste de diffusion) (§ 7.5).

En ce qui concerne Bernard, il est l'auteur de 22/855 messages, ce qui représente environ 3% de l'ensemble des messages. En étudiant la variation de sa participation sur les 14 mois de suivi, nous avons constaté que sa participation était quasiment absente sauf au démarrage du projet

(mois de juin 2009 et mois de septembre 2009) (voir figure 33). Dans un entretien bilan, Bernard a expliqué cette absence de participation par ses engagements comme membre du CA de Sésamath.

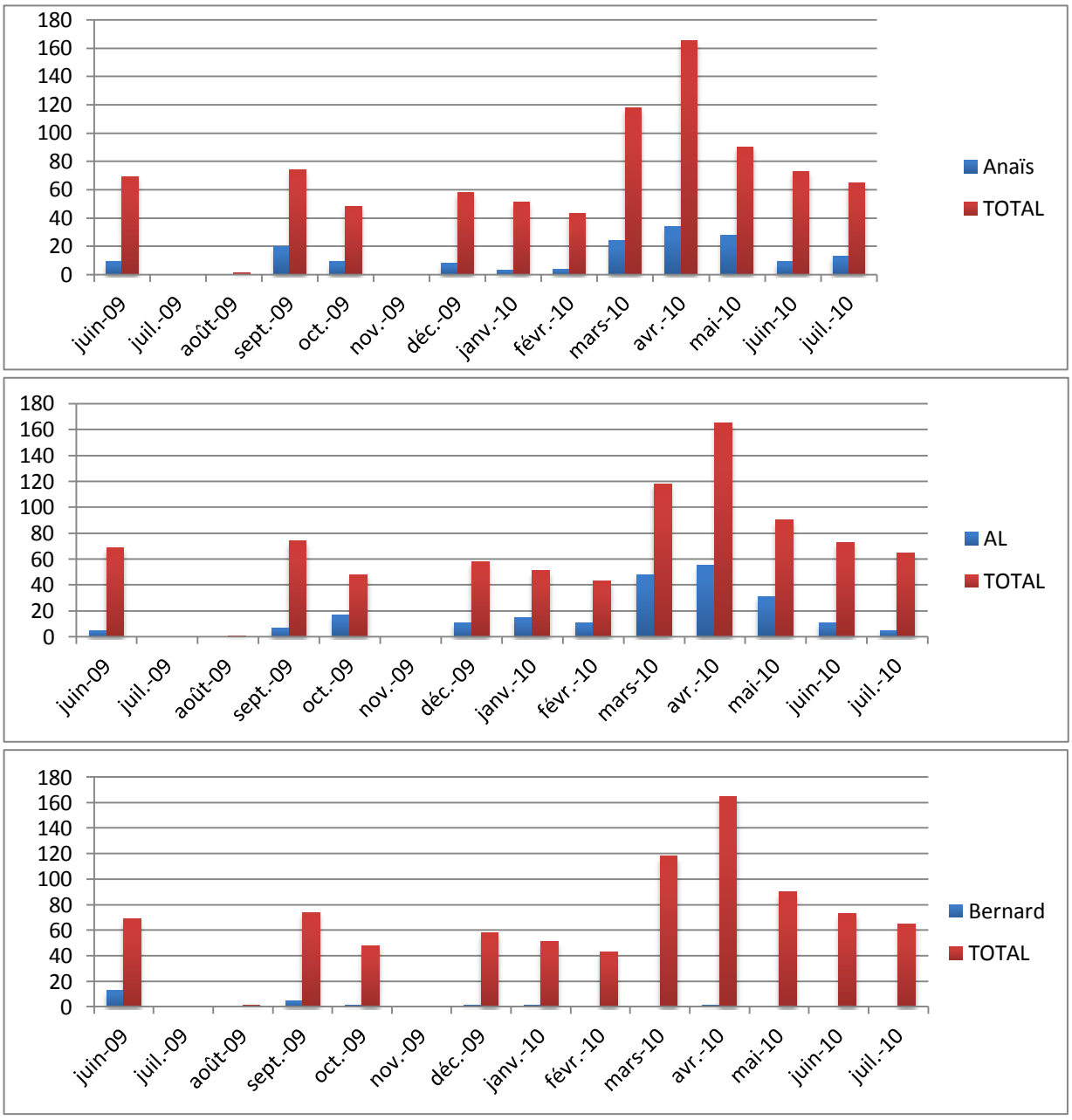


Figure 33. Participation de Bernard, Anaïs et AL aux listes de diffusion par rapport à l'ensemble des messages échangés

Après avoir analysé le corpus constitué des messages échangés sur les listes de diffusion et la présentation de la place qu'occupent les acteurs qui participent au recueil de données, nous présentons notre méthodologie d'analyse de la documentation communautaire (§ 7.5), puis de la documentation d'Anaïs (§ 7.6).

7.7 Méthodologie d'analyse de chacun des segments temporels

En fonction de notre observation des effets des incidents communautaires, nous scindons la période de suivi en 5 *segments temporels* pour l'analyse de la documentation communautaire :

- premier segment : début juin 2009 → début septembre 2009. Sur la liste de diffusion, il correspond aux fils de discussion de 1 à 9 ;
- deuxième segment : début septembre 2009 → début octobre 2009. Sur la liste de diffusion, il correspond aux fils de discussion de 10 à 16 ;
- troisième segment : début octobre 2009 → début mars 2010. Sur la liste de diffusion, il correspond aux fils de discussion de 17 à 42.
- quatrième segment : début mars 2010 → 20 avril 2010. Sur la liste de diffusion, il correspond aux fils de 43 à 60.
- cinquième segment temporel : fin avril 2010 → fin juillet 2010. Sur la liste de diffusion, elle correspond aux fils de 61 à 93.

Pour chacun de ces segments temporels, nous effectuons une analyse suivant la méthodologie que nous explicitons dans ce qui suit. Nous commençons par présenter une méthodologie pour l'analyse du processus d'émergence de la CoP à partir d'une grille et pour l'analyse de la relation entre la participation et la documentation (§ 7.7.1). Nous poursuivons par une présentation de la méthodologie d'analyse du monde de la communauté à partir de l'identification de l'organisation de la communauté ; l'approche des visions (convergentes, divergentes, rapprochées, éloignées) (§ 7.7.2).

7.7.1 Méthode d'analyse de la CoP et de la relation entre participation et documentation

Pour chaque segment temporel, nous analysons la relation dialectique participation/documentation en plusieurs étapes. Nous détaillons chacune des ces étapes, puis procédons à un croisement des résultats obtenus.

<u>Analyse du développement de la CoP, entrée par les caractéristiques de la pratique</u>

L'analyse de la communauté de pratique par l'entrée de pratique revient à identifier : l'engagement mutuel, l'entreprise commune et le répertoire partagé. Pour effectuer cette analyse, nous nous appuyons sur une grille (§ 5.6.1), forme développée et adaptée de celle utilisée pour le terrain du lycée Poincaré. Dans cette grille, nous présentons, pour chaque caractéristique de la pratique : les indicateurs qui nous permettent de la repérer (nous donnons une définition de chaque indicateur) et les données recueillies qui nous permettent de repérer cet indicateur.

Caractéristique de la pratique	**Indicateurs**	**Définition de l'indicateur**	**Données pour repérer**
Engagement mutuel	Présentation de chacun des membres à la communauté.	La présentation de ses intérêts afin d'établir un premier contact avec les membres de la communauté	Les premiers mails dans la liste de diffusion de chacun des membres lors qu'il s'implique dans le projet.
	Expression d'une	Manifestation d'une	Dans la liste de diffusion (nombre

	intention d'engagement dans le travail du collectif	proposition de s'engager dans une activité dans le cadre du projet.	de personnes qui s'engagent dans les échanges).
	Coordination des activités et des interactions dans le cadre du projet.	Réalisation de la coordination de rencontre et de réalisation des activités communautaires.	Les échanges sur les listes de diffusion ; compte rendu du projet kidimath Lycée.
	Proposition des ressources	Proposition effective d'une ressource pour le projet.	Le nombre de membres qui proposent des ressources dans la liste de diffusion (ressources pour quels moyens d'action ?)
	Partage des problèmes professionnels reliés à son propre travail	Évocation explicite, dans le cadre du projet, de sa pratique	La liste de diffusion : les échanges là où on formule un problème lié au projet commun dans la liste de diffusion.
	Partage des discussions autour d'une ressource conçue dans la communauté.	Partage de sa compréhension ou de ses interrogations suite à une ressource conçue	Le nombre de mails envoyés lorsqu'il y a une discussion d'une ressource et le nombre de participants à ces discussions.
	Partage des discussions techniques.	Partage de sa compréhension ou de ses interrogations concernant le fonctionnement d'outils techniques favorisant le partage.	Le nombre de mails organisationnels et techniques et le nombre des participants à ces mails.
Entreprise commune	Propositions pour développer le projet commun.	Propositions des activités nécessaires pour réaliser le développement du projet commun.	Sur la liste de diffusion, analyser les actions : mettre à disposition des outils et des ressources, discuter d'une méthode de travail, partager des tâches, définir et redéfinir les objectifs du projet, négocier le projet
Répertoire partagé	Présence du langage spécifique à leur projet	Utilisation d'expressions symboles ou d'histoires, liés au projet.	Mots propres pour le projet ayant une même signification pour les membres du collectif ; des index (indexation des ressources).
	Conception des ressources dans le cadre de la réalisation du projet commun	Les ressources conçues au sein du collectif (objets réifiés) peuvent prendre différentes formes (outil, symbole, fichiers, méthode mathématique).	les ressources recueillies liées à la réalisation du projet.

Tableau 45. Grille d'analyse de la communauté par l'entrée de la pratique

L'identification de la participation des membres

Pour l'identification de la participation des membres, nous analysons chaque fil de discussion correspondant au segment temporel suivant la grille présentée au tableau 46.

N°	Titre	Mi	Niveau d'activité	Auteurs	Description de l'activité
Le numéro du fil de discussion	Le titre donné à ce fil par les membres impliqués dans le projet digiTex	Nous précisons, dans cette rubrique, chaque message du fil de discussion et le niveau d'activité auquel il correspond.		Les auteurs des messages	Description de l'activité en fonction du niveau dans lequel elle s'inscrit.

Tableau 46. Grille conçue pour l'analyse de la participation à partir des fils de discussion

L'approche du système de ressources communautaires

Nous analysons la réorganisation du système de ressources en fonction de chaque incident documentaire communautaire et ses effets sur les modalités d'échanges et l'implication des membres dans le projet commun. Nous effectuons ce travail à partir de l'analyse des propositions de ressources par les membres et le type de ressources conçues par les membres, recueillies d'après les échanges sur les listes de diffusion.

La structure du système de ressources communautaires est liée à la participation des membres durant le segment temporel analysé. Nous distinguons, dans cette analyse, deux types de ressources :

- les ressources conçues et faisant partie du digiTex (les différentes parties du manuel) ;
- les ressources conçues au sein de la communauté pour faciliter la réalisation du projet commun.

Pour les ressources conçues dans le cadre de la réalisation de digiTex, nous en effectuons une analyse didactique. Nous choisissons, pour faire cette analyse, les ressources liées au thème fonction. L'analyse prendra en compte plusieurs critères rassemblés dans une grille (tableau 47), forme adaptée de la grille conçue pour l'analyse des ressources sur le terrain du projet comTec (tableau 3, § 5.6.1).

Contenu mathématique traité dans la ressource	Les contenus mathématiques que nous désignons sont ceux enseignés en classe de seconde et en lien avec le thème des fonctions en classe de seconde. La description du contenu est fonction de ce que le concepteur a visé de cette ressource.
Type de la ressource	Exercice technique, situation-problème, QCM, cours, activité d'introduction d'une notion, devoir maison, devoir surveillé. Même dans le cas de digiTex, cela peut être la progression du contenu d'un thème.
Choix didactique	Les choix effectués par un (ou plusieurs) membre(s) pour la présentation du contenu mathématique : application directe de connaissances, ordre de présentation du savoir dans un cours, construction des conjectures et preuves, démarche

	expérimentale, démarche heuristique, modélisation.
Progression	La place qu'occupe la ressource dans la progression du thème fonction.
Type de réponses attendues	QCM, réponse numérique, algébrique, construction d'une démonstration
Stratégies d'enseignement des fonctions	elles correspondent aux manières d'enseigner les fonctions en seconde pour aider les élèves à comprendre.
Organisation de l'enseignement des fonctions	La gestion didactique que la mise en œuvre de cette ressource suppose.

Tableau 47. Grille conçue pour l'analyse didactique des ressources de digiTex

Inférence des KM et KE communautaires

Nous allons procéder à l'identification des KM et KE communautaires par *problème*. Wenger (1998) a mis l'accent sur le fait que l'apprentissage prenait place au cours des échanges entre collègues, surtout en ce qui concerne un problème de leur pratique à résoudre, et la résolution de ce problème passe par un apprentissage d'un nouveau savoir susceptible d'émerger du processus de participation. Pour cela, nous prenons comme critère principal l'identification des problèmes liés à la réalisation du projet commun. Le processus de sa résolution nous permettra d'identifier les connaissances communautaires construites (ainsi que celles mobilisées pour la résolution du problème).

Après cette analyse, nous croisons les résultats pour analyser d'une part, l'interaction entre le système documentaire communautaire et les KM et KE communautaires construites et, d'autre part, la participation des membres.

7.7.2 Méthode d'analyse du monde de la communauté de digiTex

Pour chaque segment temporel, nous effectuons une analyse des différentes composantes du monde de la communauté : approche de l'organisation de la communauté et approche de l'organisation des visions. Nous précisons, dans ce qui suit, notre méthode d'analyse de chacune de ces composantes avec le type de données recueillies que nous exploitons.

L'organisation des visions des membres

Nous analysons les visions des membres de la communauté ayant des participations significatives durant le segment temporel objet de l'analyse. Pour approcher les visions, nous nous appuyons sur les messages échangés entre les membres ayant des rôles principaux durant le segment temporel. Dans le dernier segment temporel, nous analysons le questionnaire 2 (monde de la communauté), la liste de diffusion qui illustre certaines visions et des Représentations Schématiques des Interactions Collectives (SRIC) de certains membres (Anaïs, Bernard, et BC : ex-président de Sésamath et membres impliqués dans le projet digiTex).

L'approche de l'organisation de la communauté

Nous analysons l'organisation de la communauté dans chaque segment temporel. Nous repérons les effets des incidents documentaires communautaires sur cette organisation.

Dans l'étude des effets des incidents sur l'organisation didactique de la communauté, il s'agit de repérer :

- la réorganisation des rôles : animateur des discussions concepteur des ressources, relecteur, modificateur, coordinateur des débats (didactiques ou mathématiques), ceci à partir des échanges dans les différents fils de discussion ;
- la reconfiguration de mode de conception de ressources en fonction de l'incident documentaire communautaire et ses effets sur les modalités d'échanges et l'implication des membres dans les discussions et la conception des ressources, à partir de l'analyse du type de ressources conçues et les membres qui ont participé à cette conception ;

Nous procédons ensuite à un croisement des résultats obtenus.

Nous présentons, dans ce qui suit, une méthodologie pour l'analyse de la documentation d'Anaïs. Nous mettons en évidence, dans notre analyse, la place de la documentation documentaire dans la documentation d'Anaïs.

7.8 Méthodologie d'analyse de la documentation d'Anaïs

Nous présentons, dans cette partie, la méthodologie d'analyse de la documentation d'Anaïs. Nous commençons par la présentation des « entrées d'influence » de la documentation communautaire sur la documentation d'Anaïs, nous continuons par la présentation de la méthodologie d'analyse de chacune des périodes de suivi d'Anaïs. La méthodologie que nous mettons en place est une forme adaptée de celle utilisée pour l'analyse de la documentation d'Alexis sur le terrain du projet comTec (§ 5.7). Nous prenons en compte, dans cette méthodologie, à la fois les rapports entre le monde d'Anaïs et sa documentation et l'influence de la documentation communautaire sur la documentation d'Anaïs (§ 5.4).

Nous décomposons le suivi d'Anaïs en trois parties :

- la première partie constitue la découverte du travail documentaire d'Anaïs : sa structure et la place de Sésamath et digiTex dans ce travail. Cette partie correspond aux deux premiers segments temporels de la documentation communautaire ;
- la deuxième partie correspond à la partie de suivi d'Anaïs après l'incident individuel. Cette deuxième période porte sur l'analyse du changement des rapports entre Anaïs et digiTex à la suite de l'incident individuel. Elle correspond aux troisième, quatrième et cinquième segments temporels de la documentation communautaire ;
- la troisième partie de l'analyse correspond à la fin de suivi de la documentation d'Anaïs (fin de l'année scolaire 2009/2010 et suivi dans l'année scolaire 2010/2011) en analysant les données recueillies des différents outils méthodologiques et des ressources conçues durant cette période de suivi. A la fin de cette partie, nous présentons une conclusion en fonction de nos questions de recherche.

Nous présentons, dans ce qui suit, la méthodologie d'analyse de chacune de ces parties.

Méthode d'analyse de la première partie

Nous commençons par une analyse de l'entretien à domicile, le journal de bord 1 et la RSSR suivant la même méthodologie d'analyse de la première période d'Alexis (§ 5.7). En outre, Nous

avons analysé le texte d'analyse en ligne, notamment pour repérer son enseignement du thème fonction dans cette première partie d'analyse.

Méthode d'analyse de la deuxième partie

Nous présentons dans l'analyse de cette partie :

- une analyse de l'entretien avec Anaïs après l'incident documentaire individuel. Dans l'analyse de cet entretien, nous repérons des réorganisations dans le système de ressources d'Anaïs, dans son système d'activité et des éléments de son monde ;
- une analyse de sa réunion avec son collègue au lycée pour la préparation d'une séance de classe autour du chapitre « fonctions et inéquations ». La réunion s'est tenue chez Anaïs à domicile, nous pouvons donc dire que l'observation de cette réunion est une observation d'Anaïs en action (en train de préparer une leçon pour sa classe de seconde). Pour analyser le déroulement de cette réunion, nous repérons les activités et nous les classons dans les familles d'activités correspondantes. Nous en inférons aussi des KM et KE d'Anaïs ;
- une analyse de la séquence préparée par Anaïs, de la ressource que nous avons observée, sa mise en œuvre en classe par le remplaçant d'Anaïs. Nous analysons les différentes parties de cette ressource en fonction de la mise en œuvre pensée par les concepteurs (Anaïs et son collègue Arnaud) ;
- une analyse de la séance de classe d'Irvin observée d'une façon conjointe avec les commentaires d'Anaïs sur cette séance. Nous avons demandé dans un premier temps à Anaïs de commenter des extraits de vidéos d'observation de la séance de classe à chaud (nous présentons la transcription de chaque extrait avec le commentaire correspondant d'Anaïs dans l'annexe 18). Les extraits sont choisis selon les moments de la vidéo où il y a une dévolution, une validation ou une institutionnalisation du savoir par Irvin. Les commentaires demandés sont des commentaires en fonction de la mise en œuvre pensée par Anaïs de cette ressource lors de sa conception. À partir des commentaires d'Anaïs, nous inférons des KM et des KE que nous mettons en regard de celles repérées dans la première partie d'analyse, comme nous les mettons en regard de ses visions.

A la fin de l'analyse de cette deuxième partie, dans la synthèse, nous repérons la place de la documentation de digiTex dans la documentation d'Anaïs. Nous présentons aussi la synthèse en fonction des effets de l'incident documentaire individuel sur sa documentation.

Méthodologie d'analyse de la troisième période de suivi d'Anaïs

Nous repérerons, à la fin de cette partie, les effets à la fois du travail dans digiTex et de l'incident documentaire individuel d'Anaïs sur sa documentation. Les données analysées datent de la fin de la période de suivi de l'année 2009/2010 (questionnaire monde ; entretien à domicile 2 ; les RSIC et les RSIM) et d'autres de l'année 2010/2011 (l'observation de la séance de classe d'Anaïs et certaines ressources autour du thème fonction).

Dans l'analyse du questionnaire monde d'Anaïs, nous inférons les quatre visions d'Anaïs en regard des effets du développement de la documentation dans digiTex et l'incident documentaire individuel.

Dans l'entretien à domicile 2, qui est un entretien de synthèse autour de Sésamath, nous repérons des activités et des visions d'Anaïs en rapport avec Sésamath après l'incident documentaire individuel.

Dans l'analyse de la RSIC, nous inférons la vision d'Anaïs sur le travail collectif, en particulier dans le cadre de digiTex ; dans l'analyse de la RSIM, nous repérons les collectifs qui ont influé la vision d'Anaïs sur les mathématiques et l'enseignement des mathématiques. Dans l'analyse de ces visions, nous insistons sur la place de la documentation de digiTex et les effets de l'incident documentaire individuel d'Anaïs.

Dans l'analyse de la séance de classe observée conduite par Anaïs, nous commençons par une analyse de la ressource mise en œuvre, puis nous analysons la séance. Nous inférons des KM et des KE d'Anaïs en regard de l'analyse globale : documentation dans le projet digiTex et KM et KE qui y sont construites, KM et KE repérées dans le suivi d'Anaïs tout au long de l'année 2009/2010.

A la fin de cette partie, nous procédons à diverses comparaisons pour mettre en évidence les changements qui ont eu lieu dans la documentation d'Anaïs et sont liés à la documentation de digiTex et aux effets de l'incident documentaire individuel.

L'analyse de la troisième partie permet de conclure relativement à nos questions de recherche.

7.9 Conclusion du chapitre

Nous avons présenté, dans ce chapitre, le terrain du projet digiTex, la méthodologie de recueil de données et la méthodologie d'analyse. Nous avons procédé à un traitement analytique du corpus constitué de l'ensemble des messages échangés sur les listes de diffusion en rapport avec le projet digiTex. Les messages échangés constituent les données principales pour l'analyse de la documentation dans le cadre de digiTex.

La structure de la méthodologie de recueil de données est étroitement liée aux caractéristiques du terrain expérimental, identifiées dans l'analyse préalable que nous avons effectuée. L'ajustement de la méthodologie a été rendu nécessaire par l'incident documentaire individuel d'Anaïs. Dans la méthodologie d'analyse que nous présentons, les incidents documentaires, notamment communautaires, occupent une place centrale. Le découpage de la période de suivi a été réalisé en fonction des incidents documentaires communautaires. Nous présentons, dans cette méthodologie, des grilles d'analyse pour le suivi du développement de la CoP et pour l'analyse didactique des ressources conçues par les membres de la communauté. Les grilles proviennent des grilles conçues pour le projet comTec et ont été adaptées au projet digiTex.

Dans ce qui suit, nous présentons notre analyse des données recueillies.

Chapitre 8. Analyse des données, projet digiTex

Nous articulons dans un premier temps l'analyse des données recueillies sur le terrain digiTex autour des analyses successives des premier (§ 8.1), deuxième (§ 8.2), troisième (§ 8.3), quatrième (§ 8.4) et cinquième segments temporels (§ 8.5) de la documentation communautaire. Ces analyses nous conduisent à inférer des effets des incidents documentaires communautaires sur le développement de la documentation communautaire. Nous analysons ensuite la documentation d'Anaïs (§ 8.6) suivant trois parties correspondant aux années scolaires 2009/2010 et 2010/2011. Nous présentons enfin une conclusion de ce chapitre (§ 8.8).

8.1 Analyse de la documentation dans digiTex, premier segment temporel

Le premier segment temporel correspond à la période allant de début juin 2009 à début septembre 2009. Sur la liste de diffusion, il correspond aux fils de discussion 1 à 9. La fin de ce segment temporel aura lieu lors du début de l'effet du premier incident documentaire communautaire : Intégration du contenu du nouveau programme de seconde dans le système de ressources communautaires (§ 7.5). Nous commençons cette partie par l'étude de la communauté (§ 8.1.1). Nous continuons cette étude par l'analyse du processus de participation (§ 8.1.2) et l'état du système documentaire communautaire (§ 8.1.3). Nous inférons de cette analyse une KE communautaire construite au cours de ce premier segment temporel (§ 8.1.4). Nous terminons par l'approche de l'organisation de la communauté (§ 8.1.5), de l'organisation des visions de ses membres (§ 8.1.6) et une synthèse de l'analyse du premier segment temporel (§ 8.1.7).

8.1.1 La communauté du projet digiTex, une CoP ?

Nous nous proposons dans ce paragraphe d'interroger la communauté formée par les membres de digiTex : constitue-t-elle une CoP en cours d'émergence ? Nous questionnons dans cette perspective les caractéristiques d'une CoP : engagement mutuel, entreprise commune et répertoire partagé. Nous conduisons notre analyse à partir des fils de discussion 1 à 9 (tableau 48) correspondant à ce premier segment temporel (les fils de discussion qui correspondent au premier segment temporel se trouvent à l'annexe 26).

n°	Titre	Listes	début	fin	initiateur	nb msg
1	entrée fonctionnelle	groupe_lycée	01-juin-09	01-juin-09	XOB	5
2	Wiki	groupe_lycée	01-juin-09	02-juin-09	Bernard	6
3	atomes fonctions seconde	groupe_lycée	02-juin-09	03-juin-09	LZ	8
4	Re: [sesamath] sur le manuel numérique	groupe_lycée	02-juin-09	02-juin-09	XOB	1
5	une première fiche	groupe_lycée	03-juin-09	03-juin-09	LZ	10
6	méthode de travail	groupe_lycée	03-juin-09	14-juin-09	LZ	30

7	méthode de travail-exercices ?	groupe_lycée	15-juin-09	18-juin-09	LZ	12
8	le point sur l'état actuel du projet Sésamath Suisse romande	groupe_lycée	31-août-09	31-août-09	JmD	1
9	méthode de travail 2	groupe_lycée	31-août-09	02-sept-09	JW	3
Total						**76 messages**

Tableau 48. Présentation des fils de discussion correspondant au 1er segment temporel

Engagement mutuel

Lors du démarrage du projet, huit membres sont inscrits sur la liste de diffusion propre à digiTex (la liste « groupe_lycée »), trois autres rejoignent ultérieurement le groupe. Les onze membres se sont déjà rencontrés dans d'autres projets de l'association. Comment les membres partagent-ils leurs intérêts afin d'établir un premier contact ?

Les onze membres participent aux discussions portées par les neuf fils de discussion. Parmi eux, cinq membres prennent l'initiative de lancer de nouveaux fils de discussion. Les neuf titres donnés par les membres aux fils de discussion témoignent d'une volonté d'établir un contact pour s'organiser autour du projet commun (par exemple : « wiki », « méthode de travail », « méthode de travail-exercices »). Trois personnes parmi ces cinq initiateurs proposent de s'engager dans une activité communautaire :

- XOB, dans le fil « entrée fonctionnelle », soumet l'idée d'un manuel atomique, chaque chapitre étant découpé en atomes (§ 7.1.2) ;
- Bernard, dans le fil « wiki », propose un wiki sommaire pour le travail collectif, en créant des comptes de connexion pour chacun des membres inscrits sur la liste « groupe_lycée » ;
- LZ, dans le fil « atomes fonction Seconde », crée une liste d'atomes pour le thème fonction en classe de seconde. Il était aussi l'auteur initial de la première ressource pour digiTex : « intervalles » (§ 8.1.3). LZ initie aussi une discussion autour de la méthode du travail collectif dans le fil « méthode de travail ».

Les deux fils de discussion « Re : [Sésamath] sur le manuel numérique » et « le point sur l'état actuel du projet Sésamath Suisse romande » ne traitent pas de sujets qui concernent directement le projet digiTex mais plutôt de l'association Sésamath en général.

Au début du projet, deux membres jouent le rôle de coordinateur des activités : Bernard, en proposant le wiki et une facilitation de la prise en main de ce wiki par les membres du collectif, LZ en proposant une méthode de travail qui contribue à coordonner les activités des membres et AL en coordonnant les débats didactiques.

Dans les neuf fils de discussion émergent des propositions de ressources que nous présentons dans le tableau 49 en fonction de leurs types (nous étudions ces propositions dans § 8.1.3).

Type de ressource	Ressource	Proposée par	Fil de discussion
des ressources qui permettent à l'enseignant de forger le savoir à enseigner	Conception des « atomes » liés au projet du nouveau programme pour la classe de seconde	LZ	Atomes fonction Seconde

des ressources comme support qui permettent à l'enseignant de préparer son enseignement et d'enseigner une notion mathématiques	Une ressource sur les intervalles dans le cadre du projet collectif (cours+ exemples)	LZ	Une première fiche
	Cours sur la fonction carré + représentation graphique, déposé sur le wiki	LZ	Méthode de travail
	Le projet du programme de seconde en cours d'élaboration[36] (juin 2009)	LZ	Entrée fonctionnelle
des ressources qui permettent à l'enseignant d'échanger et d'expliciter ses idées	Wiki pour déposer les ressources conçues collectivement	Bernard	Wiki
	Plug-in pour le wiki	LZ	Méthode de travail
	Références des syntaxes pour écrire les formules mathématiques sur le wiki	LZ	Méthode de travail

Tableau 49. Ressources proposées dans le 1er segment temporel pour la réalisation du projet

Nous présentons, dans le tableau 50, les ressources conçues dans le cadre de la réalisation de digiTex (ressources pour le manuel et ressource outil pour la réalisation du projet).

La ressource	**Fil de discussion**	**Nombres de messages échangés autour de la ressource**	**Nombres de membres participant à la discussion**
Références des syntaxes pour écrire les formules mathématiques sur le wiki	Méthode de travail	1	1 (LZ)
Les intervalles	Une première fiche	10	4 (LZ, Anaïs, Bernard, XOB)
Cours sur la fonction carrée + représentation graphique	Méthode de travail	7	4 (AL, Anaïs, GB, LZ)
Atomes fonction Seconde	Atomes fonction Seconde	8	3 (AL, LZ et XOB)
Total	3 fils de discussion	26 messages	6 auteurs

Tableau 50. Les ressources conçues dans le 1er segment temporel

Six auteurs sur onze participent à la discussion concernant les ressources conçues par certains membres de la communauté. Ils échangent 26 messages, ce qui représente 33 % des 76 messages de ce segment temporel. Les discussions sont techniques dans le cas de « références des syntaxes pour écrire les formules mathématiques sur le wiki » et « cours sur la fonction carré + représentation graphique », elles portent sur l'affichage des graphiques et formules mathématiques sur l'interface du wiki. Les discussions sont également d'ordre didactique, pour les deux ressources : « Atomes fonction Seconde » et « les intervalles ». Nous pouvons alors dire

[36] Le programme est publié officiellement en juillet 2009
http://media.education.gouv.fr/file/30/52/3/programme_mathematiques_seconde_65523.pdf

qu'il y a un partage et sollicitation des discours autour des ressources conçues pour la communauté.

L'engagement mutuel entre les membres de digiTex est fortement présent.

Entreprise commune

Le fil de discussion « méthode de travail » est formé de trente messages (40% des messages de ce segment temporel). Nous ne pouvons pas parler d'un partage de tâche explicite, puisque deux membres (Bernard et LZ) jouent un rôle principal dans cette période, pour faciliter la prise en main du wiki par les autres membres et pour les propositions et modifications de ressources.

Il y a une entreprise commune émergente. Les discussions sur la méthode du travail, qui ont pris un aspect organisationnel, empêchent les membres de négocier de façon importante la nature du projet commun.

Répertoire partagé

Nous commençons à repérer, parmi les termes utilisés, des mots propres au projet ayant une même signification pour tous les membres du collectif : *wiki*, *atomes* (pour désigner les différents grains correspondants à un thème donné). Ces mots sont proposés par un membre et utilisés par d'autres sans avoir besoin d'en préciser le sens. Les ressources déposées sur le wiki sont des ressources conçues dans le cadre de la réalisation de digiTex (Tableau 50).

Nous remarquons ainsi qu'un répertoire partagé commence à se construire dans le premier segment temporel. La difficulté de la prise en main du wiki par les membres a légèrement retardé le développement du répertoire partagé.

Nous pouvons dire, en résumé, qu'il y une CoP en cours d'émergence. On peut alors parler de CoP au stade d'incubation (§ 3.4.2).

8.1.2 Le processus de participation

Dans le cadre de notre analyse de la participation des membres, nous ne nous préoccupons pas des deux fils de discussion intitulés « le point sur l'état actuel du projet Sésamath Suisse romande » et « méthode de travail(2) », car ils ne concernent pas directement digiTex. Nous présentons la participation des membres à travers l'analyse de chacun des fils de discussion retenus (tableau 51).

n°	Titre	Mi	Niveau d'activité	Auteur des messages	Description de l'activité
1	entrée fonctionnelle	M1 →M5	+2	XOB, Anaïs, LZ, Bernard	Conception du thème fonction : progression allant de la 3ème à la terminale.
2	Wiki	M1 →M3	+2	Bernard (2), XOB	Mise en place d'un wiki et processus de dépôt des ressources pour le thème fonction.
		M4 →M6	+3	JW, Bernard (2)	Possibilité d'ajouter un onglet pour la statistique.
3	atomes fonction	M1 →M8	+2	LZ(4), AL(3), XOB	Conception des *atomes* pour le thème fonction : rapport entre atomes et

	Seconde				programme de seconde.
4	Re: [sesamath] sur le manuel numérique	M1	+3	XOB	Conception des fichiers mathématiques fullweb.
5	une première fiche	M1 →M10	+1	LZ(4), Anaïs(4), Bernard, XOB,	Proposition d'une ressource « les intervalles » pour l'introduction de la notion de fonction ; Discussion didactique autour de son contenu.
6	méthode de travail	M1 →M30	+3	LZ(11), Bernard(7), Anaïs (4), PP, AL(4), CR(2), GB(2),	Activité organisationnelle : fonctionnement du wiki avec des exemples sur la fonction carrée.
7	méthode de travail-exercices ?	M1 →M2	+2	LZ, JW	Questionnement autour du modèle des fiches à concevoir.
		M3 → M12	+3	JW(3), XOB, AL(2), Anaïs, Bernard, HG, LZ	Proposition d'une réunion Moodle pour faire le point sur le projet (outils et fiches conçues).

Tableau 51. La participation des membres durant le 1er segment temporel et niveaux d'activité

Dans ce premier segment temporel, la participation des membres s'inscrit dans les niveaux d'activité (+2) et (+3) (§ 3.2.1), mis à part le fil de discussion « première fiche » qui s'inscrit dans le niveau (+1).

8.1.3 Le système de ressources communautaire de digiTex

Nous distinguons, dans cette analyse, deux types de ressources :

- les ressources conçues qui font partie du manuel. Trois ressources de ce type sont conçues dans ce segment : les intervalles (fil 5) ; la fonction carré (fil 6) ; les atomes pour le thème fonction (fil 3) ;
- les ressources conçues au sein de la communauté pour faciliter la réalisation du projet commun : le wiki et le plug-in du wiki ; les syntaxes pour écrire les formules mathématiques sur le wiki.

Parmi les propositions de ressources (tableau 49), trois membres proposent deux types de ressources visant à faire avancer le projet commun : des ressources pour forger le savoir à enseigner et des ressources qui peuvent faciliter l'échange et la conception des ressources digiTex. Dans les sept premiers fils de discussion, on note un partage de ressources pour faciliter la participation au projet commun : savoir déposer des fichiers mathématiques sur le wiki.

Nous présentons ci-dessous une analyse didactique de chacune des ressources conçues pour le manuel.

Les intervalles (Annexe 22, a)

Le contenu mathématique de la ressource	Définition des intervalles ; intervalles bornés et intervalles non bornés. Exemples en fin de la ressource.
Le type de la ressource	Cours et exemples
Choix didactique	Introduction des intervalles par une définition qui considère l'intervalle comme « partie » de l'axe des nombres réels. Dans cette ressource, on présente deux types d'intervalles : intervalles bornés et intervalles non bornés.
Progression	Pas précisée dans la discussion. Proposition de positionner ceci avant l'introduction des fonctions.
Type de réponses attendues	Pas de réponse attendue
La stratégie d'enseignement des fonctions	Comme c'est une première fiche conçue, la stratégie dans laquelle s'inscrit cette ressource n'est pas claire à ce moment du développement du projet.
Organisation de l'enseignement des fonctions	Le cours sera le résultat d'une activité introductive de la notion d'intervalle. Cette proposition a été acceptée, mais n'est pas réalisée à ce moment du projet. Pas de discussion autour de la gestion didactique et sa mise en œuvre en classe.

La fonction carré (Annexe 22, b)

Le contenu mathématique traité dans la ressource	Définition de la fonction carré, étude de ses variations et de sa représentation graphique
Le type de la ressource	Cours avec un exemple des tableaux de valeurs
Choix didactique	Présentation directe de la fonction carré à partir d'une définition donnée comme suit : *« La **fonction carré** est la fonction qui, à tout nombre x, associe son carré x^2 »* C'est une définition des fonctions comme une correspondance entre deux ensembles. En s'appuyant sur cette définition, on représente un tableau de valeurs qui correspond à quelques valeurs négatives et autres positives. Le tableau de variation de la fonction est présenté par appui sur la représentation graphique.
Progression	Pas précisée dans les discussions.
Type de réponses attendues	Pas de réponse attendue
La stratégie d'enseignement des fonctions	La stratégie d'enseignement de fonctions dans laquelle s'inscrit la conception de la ressource n'est pas précisée.
Organisation de l'enseignement des	Une définition ensembliste de la fonction carré, qui permet de dresser un tableau de valeurs et de construire une représentation graphique à partir de laquelle on déduit un

fonctions	tableau de variations.

<u>Les atomes pour le thème fonction en seconde (Annexe 22, c)</u>

Le contenu mathématique traité dans la ressource	Une liste de 38 atomes pour le thème des fonctions en lien avec le projet (non définitif) du nouveau programme de la classe de seconde. Les atomes sont formulés sous la forme de type de tâches
Le type de la ressource	Ressource structurante de l'activité didactique de la communauté autour du thème « fonction » en classe de seconde.
Choix didactique	La construction de ces atomes a été réalisée à partir du projet de programme de la classe de seconde.
Progression	Cette liste d'atomes permet une structuration du thème fonction pour la communauté.
Type de réponses attendues	Pas de réponse attendue dans cette ressource
La stratégie d'enseignement des fonctions	Proposition de construire des cours classiques pour chaque atome contenant plusieurs parties : activité introductive, cours (définitions, théorèmes et méthodes), démonstrations, exercices d'application cohérent avec l'atome. Nous classons les atomes conçus en plusieurs catégories : - définition des fonctions (traduction des rapports entre deux quantités) et définition par trois entrées (graphique, algébrique et tableau) ; - caractéristiques des fonctions (sens de variations et extrema) ; - articulation entre deux représentations (graphique/tableau ; algébrique/tableau) ; - présentation des différents types de fonctions (affine, carrée, inverse et monographique) ; - utilisation des fonctions dans la résolution d'équations et inéquations (représentations graphique et algébrique) ; - résolution des problèmes nécessitant un appel aux fonctions (transformation d'expressions algébriques ; associer à un problème une expression algébrique, etc.). Certains atomes s'inscrivent dans deux catégories en même temps.
Organisation de l'enseignement des fonctions	Pas discutée entre les membres de digiTex

Les choix didactiques effectués dans la conception des ressources sont intimement liés au programme, ceci apparaît clairement dans les discussions : *« c'est mentionné dans le programme*

dans le paragraphe "notations mathématiques" » (Anaïs, fil 5) ; *« J'ai créé une liste d'atomes pour les fonctions en Seconde d'après le programme »* (LZ, fil 3) ; *« J'avais mis* […] *quelques idées, essentiellement liées au programme de 3e et sur les fonctions en 2e »* (XOB, fil 3). La conception des ressources dans ce segment constitue un support pour le développement d'une méthode de travail pour la réalisation du projet.

8.1.4 Une KE au premier segment temporel

Nous commençons cette partie par une identification du problème lié à la pratique dans la CoP (§ 7.7.1), nous continuons par le processus de résolution de ce problème. Nous terminons par une synthèse.

L'identification du problème

Le problème porte sur la présentation des intervalles non bornés (fil 5). Dans une première version de la ressource sur les intervalles, LZ introduit la notion d'infini d'une façon formelle : *« Le signe ∞ se lit l'infini ; – ∞ (« moins l'infini ») signifie que l'intervalle contient des nombres aussi petits que l'on veut. +∞ (« plus l'infini ») signifie que l'intervalle contient des nombres aussi grands que l'on veut. Le crochet est toujours situé vers l'extérieur du côté de —∞ et +∞ »* (ressource Intervalles, Annexe 10 a). A la suite de cette proposition, une discussion sur l'explication de la définition des intervalles a eu lieu : est-ce qu'on parle des nombres réels ? Est-ce qu'on rappelle la droite graduée ?

Lors de la conception de la fiche « intervalles », les membres ont donc posé le problème de l'introduction des nouvelles notions dans le manuel, à partir d'un cas particulier : les intervalles.

Le processus de sa résolution

Il y a plusieurs propositions : *« peut-être faut-il mettre un exemple introductif pour les intervalles non bornés avant le tableau où intervient le symbole de l'infini »* (Anaïs, M2, fil 5). Elle précise ensuite qu'il faut que cet exemple soit un exemple de la vie quotidienne : *« Pas si facile de trouver un exemple concret* [...] *une histoire de distance dans l'univers peut-être ? »* (Anaïs, M4, fil 5). Bernard propose d'introduire les intervalles à partir des équations et des inéquations : *« je pencherais plutôt pour une introduction à partir des équations et inéquations : on donne le résultat sous la forme S=... »* (Bernard, M5, fil 3). Anaïs insiste sur l'intérêt d'exemples concrets : *« je trouve que les exemples* […] *liés à la vie quotidienne, plus parlant que S= pour l'ensemble des solutions d'inéquations »* (Anaïs, M6, fil 3). XOB propose : *« Mais n'aurait-on pas intérêt à rédiger cela sous forme de questions, pour avoir petit à petit des séries d'activités ? »* (XOB, M7, fil 3). Anaïs rejoint l'idée de XOB : *« il faudrait rédiger une première fiche d'activité qui permette d'introduire naturellement tout ce qui est dans la fiche de cours, qui elle doit être rédigée sous forme de synthèse »* (Anaïs, M8, fil 3). Cette proposition a été acceptée par les membres, comme en témoignent leurs réactions. Voici par exemple la réaction de LZ : « *il faudrait penser à l'exemple introductif comme une réponse à une activité. Autrement dit, ce serait bien de rédiger une activité dont la synthèse est l'exemple introductif (si possible) »* (LZ, M10, fil 3).

A la fin de ce processus, le problème « comment présenter la définition de l'intervalle ? » semble trouver sa solution dans la proposition de présenter les cours comme synthèse construite à partir des réponses à une activité mathématique.

Les connaissances communautaires construites par la résolution du problème

La KE dont on peut inférer la construction au cours de la résolution de ce problème s'inscrit dans le cadre de la catégorie « connaissances sur les stratégies de l'enseignement de l'analyse » (§ 3.2.3). La connaissance communautaire construite est : « l'introduction et la définition des notions et des nouveaux concepts viennent comme résultat d'une activité mathématique ». Les membres s'appuient sur cette KE communautaire pour la conception des ressources où on introduit de nouveaux concepts et notions.

8.1.5 L'organisation de la communauté du projet digiTex

Nous analysons, dans ce premier segment temporel, l'organisation de digiTex à partir de l'analyse de la place du wiki et des rôles de certains membres impliqués.

Le wiki détermine l'organisation de la communauté durant ce segment temporel : la difficulté de sa prise en main par plusieurs membres induit une multiplication des discussions autour de la rédaction et de la modification des ressources sur le wiki. L'ergonomie du wiki donne lieu à des discussions sur la facilité d'adaptation et de modification des ressources par quelqu'un de l'extérieur.

Cinq membres sont à l'origine de 82% des messages de ce segment. Nous identifions les rôles de quatre d'entre eux. Nous présentons chacun de ces membres en fonction du pourcentage de leurs messages dans ce segment temporel et de leurs rôles :

- LZ (30%) : concepteur de ressources et modificateur principal (quasi-unique) des ressources. Il est à l'origine de la proposition de la ressource « les intervalles », il la modifie en fonction des réactions d'autres membres ;
- AL (11%) : coordinateur du débat autour de la méthode de travail et l'organisation de la réalisation du projet ;
- Bernard (21%) : animateur du wiki, il a pris à sa charge la facilitation de la prise en main du wiki par les membres ;
- Anaïs (13%) : relectrice et commentatrice des ressources proposées. Ses commentaires et relectures ont conduit à la modification des ressources.

Ces quatre membres ont des rôles différents (un concepteur et modificateur de ressources, un coordinateur du débat, un animateur du wiki et un relecteur et commentateur des ressources). La participation de chacun des membres dans ce premier segment temporel s'inscrit dans le cadre de son rôle. Cette organisation de digiTex vérifie la construction de la KE communautaire (§ 8.1.4) par la participation des membres ayant des rôles déterminants dans ce premier segment temporel.

8.1.6 L'organisation des visions des membres

Nous nous appuyons sur les échanges de la liste de diffusion pour inférer les visions des membres ayant des rôles déterminants dans ce premier segment temporel (§ 8.1.5).

En ce qui concerne les visions de l'enseignement des mathématiques, nous repérons une forme constitutive des KE de LZ : « la préparation de l'enseignement des mathématiques est basée sur l'interprétation des textes officiels ». Voici des extraits de messages envoyés par LZ : *« 3e + Seconde simultanément, ça devrait aller pour un début. Après, les différentes Première, on verra plus tard. Il suffit d'éplucher les programmes et de les hacher menu pour obtenir des fiches aux petits oignons »* (LZ, M3, fil 1) ; *« Pour la liste des atomes, je pense que le mieux est de partir*

de ce que disent les programmes. C'est ce que j'ai fait : il y a 51 atomes pour l'instant en ne prenant que les "capacités" des programmes de 3ème et 2nde. J'y vois plusieurs avantages : c'est exhaustif, (presque) incontestable, avec une référence nette » (LZ, M8, fil 3). Nous repérons également une forme constitutive de KE chez Anaïs : « l'introduction des notions doit venir comme réponse à un besoin ». Pour illustrer cette forme, voici un extrait d'un message d'Anaïs : *« en fait, il faudrait rédiger une première fiche d'activité qui permet d'introduire naturellement tout ce qui est dans la fiche de cours, qui elle doit être rédigée sous forme de synthèse, qu'en pensez-vous ? »* (Anaïs, M8, fil 5).

En ce qui concerne les visions du travail collectif, nous identifions deux formes constitutives de mode de conception de ressources semblables chez les membres :

- une forme constitutive du mode de conception de ressources : découpage en atomes → indexation des ressources → habillage des ressources par le contenu mathématique à enseigner. *« Euh, non. On peut y réfléchir, mais pour plus tard, non ? Disons que pour l'instant, on se consacre sur les fiches et le découpage en atomes, et qu'après ça peut nous servir pour indexer toutes les ressources de Sésamath »* (LZ, M3, fil 3) ; *« on pourra faire de nos fiches à peu près ce qu'on veut en termes d'indexation... »* (AL, M4, fil 3) ;
- forme constitutive du mode de conception de ressources : tous les membres doivent pouvoir modifier les ressources de Sésamath. *« Mais c'est vrai qu'il faut pouvoir laisser la possibilité au collègue de changer la source »* (AL, M8, fil 6) ; *« Tout prof peut modifier une fiche si on lui en donne les droits. Ce qui serait bien, plus tard, c'est que ce wiki soit accessible depuis Sésaprof, et que chaque prof possède un espace dans lequel il peut copier les fiches finalisées et les modifier uniquement pour lui-même »* (LZ, M9, fil 6) ; *« pour ma part, il me semble que pour que cela intéresse un prof de Lycée, qui cherche essentiellement à gagner du temps, mais qui veut pouvoir personnaliser son cours, il faut que tout soit modifiable* » (Anaïs, M12, fil 6).

Nous dégageons de cette analyse une convergence de visions du travail collectif entre les membres actifs dans ce premier segment temporel, à mettre en regard avec le rapprochement de visions de l'enseignement des mathématiques identifié.

8.1.7 Synthèse de l'analyse du premier segment temporel

Dans le segment temporel, la participation des membres s'inscrit dans le cadre des niveaux (+2) et (+3) sauf pour le fil 5 qui s'inscrit dans le niveau (+1). La participation conduit au développement d'un système de ressources constitué du wiki conçu comme support pour la réalisation du projet commun et le programme de la classe de seconde qui constitue un support pour le démarrage du projet.

Trois ressources sont conçues dans le cadre de la réalisation du projet (atomes fonction Seconde, fonction carré + représentation graphique et intervalles). Les deux premières ressources sont conçues dans le cadre d'une participation s'inscrivant dans les niveaux (+2) et (+3). Cette participation participe à la mise en place d'une méthode de travail pour la réalisation du projet, en prenant comme objet une notion ou un thème mathématique. Elle apparaît dans l'analyse des ressources conçues dans ce segment temporel : absence de l'explicitation d'une stratégie d'enseignement des fonctions dans laquelle s'inscrit la conception de ressources sur les fonctions. Le seul fil de discussion (fil 5) dont la participation des membres s'inscrit dans le niveau (+1) a contribué au développement de la ressource « intervalles » ainsi qu'à la

construction d'une KE de la catégorie « stratégie de l'enseignement de l'analyse ». La participation des membres renvoie en majorité à une finalité organisationnelle.

Certaines ressources déterminent l'organisation de la communauté dans ce premier segment temporel (par exemple le wiki). L'organisation de la communauté a conduit à une convergence de visions du travail collectif, ce qui apparaît clairement dans les fils de discussion 5 et 6, à propos du mode de conception d'une ressource.

La participation qui a conduit à une construction d'une KE communautaire s'inscrit dans un mouvement de conception de ressources pour digiTex.

8.2 Analyse de la documentation dans digiTex, deuxième segment temporel

Ce segment temporel s'étale du début septembre 2009 au début octobre 2009. Sur la liste de diffusion, il correspond aux fils de discussion 10 à 16. Le deuxième segment temporel vient à la suite de l'incident I1 : l'intégration du contenu du programme de seconde dans le système documentaire communautaire de digiTex. Nous commençons cette partie par l'étude de l'état du développement de la CoP (§ 8.2.1). Nous poursuivons par l'analyse du processus de participation (§ 8.2.2) et l'état du système documentaire communautaire (§ 8.2.3). Nous inférons une KE et une KM (§ 8.2.4). Nous terminons par l'approche de l'organisation de la communauté (§ 8.2.5) et de l'organisation des visions des membres (§ 8.2.6) et une synthèse en procédant à un croisement des analyses réalisées (§ 8.2.7).

8.2.1 État du développement de la CoP

Nous suivons le développement de la CoP à partir des fils de discussion 10 à 16 (tableau 52 ; les fils de discussion qui correspondent au deuxième segment temporel se trouvent à l'annexe 26).

n°	Titre	Listes	Début	fin	initiateur	Nb msg
10	progression en 2nde	groupe_lycée	02-sept-09	30-oct-09	Bernard	30
11	TES Spécialité	groupe_lycée	08-sept-09	08-sept-09	XOB	2
12	Re: proposition pratique-projet manuel seconde	groupe_lycée	09-sept-09	09-sept-09	JW	1
13	liste mathlycee	groupe_lycée et KidiLycée	25-sept-09	26-sept-09	JW	5
14	Jean Paul Quelen	groupe-lycée	26-sept-09	26-sept-09	HG	3
15	Lancement liste lycée	lycée	27-sept-09	27-sept-09	JW	7
16	chapitrage seconde	lycée	27-sept-09	30-sept-09	JW	24
Total						**72 messages**

Tableau 52. Présentation des fils de discussion correspondant au 2ème segment temporel

Engagement mutuel

Parmi les quatre personnes qui ont initié des fils de discussion, deux ont manifesté des propositions de s'engager dans une activité communautaire :

- Bernard dans le fil 10, intitulé « progression en 2nde », propose un découpage des chapitres du manuel à concevoir, en déclenchant des discussions à propos de sa proposition ;
- JW dans le fil 13, intitulé « liste mathlycée », a fait une proposition de fusionner les listes de diffusion des projets Lycée ; et dans le fil 16, intitulé « chapitrage seconde », JW a fait une proposition de commencer la fixation des chapitres du manuel.

Les ressources proposées par les membres (3 membres impliqués) dans le cadre de la réalisation de digiTex sont exposées dans le tableau 53. La plupart des ressources proposées reflètent l'engagement commun et principal des membres : la conception des différents chapitres pour le manuel.

Type de ressources	**La ressource**	**Proposée par**	**Fil de discussion**
Des ressources comme support qui permettent à l'enseignant de préparer son enseignement et d'enseigner une notion mathématique.	Progression Seconde dite « spiralée »	JW	Progression Seconde
	« problème préparatoire »	Anaïs	
	2G1 - repérage	Anaïs	Lancement liste Lycée
	2N1	Anaïs	
	Exercices autour du thème fonction	Anaïs	Chapitrage Seconde
Des ressources qui permettent à l'enseignant de forger le savoir à enseigner	Proposition d'un chapitrage du manuel	JW	
	Proposition progression fonction	Anaïs	
	Progression du thème fonction suivant deux manuels : Nathan et Bordas	GM	

Tableau 53. Ressources proposées par les membres dans le 2ème segment temporel pour la réalisation du projet digiTex

Une seule ressource est conçue, elle est relative à la progression du thème fonction (fil « chapitrage Seconde »). La ressource a stimulé des discussions entre les membres que nous décrivons ultérieurement (§ 8.2.3).

Dans ce segment temporel, on notera l'absence des discussions autour du wiki, qui étaient fortement présentes dans le premier segment temporel. Une grande partie des discussions des membres a lieu autour du nouveau programme de seconde.

<u>Entreprise commune</u>

JW a fait une proposition que nous classons dans le cadre du développement du projet commun : croiser les problématiques des différents projets Lycée et créer une liste « Lycée » pour mutualiser les échanges autour de ces différents projets Lycée. Cette proposition s'inscrit dans le cadre de la négociation du projet et de sa redéfinition à la suite d'I1, où les membres de Sésamath ont perçu le manque de ressources pour les différents projets Lycée qui pourraient les aider à faire face à l'incident. La deuxième proposition faite par JW (commencer la fixation des

chapitres du manuel) contribue au développement du projet, parce qu'elle constitue une base sur laquelle les membres s'appuient pour commencer la conception des ressources pour le manuel.

Répertoire partagé

Nous avons repéré des termes spécifiques qui reflètent la nature de l'engagement durant ce segment temporel : nouveau programme, progression, chapitrage et fonction. Nous remarquons que l'enrichissement du répertoire partagé est en rapport avec I1.

Une seule ressource est conçue dans le cadre de la réalisation de digiTex (§ 8.2.3).

Nous remarquons que le répertoire partagé s'est développé en se juxtaposant à ce que les membres ont développé dans le premier segment temporel. Nous avons remarqué l'absence de discussions autour des « atomes » et du « wiki » qui ont été remplacées par des discussions autour du « chapitrage » et la progression du thème « fonction » ; le nouveau programme était au centre de ces discussions.

Nous en concluons que la CoP est au début du stade de fusion.

8.2.2 Le processus de participation

Nous avons éliminé de notre analyse les deux fils de discussion : « TES spécialité » (2 messages autours de l'enseignement de mathématiques dans la terminale économique et sociale ; discussions qui n'a pas de rapport avec digiTex) et « Re : proposition pratique – projet manuel Seconde » (réponse de JW à notre proposition d'outil pour le développement du projet digiTex, § 7.3.2 ; proposition à laquelle les membres impliqués dans digiTex n'avaient pas réagit). Nous étudions la participation des membres à partir d'une analyse de chacun des fils de discussion retenus dans le tableau 54.

n°	Objet	Mi	Niveau d'activité	auteurs	Description de l'activité
10	Progression 2nde	M1 →M6 M9→M16	+2	Bernard (2); JW (6) ; Anaïs (4) ; PP, CR	Conception d'une progression pour le digiTex et articulation entre plusieurs thèmes (fonction, géométrie, etc.).
		M7 →M8	+2	CR, JW	Proposition d'une transition collège/lycée autour du thème fonction.
		M17→ M27	+1	PP(5), JW(4), Anaïs, LZ	Échange didactique autour d'un « problème préparatoire » proposé qui peut être utilisé en géométrie et fonction.
		M28 →M30	+3	LZ, AL, PP	Échanges autour de l'enseignement de mathématiques au lycée.
13	Liste mathlycée	M1 →M5	+3	JW, XOB, LZ, HG, JmD	Lancement de la liste mathlycée pour mutualiser le travail dans les différents projets Lycée.
15	Lancement	M1 →M3	+3	JW, SH, AL	Lancement de la liste Lycée. Discussion de la décision de

	liste Lycée				concentrer cette année l'attention sur la classe de seconde. Proposition de tisser des rapports avec le projet KidiLycée. SH propose de lier ceci au projet KidiLycée.
		M3 → M7	+2	AL(2), Anaïs(3)	Parler du modèle de ressources pour les projets Lycée : Le thème fonction est pris comme objet de discussion.
16	Chapitrage Seconde	M1 →M8 M10 M15	+2	JW(3), Anaïs(3), MP(2), BM(1)	Refaire le chapitrage en fonction du nouveau programme : penser dès le début de la discussion du chapitrage (lié à l'incident I1). Une première proposition qui a déclenché des discussions.
		M9 M11 →M14 M16→ M21 M22 →M24	+2	AL(3) JW(3) Anaïs(2) GM(2) BM SH	Discussion de la progression du thème « fonction ».

Tableau 54. Processus de participation durant le 2ème segment temporel

L'observation des effets d'I1 a commencé début septembre, lorsque les enseignants ont commencé à prendre en compte le nouveau programme dans leurs discussions. Dans ce segment, la participation des membres s'inscrit, majoritairement, dans les niveaux (+3) et (+2).

8.2.3 Le système de ressources communautaire de digiTex

Durant ce segment temporel, les membres ont fait une large proposition de ressources sans que l'activité de conception ne soit pourtant importante. Parmi les propositions : 3 progressions pour la seconde ; progression du thème fonction dans deux manuels. L'ensemble de ces propositions se base sur une interprétation du nouveau programme. Nous présentons, dans ce qui suit, une analyse didactique de la seule ressource conçue dans ce segment : la progression du thème fonction (fil 16).

Analyse de la ressource progression du thème fonction (fil 16)

Le contenu mathématique traité dans la ressource	La progression du thème fonction pour digiTex.
Le type de la ressource	Ressource structurante du thème fonction dans le projet digiTex
Choix didactique	Découpage classique qui suit les recommandations du nouveau programme. Lié aux choix de découpage dans le projet KidiLycée. Dans ce découpage, définition ensembliste des fonctions, suivie

	d'une étude des variations, ordre et extrema. Les équations et les inéquations ont le statut d'outils pour l'étude des fonctions. Ce choix conduit à une conception des problèmes de mise en équation au fil des chapitres. Les fonctions de référence sont données à titre d'exemple pour illustrer les propriétés des fonctions.
Progression	La progression du thème fonction correspond à celle du projet KidiLycée.
Type de réponses attendues	Pas de réponse attendue.
La stratégie d'enseignement des fonctions	Dans cette progression, on remarque la présence d'une stratégie d'enseignement partant du général au particulier : définition des fonctions, caractéristiques ; équations et inéquations comme outils et fonctions de référence comme exemples pour illustrer tout cela.
Organisation de l'enseignement des fonctions	Il n'a pas eu de discussions sur l'organisation de l'enseignement en classe du thème de fonction.

Nous considérons cette ressource comme structurante du thème fonction dans digiTex. Elle est constituée d'un découpage dit « classique », déterminé par les recommandations du nouveau programme. On y présente une définition ensembliste des fonctions, suivie d'une étude des variations, ordre et extrema. Les équations et les inéquations ont le statut d'outils pour l'enseignement des fonctions. Ce choix conduirait à une conception des problèmes de mise en équation au fil des chapitres. Les fonctions de référence sont données à titre d'exemple pour illustrer les propriétés des fonctions. Cette ressource a été conçue à la fin de ce segment temporel.

8.2.4 Des KM et KE construites au deuxième segment temporel ?

Nous commençons cette partie par une identification du problème (§ 7.7.1), nous continuons par le processus de résolution de ce problème. Nous terminons par une synthèse.

L'identification d'un problème

Nous avons pu identifier un problème lié à la pratique dans ce deuxième segment. Dans le fil « chapitrage Seconde », les membres ont rencontré un problème : quelle progression du thème fonction faut-il adopter ? La résolution de ce problème ramènerait à la construction d'une ou plusieurs connaissances qui seraient mobilisées ultérieurement lors de la conception des ressources pour ce thème.

Le processus de sa résolution

Le processus de résolution du problème a eu lieu dans le fil 10 (Annexe 26, b). Dans ce qui suit, des extraits de ce fil nous permettront d'illustrer notre analyse.

Il a eu des propositions : *« il faut se mettre d'accord pour que ça soit commun à tous les projets »* (AL, M9). JW propose une progression s'appuie sur le nouveau programme : définition et propriétés des fonctions, suivies d'un chapitre sur les fonctions référence ; les équations et inéquations sont des chapitres transversaux : *« à chaque fois qu'on rencontre un nouveau type de*

fonction, le calcul d'antécédent donne un nouveau type d'équation » (JW, M11). Anaïs propose une progression du thème fonction commençant par la définition, suivie par un chapitre sur les équations et les inéquations pour l'étude des fonctions, elle termine par des problèmes de synthèse. Les fonctions de référence sont présentées transversalement pour *« illustrer tous les aspects des fonctions »* (Anaïs, M13). Le désaccord entre Anaïs et JW se présente comme suit : *« dans ta progression, les notions transversales (équations, inéquations) font l'objet de chapitres bien identifiés, alors que les fonctions de référence* […] *se retrouvent éparpillées ... J'ai tendance à croire qu'il faudrait faire le contraire »* (JW, M14). SH avait d'autres critères à prendre en compte dans l'élaboration de la progression : *« le mieux serait d'avoir le découpage le plus classique* […] *c'est-à-dire celui repris dans la majorité des manuels »* (SH, M15). La proposition de SH a comme objectif de faciliter le mouvement systémique des différents projets Lycée de Sésamath. Après avoir vu les découpages classiques dans les différents manuels, les membres se sont mis d'accord sur un découpage prenant en compte les différents critères suscités : *« On peut utiliser les fonctions de référence pour servir d'exemple dans les chapitres plus généraux* […] *le chapitrage proposé par JW (qui cadre bien avec ceux des manuels déjà édités, ...) me semble convenir, en prenant soin d'introduire très tôt les fonctions de référence dans les exemples »* (SH, M19).

Nous remarquons que 5 personnes interviennent dans le processus de résolution du problème : AL, Bernard, JW, Anaïs et SH.

Les connaissances communautaires construites

D'après la résolution de ce problème, nous inférons deux connaissances construites : une KM qui s'inscrit dans la catégorie « connaissances mathématiques à enseigner » et une KE dans la catégorie « organisation de l'enseignement des mathématiques ».

La KM inférée d'après la résolution de ce problème : « le thème fonction se présente du général (définition, propriétés) au particulier (fonctions de référence comme exemple), les équations et inéquations ont le statut d'outil dans cette progression ». La CoP ferait appel à cette KM lors de la conception des ressources s'inscrivant dans ce thème.

La KE inférée d'après la résolution de ce problème : « la progression des thèmes doit être à la fois classique (ressembler au programme et manuels déjà existants) pour permettre à l'élève de se repérer facilement et semblable aux progressions admises dans les différents projets Lycée de Sésamath ». Les membres s'appuieraient sur cette connaissance communautaire pour concevoir de nouvelles ressources et présenter des nouveaux concepts et notions dans le cadre de digiTex. Cette KE est étroitement liée à digiTex.

8.2.5 L'organisation de la communauté du projet digiTex

Nous avons identifié de nouveaux rôles des membres dans ce deuxième segment temporel (§ 8.1.5).

3 membres renseignent 58% des messages de ce segment. Nous décrivons, dans ce qui suit, leurs rôles :

- JW (26%) : initiateur d'idées et relai des décisions prises par Sésamath pour faire face à I1 ;
- AL (12%) : coordinateur des débats entre les membres ;

- Anaïs (20%) : commentatrice des ressources proposées, elle a aussi proposé des ressources.

Ces trois membres, avec leurs rôles différenciés, ont déterminé le processus de participation dans ce deuxième segment temporel. Durant ce segment, SH (3 messages) ne figure pas parmi les trois ayant une participation importante, mais ses interventions ont assuré l'interrelation entre le projet digiTex et les différents projets Lycée de Sésamath.

En comparant les rôles des membres entre le premier et le deuxième segment, nous remarquons que certains rôles ont disparu (rôle de Bernard et LZ, § 8.4.5) tandis que d'autres ont émergé. Les rôles de BM et LZ ont disparu, parce qu'il n'y avait pas de discussion autour du wiki. AL et Anaïs ont conservé leurs rôles mais les ont adaptés à la situation après I1.

8.2.6 L'organisation des visions des membres

Nous nous appuyons sur les messages envoyés par les membres pour repérer les visions. Nous retenons plus particulièrement, dans notre analyse, les visions les trois membres ayant ici des rôles déterminants (JW, AL et Anaïs).

Pour AL, la définition formelle des fonctions est trop compliquée pour les élèves. Il faudrait l'*« aborder d'une manière visuelle »*. JW voit que le développement de la notion de fonction passe par le développement des outils (équations, inéquations) → illustration de la notion de fonction par des exemples (les fonctions de référence) → illustration des différents aspects de cette notion par des problèmes à résoudre. En revanche, Anaïs voit un développement conjoint de la notion de fonction avec la notion « équation » ; les fonctions de référence constituent des exemples pour illustrer les différents aspects des fonctions par des exemples ; elle donne le statut d'outil des fonctions dans l'enseignement des inéquations en seconde. Nous dégageons de cette analyse une divergence de visions de l'enseignement des mathématiques, notamment entre Anaïs et JW.

La vision du travail collectif de JW s'organise suivant la forme : *« la problématique de ce manuel numérique rejoint celle de KidiLycée et celle de MepLycée »* (fil 12). AL voit le développement du travail collectif dans digiTex se développer en cohérence avec la structure du travail de KidiLycée stabilisée : *« Kidimath lycée peut être un moyen de développer les différents projets autour de lui »* (fil 15). Anaïs a révélé, dans ce segment temporel, une vision du travail collectif basée sur une articulation de son propre travail avec le travail de la communauté digiTex en partageant et proposant de nouvelles ressources : *« j'avais mis ma progression sur la liste groupe_lycée, je la remets ici… »* (fil 10) ; *« voici ce qu'on (un collègue et moi) a prévu en gros* […] *on s'est inspiré d'exos donnés sur la liste mathlycée »* (fil 10) ; *« si vous voulez je vous envoie tous les documents que j'ai fait avec mon collègue… »* (fil 15). En ce qui concerne les visions du travail collectif, nous avons constaté un éloignement entre les visions des trois membres en raison de l'incompatibilité des formes qui l'engendrent.

Nous concluons de notre analyse une divergence de visions de l'enseignement des mathématiques entre les membres actifs dans ce segment temporel et un éloignement dans les visions du travail collectif (qui n'arrive pas à un degré d'opposition).

8.2.7 Synthèse de l'analyse du deuxième segment temporel

En comparant le premier et le deuxième segments, nous pouvons remarquer une reconfiguration du système de ressources communautaires en fonction d'I1 : l'ensemble des propositions de ressources et la ressource conçue réfèrent au nouveau programme. On ne parle pas des

ressources conçues pendant le premier segment temporel (sauf des atomes d'une façon marginale).

A la suite d'I1, il a eu un déséquilibre entre participation et documentation communautaire. L'équilibre est retenu à la fin de ce segment avec la conception de la progression du thème fonction : une participation qui a conduit à une ressource conçue et à une construction de KM et KE communautaires.

En ce qui concerne l'organisation de la communauté après I1, il a eu une adaptation des rôles d'AL et Anaïs à la situation après I1 ; et intervention de CA de l'association à travers JW et les propositions organisationnelles de SH. A la suite d'I1, l'organisation de la communauté a permis un investissement de la divergence des visions de l'enseignement et l'éloignement des visions du travail collectif dans la construction des connaissances communautaires.

Nous pouvons dire que le monde de la CoP (caractérisé par l'interaction entre l'organisation des visions et l'organisation de la communauté) a conduit au maintien de l'équilibre entre participation et documentation.

8.3 Analyse de la documentation dans digiTex, troisième segment temporel

Ce segment temporel s'étale du début octobre à début mars 2010. Sur la liste de diffusion, il correspond aux fils de discussion 17 à 42. Le troisième segment temporel est lié à l'incident I2 : intégration des ressources des différents projets de lycée dans le système de ressources communautaires de digiTex.

Nous commençons cette partie par l'étude de l'état du développement de la CoP (§ 8.3.1). Nous poursuivons par l'analyse du processus de participation (§ 8.3.2) et l'état du système documentaire communautaire (§ 8.3.3). Nous repérons une mobilisation des KE et KM communautaires construites dans le deuxième segment temporel (§ 8.3.4). Nous terminons par l'approche de l'organisation de la communauté (§ 8.3.5) et de l'organisation des visions des membres (§ 8.3.6) et une synthèse reposant sur un croisement des analyses (§ 8.3.7).

8.3.1 Stade de développement de la CoP

Nous conduisons notre analyse à partir des fils de discussion 17 à 42 (tableau 55, les fils de discussion qui correspondent au deuxième segment temporel se trouvent à l'annexe 26).

N°	Titre	Listes	Début	fin	initiateur	Nb msg
17	manuel atomique suite	groupe_lycée	02-oct-09	02-oct-09	AL	1
18	fixer les chapitres	Lycée	02-oct-09	06-oct-09	SH	32
19	nomenclature des fichiers	Lycée	09-oct-09	09-oct-09	AL	3
20	enseignants sur Lyon	Lycée	18-oct-09	21-oct-09	HS	4
21	manuel seconde, réunion ?	Lycée	08-déc-09	10-déc-09	HS	10

22	Kidimath_DS _2N2	Kidilycée	09-déc-09	09-déc-09	PP	16
23	2N2	Kidilycée	09-déc-09	11-déc-09	SH	11
24	nouveaux inscrits	KidiLycée	10-déc-09	10-déc-09	AL	1
25	En ligne	KidiLycée	10-déc-00	10-déc-09	AL	1
26	2G1 méthode 1	KidiLycée	10-déc-09	10-déc-09	FB	4
27	[G3] Espace-cadeau de noël	KidiLycée	20-déc-09	20-déc-09	Anaïs	6
28	[G3] Espace	KidiLycée	20-déc-09	21-déc-09	PP	5
29	Kidimath_DS _2G2	KidiLycée	24-déc-09	30-déc-09	PP	4
30	nouvel inscrit	KidiLycée	04-janv-10	05-janv-10	AL	2
31	XML 2N2	KidiLycée	08-janv-10	11-janv-10	JW	2
32	Kidimath_cor _DS_2G1ex1	KidiLycée	10-janv-10	12-janv-10	FK	6
33	Kidimath_QC M_2N2	KidiLycée	08-janv-10	14-janv-10	AL	10
34	Kidimath_DS _2G2	KidiLycée	22-janv-10	24-janv-10	PP	4
35	animations flash	KidiLycée	24-janv-10	24-janv-10	SH	4
36	cours 2N1 début	KidiLycée	27-janv-10	29-janv-10	AL	11
37	1er jet pour voir	KidiLycée	30-janv-10	30-janv-10	SH	12
38	cours 2N1 suite	KidiLycée	01-févr-10	19-févr-10	AL	23
39	Kidimath_cor _DS_2G1ex4	KidiLycée	03-févr-10	04-févr-10	AJ	3
40	postes supprimés	KidiLycée	03-févr-10	04-févr-10	BC	9
41	Kidimath_cor _DS_2G1, exo2	KidiLycée	18-févr-10	02-mars-10	LG	6
42	XML 2G2	KidiLycée	19-févr-10	22-févr-10	PP	4
Total						**194 messages**

Tableau 55. Présentation des fils de discussion correspondant à la participation au 3ème segment temporel

Le fil de discussion « postes supprimés » est hors sujet. Il ne concerne pas le projet digiTex.

Engagement mutuel

Parmi les 10 membres qui ont initié des fils de discussion dans ce segment temporel, 7 ont fait des propositions pour s'engager dans une activité communautaire :

- AL a fait des propositions pour concevoir une structure des chapitres de manuel (synthétiser des propositions des membres) et l'indexation de cette structure (proposer une nomenclature des chapitres sous la forme d'index compatibles avec les indexations du projet KidiLycée) ;
- SH a lancé une proposition d'une ressource animée : *« Tout jeune flasheur cherche animation ! Mais il faudra être indulgent, je débute ! En tous cas, je serai ravi si ça peut aider un peu ce beau projet »* (M1, fil 35) ;
- PP, FB, FK, AJ, LG, JW ont conçu des ressources de différents types (cours, exercices, QCM, DS et corrigés de DS) et les ont mises à disposition des membres.

Dans ce segment temporel, AL a joué un rôle de coordination des différentes activités. Nous le précisons dans I2 : AL est le responsable de KidiLycée, projet qui est le plus avancé (en ce moment) parmi les projets Lycée de Sésamath.

Les ressources proposées par les membres sont des ressources conçues par les membres pour leur propre enseignement. Diverses interprétations du nouveau programme scolaire ont été discutées à plusieurs reprises par les membres. En revanche, il a eu une activité de conception de ressources importante dans ce segment temporel (9 ressources). Chacune de ces ressources a formé un objet de discussion important entre les membres. En fonction de ces discussions, la ressource a subi des modifications (4 versions pour certaines ressources) (elles sont détaillées dans le § 8.3.3).

A la fin de ce segment temporel, on a commencé à développer des ressources avec animation. Le passage des ressources OpenOffice (.odt) à des ressources avec animation (.swf) a stimulé de petites discussions à propos du passage de .odt à .swf dans le but d'optimiser la tâche des développeurs. Voici un exemple de ces discussions :

> **GG :** *Pour de prochaines animations, je me demandais s'il ne serait pas plus pratique de proposer d'abord un document word avec le contenu et la description des animations. C'est plus facile à modifier, à relire et à faire évoluer (que de modifier directement le flash ensuite).*
>
> **AL :** […] *vu le temps en effet qu'il me faut pour modifier les animations, c'est une bonne idée, pour les fichiers de cours au moins… Ceci dit, ce serait chouette que ce soit quelqu'un d'autre que celui qui fait les anims qui fasse ce pré-travail. »* (Extraits du fil 38)

Entreprise commune

A la suite d'I2, AL et SH ont pris l'initiative de faire des propositions pour développer le projet commun : relancer une discussion sur le chapitrage du manuel (fil « fixer les chapitres ») ; assurer une indexation des fichiers qui conviennent aux différents projets Lycée (fil 19 intitulé « nomenclature des fichiers ») ; implication des nouveaux animateurs dans l'équipe : *« Notre équipe se compose donc de nouveaux flasheurs pour les DS et QCM, de rédacteurs de sujets, de flasheurs pour les cours et exos corrigés, de relecteurs attentifs et par la suite pourquoi pas de développeurs MeP pour de futurs exercices animés »* (M1, fil 30). SH a proposé de faire les premières animations flash des fichiers et a sollicité les membres pour participer à la conception

des ressources animées : *« Si même moi j'arrive à faire une animation, c'est dire si tout le monde peut y arriver...Y en a même qui savent très bien flasher déjà sur cette liste »* (M1, fil 37).

Répertoire partagé

Nous avons repéré des termes spécifiques qui reflètent la nature de l'engagement durant ce segment temporel : la nomenclature des fichiers qui résulte de I2 (2N : pour les chapitres autour du thème fonction en seconde ; 2G : pour les chapitres autour du thème géométrie pour la classe de seconde), cette nomenclature est la même dans les différents projets de Sésamath en particulier MathenPoche ; animation, animées pour les ressources ; Kidimath, MathenPoche qui sont des termes introduits reflétant l'effet de I2, la mutualisation des ressources des différents projets Lycée.

Dix ressources sont conçues durant ce segment (§ 8.3.3). Le répertoire partagé s'est ainsi développé d'une façon importante dans ce segment temporel : un chapitrage a été réalisé, en cohérence avec l'ensemble des autres projets Lycée.

D'après l'analyse présentée, nous pouvons dire que nous sommes toujours au stade de fusion de la communauté (même si des indices annonciateurs d'un passage prochain à un stade de maturation de la CoP, comme l'implication des nouveaux membres animateurs flash commencent à apparaître).

8.3.2 Le processus de participation

Nous avons éliminé du cadre de notre analyse de la participation des membres au troisième segment temporel les trois fils de discussion :

- les deux fils intitulés « enseignants sur Lyon » ; « manuel Seconde réunion », dont nous étions les initiateurs. Le premier (« enseignants sur Lyon ») est pour faire le choix d'un enseignant à suivre individuellement (§ 7.3.3). Le deuxième (« manuel Seconde réunion ») où nous avons proposé aux enseignants de faire une réunion pour discuter autour de leur projet. Cette proposition n'a pas eu d'échos auprès des membres. Notre intervention constitue un effet du contrat méthodologique (§ 4.2.1) ;
- le fil « postes supprimés » qui ne correspondent pas au processus de participation des membres dans le cadre de réalisation du projet commun. La discussion entre les membres dans ce fil porte sur la suppression des postes qui a eu lieu dans l'enseignement scolaire.

Nous présentons, dans le tableau 56, la participation des membres sous la forme d'une analyse de chacun des fils de discussion retenus.

N°	Sujet	Mi	Niveau d'activité	auteurs	Description de l'activité
17	Manuel atomique suite	M1	+3	AL	Proposition de faire un manuel prof intégré dans le manuel numérique
18	Fixer les chapitres	M1 →M7 M9, M14, M16	+2	SH(2) AL(2) Anaïs(2) XOB	Discussion du chapitrage du manuel. Dans les discussions, les membres prennent en compte la structure adoptée dans le projet Kidimath.
		M8	+2	Anaïs JW(2)	Reprise de discussion sur la

		M10→M13		AL ; SH	progression de seconde en mobilisant la KM construite au deuxième segment temporel (§8.2.4).
		M15, M17→M19 M26, M27	+2	MP(2) XOB ; GM AL(2)	Discussion autour de la progression du thème géométrie
		M20 →M25	+2	Anaïs (3) JW MP AL	Présentation d'une discussion autour du nouveau programme pour la classe de seconde
		M28 →M30	+3	Anaïs, AR XOB	Discussions générales autour de l'évaluation de l'enseignement des mathématiques
19	Nomenclature des fichiers	M1 →M3	+2	AL, SH, JW	Fixation du chapitrage du manuel et progression de chacun de ses thèmes ; indexation de chacun des chapitres.
22	Kidimath_DS_ 2N2	M1 →M12	+1	PP(6) AL MP(3) Anaïs (2)	PP conçoit un DS, les membres, notamment MP et Anaïs, font des relectures et des commentaires. PP modifie ensuite.
		M13 →M15	+3	MP, PP, AL	Discussion autour de l'utilisation d'un logiciel de traitement de texte pour la rédaction des symboles mathématiques.
23	2N2	M1 →M7	+2	Anaïs(2) AL(2), PP, SH, MP	Une discussion lancée par SH autour du découpage du chapitre 2N2. Les membres font des propositions.
		M7 →M11	+3	MP(2); PP(2), GG	Discussions autour de l'enseignement dans leurs lycées.
24	Nouveaux inscrits	M1	+3	AL	L'annonce de l'inscription de nouveaux membres sur la liste KidiLycée.
25	En ligne	M1	+2	AL	Mise en ligne d'une correction de 2G1.
26	2G1 méthode 1	M1→M4	+1	AL(2) FB(2)	Commentaire de la ressource 2G1.
27	[G3] Espace cadeau noël	M1 →M6	+2	Anaïs (3) JW(2) BC	Discussion du processus d'animation d'une ressource autour de la géométrie dans l'espace
28	[G3] Espace	M1 →M5	+1	PP(2), GG, JW, Anaïs	PP propose un problème de son propre travail d'enseignement de la géométrie, à partir de sa conception

					d'un DS pour Kidimath Lycée.
29	Kidimath_DS_2G2	M1 →M4	+1	PP(2), GG, FB	PP conçoit un DS pour 2G2. Les membres commentent la ressource pour qu'elle soit ensuite modifiée par PP.
30	Nouvel inscrit	M1, M2	+3	AL, SH	Inscription de LZ sur la liste Kidimath Lycée, animateur flash expérimenté
31	XML 2N2	M1, M2	+2	SH, JW	La mise en ligne de la structure du chapitre 2N2.
32	Kidimath_cor_DS_2G1ex1	M1 →M5	+1	FK(2), FB, AL(2)	FK conçoit un corrigé du DS se rapportant au chapitre 2G1. Cette ressource a été relue et commentée par les membres. FK a modifié la ressource en fonction de ces commentaires
33	Kidimath_QCM_2N2	M1 →M10	+1	AL(5), Anaïs(2) FB, MP, Bernard	Proposition d'un QCM se rapportant au chapitre 2N2. Commentaire et relecture de cette ressource par les membres.
34	Kidimath_DS_2G2	M1 →M4	+1	Bernard, MP, AL(2)	Suite du fil 29. Modification de la ressource DS en fonction des commentaires des membres.
35	Animations flash	M1 →M4	+3	SH, LZ, AL(2)	Proposition faite par SH de faire une animation flash de n'importe quelle ressource en précisant qu'il est débutant (cette proposition est donc faite à titre d'essai).
36	Cours 2N1 début	M1 →M11	+1	AL(5), FB, GG(2), MP(2), AJ	AL conçoit un cours animé du chapitre 2N1. La ressource a été relue et commentée par les membres, puis modifiée par AL.
37	1er jet pour voir	M1 →M12	+1	SH(3), JW, PP, MP(3), GG, Anaïs, FK, XOB	SH propose sa première ressource animée autour d'une méthode pour étudier le sens de variation d'une fonction. Une discussion de cette ressource a eu lieu. La ressource est ensuite modifiée par SH.
38	Cours 2N1 suite	M1 →M23	+1	AL(9), Anaïs(3), GG(5), PP(2), MP(3), FB	Commentaire et relecture de la ressource proposée par AL et modification ensuite par AL.
39	Kidimath_cor_DS_2G1ex4	M1 →M3	+1	AJ, GG, AL	AJ conçoit un corrigé animé d'un exercice dans le DS se rapportant au chapitre 2G1.
41	Kidimath_cor_	M1 →M6	+1	LG(2),	LG conçoit un corrigé animé d'un

	DS_2G1, exo2			AJ(2), FB, Anaïs	exercice dans le DS se rapportant au chapitre 2G1. Il a été relu et commenté par les membres pour être ensuite modifié par LG.
42	XML 2G2	M1 →M4	+2	PP(2) AL, Anaïs	Discussion du découpage du chapitrage en parties. Un premier découpage a été proposé par PP.

Tableau 56. Participation des membres durant le 3ème segment temporel

Dans la participation des membres, nous avons remarqué des effets d'I2. Ils ont commencé à prendre en compte ce qui a été réalisé dans les différents projets Lycée en particulier Kidimath. Les membres ont commencé à préparer des ressources suivant un chapitrage et une nomenclature uniques s'inscrivant majoritairement dans les deux niveaux : (+2) où on conçoit et on commente les progressions des thèmes du manuel et la structure des chapitres ; et (+1) où on conçoit, on relie, on commente et on modifie des ressources de différents types (QCM, cours, exercices et DS).

Le chapitrage du manuel numérique pour la classe de seconde fixé par les membres participant à digiTex

La partie nommée « numérique » correspond au thème fonction du programme de 2nde (acronyme 2N). Elle est formée des chapitres suivants :

2N1 : Fonctions : image, antécédents et représentation graphique.

2N2 : Variations et extrema de fonctions.

2N3 : Fonctions de référence.

2N4 : Équations, inéquations et problèmes.

2N5 : Trigonométrie.

« la résolution des équations et inéquations sera transversale, c.à.d. qu'on pourra en parler dans les différents chapitres, le chapitre N4 permettant de faire un bilan des techniques rencontrées (ainsi, il ne sera pas si gros que cela, le bilan sera fait autour de la résolution de problèmes) » (AL, fil de discussion « nomenclature des fichiers).

La partie nommée « géométrie » correspond au thème géométrie du programme de 2nde (acronyme 2G). Elle est formée des chapitres suivants :

2G1 : Repérage : distance et milieu

2G2 : Géométrie dans l'espace

2G3 : Vecteurs 2G4 : Équations de droites

La partie nommée « probabilités et statistiques » correspond au thème probabilités et statistiques du programme de 2nde (acronyme 2PS). Elle est formée des chapitres suivants :

2PS1 : statistiques descriptives.

2PS2 : probabilités sur un ensemble fini.

2PS3 : échantillonnage.

Encadré 10. Chapitres du manuel numérique fixés par les membres de digiTex

8.3.3 Le système de ressources communautaire de digiTex

Il y a eu une activité de conception de ressources importante dès le début du segment temporel. Nous l'imputons à I2. L'intégration des ressources des différents projets Lycée a pris la forme de propositions aux membres pour concevoir des ressources en s'appuyant sur ces dernières.

Nous avons remarqué, avec l'implication des animateurs flash et après la formation suivie par certains membres à un stage de formation de l'animation flash, l'enrichissement du système de ressources communautaires par des ressources animées conçues par les membres, qu'il s'agisse de cours ou de corrigés.

Dix ressources, conçues dans ce segment temporel, s'inscrivent dans le cadre de la réalisation du projet commun :

- la structure des chapitres du manuel (voir encadre 11) ;
- la structure du chapitre 2N2 intitulé « variations et extrema de fonctions » ;
- la ressource « cours du chapitre 2N1 » intitulé « Fonctions : image, antécédents et représentation graphique » ;
- deux ressources : un DS et un QCM pour le chapitre 2N2 ;
- une ressource DS pour le chapitre 2G2 intitulé « géométrie dans l'espace » ;
- une ressource portant sur le chapitre 2G1 ;
- trois ressources sur des exercices d'un DS pour le chapitre 2G1.

Nous présentons, dans ce qui suit, une analyse didactique des ressources portant sur le thème fonction.

<u>La ressource « structure du chapitre 2N2 »</u>

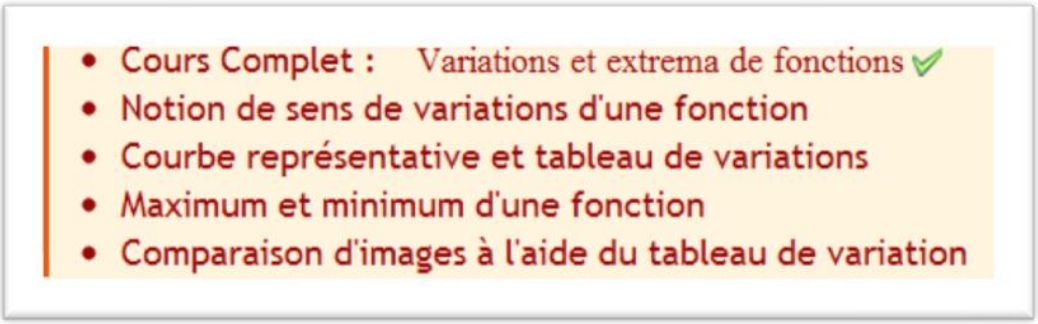


Figure 34. Structure du chapitre 2N2 admis par les membres

Le contenu mathématique traité dans la ressource	La structure du chapitre 2N2 de digiTex intitulé « variations et extrema de fonctions ».
Le type de la ressource	Structure d'un chapitre sur les fonctions en seconde
Choix didactique	Les membres ont choisi de mettre le tableau de variations avec l'interprétation des courbes, puis de passer à une construction du tableau de variations à partir du calcul.
Progression	Ce chapitre vient après le premier chapitre où on définit les fonctions et les vocabulaires qui y sont rattachés, ainsi qu'une visualisation graphique de cette notion.

Type de réponses attendues	Pas de réponse attendue.
La stratégie d'enseignement des fonctions	La stratégie défendue par les choix didactiques est liée à une gradation des difficultés.
Organisation de l'enseignement des fonctions	Il n'a pas eu de discussion sur l'organisation de l'enseignement en classe du thème fonction.

La ressource « cours du chapitre 2N1 »[37]

Le contenu mathématique traité dans la ressource	Cours du chapitre 2N1. Il est constitué de trois parties : notion de fonction, courbe et tableau de valeurs et équations (voir figure 35).
Le type de la ressource	cours
Choix didactique	Les membres ont choisi : - de définir la notion de fonction en définissant l'ensemble de définition ainsi que les méthodes de calcul de l'image et de l'antécédent ; - courbe et tableau de valeurs : tracé d'une courbe à partir d'un tableau de valeurs ; lecture graphique d'images et d'antécédents d'une fonction ; - équations : présentation d'une méthode graphique de résolution d'équations de types $f(x) = K$ et $f(x) = g(x)$.
Progression	C'est le premier chapitre sur les fonctions. C'est dans ce cours que les élèves rencontrent pour la première fois cette notion.
Type de réponses attendues	Pas de réponse attendue.
La stratégie d'enseignement des fonctions	La stratégie défendue par les choix didactiques est liée à une gradation des difficultés.
Organisation de l'enseignement des fonctions	Il n'a pas eu de discussion sur l'organisation de l'enseignement en classe du thème fonction.

[37] La ressource se trouve à l'adresse http://mathenpoche.sesamath.net/#2_N2 → sous-titre « j'apprends et j'applique » →il faut cliquer sur « cours complet »

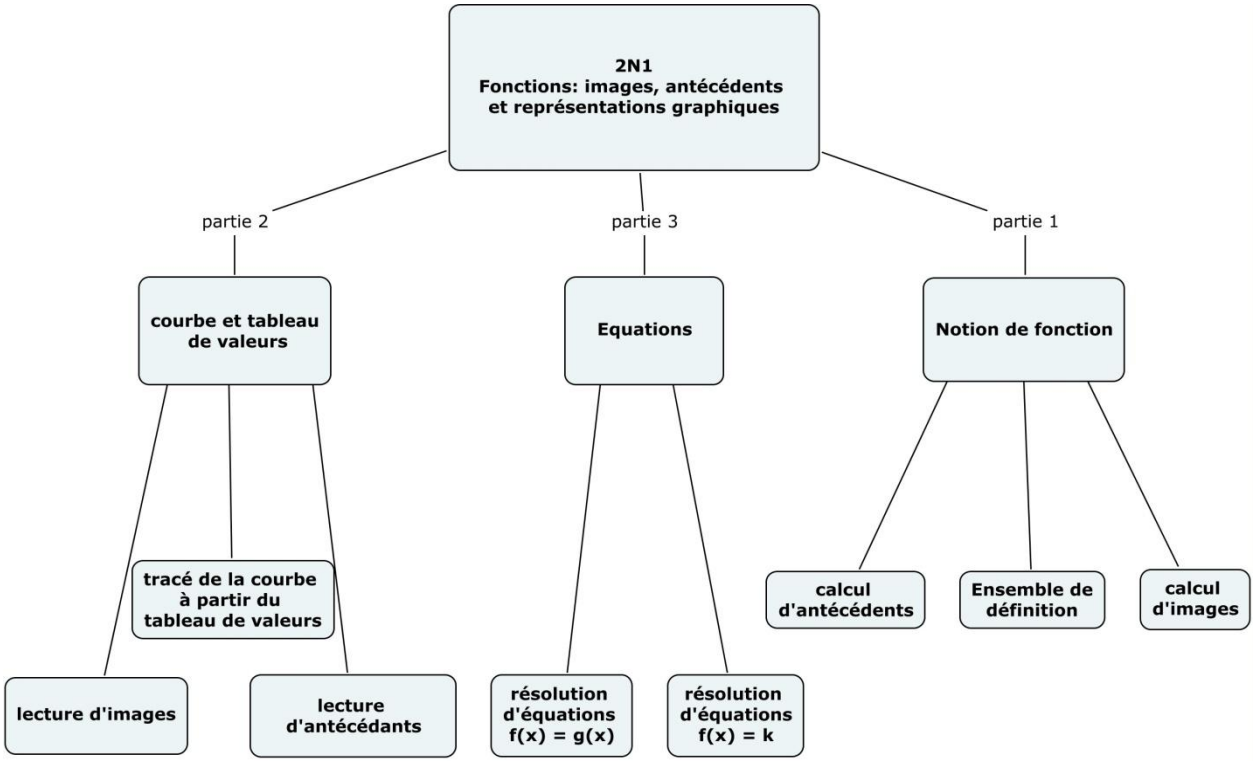


Figure 35. Diagramme que nous avons réalisé pour illustrer la structure du cours du chapitre 2N1

<u>La ressource « QCM 2N2 » (Annexe 23, a)</u>

Le contenu mathématique traité dans la ressource	Dans cette ressource sont proposées des questions portant sur le chapitre 2N2 et qui récapitulent le cours et les méthodes du chapitre
Le type de la ressource	QCM
Choix didactique	Dans ce QCM, les membres ont choisi de demander aux élèves : - d'interpréter un tableau de variations pour trouver, image, antécédent et tableau de variations ; - de faire correspondre une courbe représentative à un tableau de variations ; - d'interpréter une représentation graphique d'un graphique pour déterminer : ensemble de définition, sens de variation sur un intervalle et signe de la fonction sur un intervalle.
Progression	Le QCM a lieu à la fin du chapitre 2N2 pour récapituler les connaissances des élèves.
Type de réponses attendues	Plusieurs réponses sont possibles à une même question du QCM.
La stratégie d'enseignement des fonctions	Non explicité dans les discussions.

Organisation de l'enseignement des fonctions	Le QCM est conçu de façon à permettre aux élèves de travailler en autonomie cette ressource.

<u>La ressource « DS 2N2 » (Annexe 23, b)</u>

Le contenu mathématique traité dans la ressource	La ressource est formée de trois exercices : - dans le premier exercice, la consigne est d'étudier l'aire d'un triangle rectangle en fonction de la longueur variable d'un de ses côtés ; - dans le deuxième, on vise à interpréter graphiquement le sens de variation de la fonction $f(x) = -x^4 + 0{,}5x^2$ sur $[-10; 10]$; - dans le troisième, il s'agit de calculer la variation de la hauteur d'une balle de golf, lancé par un joueur, en fonction du temps (on appelle la fonction *h(t)*) et ensuite de tracer la courbe.
Le type de la ressource	Un DS comprenant trois situations-problèmes.
Choix didactique	Dans le premier exercice, la modélisation de la situation géométrique est faite par le concepteur. L'élève a un rôle de justification de la modélisation. Dans le deuxième exercice, l'élève doit mener son interprétation à partir de l'argumentation d'une réponse fausse donnée par un élève imaginaire. Dans le troisième exercice, on vise à tracer la courbe de la fonction en s'appuyant simultanément sur le tableau de variations donné et sur un tableau de valeurs que l'on construit.
Progression	Le DS a lieu à la fin du chapitre 2N2 pour évaluer les connaissances des élèves.
Type de réponses attendues	Il n'est pas demandé de construction de preuves, mais plutôt des justifications par des opérations algébriques et calculatoires.
La stratégie d'enseignement des fonctions	Les exercices sont construits de façon à permettre à l'élève d'auto-évaluer ses réponses pour mieux contrôler son processus de résolution. Dans l'exercice 2, le passage de la situation géométrique au modèle mathématique est effectué par le concepteur de la ressource. L'élève doit simplement valider le modèle.
Organisation de l'enseignement des fonctions	C'est un DS, il est donc conçu pour être donné à l'élève qui devra le résoudre individuellement.

Pour synthétiser notre approche du système de ressources communautaires dans ce troisième segment temporel, nous pouvons dire que l'I2 a contribué à une évolution importante dans ce système. Les processus de conception du manuel passent par plusieurs étapes : la conception des chapitres du manuel, la conception d'une structure pour chaque chapitre ; et enfin une conception des ressources de ce chapitre. Dans ce segment temporel, nous avons identifié la conception d'un cours pour le chapitre 2N1, un DS et un QCM pour le chapitre 2N2.

Dans les choix didactiques effectués, les membres s'appuient sur l'entrée graphique pour l'enseignement des fonctions (visualisation graphique, interprétations des courbes, méthodes graphiques pour identifier les images et les antécédents). Dans les ressources conçues dans ce segment temporel, il n'y a pas de démonstration à construire, il s'agit plutôt d'opérations algébriques et calculatoires. Dans le processus de conception des ressources identifiées dans le troisième segment temporel, on remarquera l'absence de discussions autour du processus de l'organisation de l'enseignement des fonctions à partir des ressources conçues dans ce segment temporel.

8.3.4 Des KM et KE mobilisées dans le troisième segment temporel

Nous n'avons pas relevé de problèmes liés à la pratique de la CoP dans ce segment. Par contre, nous avons constaté une mobilisation des connaissances inférées au deuxième segment temporel (§ 8.2.4).

Mobilisation de la KE communautaire construite au 2ème segment temporel

La KE communautaire « la progression des thèmes doit être à la fois classique (ressembler au programme et manuels déjà existants) pour permettre à l'élève de se repérer facilement et semblable aux progressions admises dans les différents projets Lycée de Sésamath » a été mobilisée dans le troisième segment temporel. Cette connaissance a constitué un point d'appui important pour les activités communautaires influencées par I2.

La mobilisation de cette connaissance s'est manifestée par des expressions utilisées par les membres lors des discussions : *« Pour avancer dans les chapitres et le travail collaboratif dans KidiLycée* [...] *»* (M1, fil 18) ; *« Pour le projet KidiLycée, je pense au contraire que c'est un vrai argument. On accompagne la scolarité. Il faut que les élèves puissent se repérer »* (M4, fil 18) ; *«* […] *ce n'est pas trop gênant pour Kidimath, au contraire. Si le projet de manuel numérique peut déboucher, alors tel qu'il est envisagé, il n'y aura pas de chapitrage défini mais pleins de façons différentes d'agencer les atomes. Même chose pour MeP* […] *»* (M5, fil 18). La mobilisation s'est révélée lors de la conception d'une structure pour le chapitre 2N2. Lors d'une proposition de structure, SH annonce : *« Une remarque concernant le dernier point : "Comparaison de nombres". Je n'ai rien trouvé dans MathenPoche (chapitre fonctions en 2nde) qui permet d'illustrer ça : je pense qu'il y a donc plusieurs exos à construire »* (M1, fil 31).

Mobilisation de la KM construite au deuxième segment temporel

La KM communautaire « le thème fonction se présente du général (définition, propriétés) au particulier (fonctions de référence comme exemple), les équations et inéquations ont le statut d'outil dans cette progression » a été mobilisée dans ce segment temporel. Elle a constitué un point d'appui important sur les activités communautaires de conception des progressions des chapitres et la conception des ressources pour ces chapitres.

Nous avons repéré la mobilisation de cette connaissance à plusieurs reprises dans le cas de difficultés liées à la conception des ressources pour le thème fonction. Par exemple, lors de la discussion sur la structure des chapitres dans la progression, comment présenter les fonctions de référence ? Comment illustrer, dans la structure des chapitres, le statut d'outil des équations et des inéquations ?

Lors des discussions, Anaïs a suggéré : *« Je persiste à penser que chaque chapitre doit être illustré avec chacune des fonctions de référence »* (M8, fil 18), et en ce qui concerne l'illustration du statut d'outil des équations et des inéquations, elle a annoncé, en s'appuyant sur son interprétation du programme : *« Le programme insiste bien sur le fait que les deux principaux types de problèmes sont les problèmes de type f(x)= k et f(x) <k et qu'il faut mêler aspect graphique et algébrique »* (M8, fil 18). JW affirme : *« Je comprends l'idée de casser le chapitre en deux mais le fait de placer la résolution d'équations avant 2N4… »* (M10, fil 18). Nous inférons que la compréhension a comme source la KM construite.

En analysant la structure et le contenu du cours du chapitre 2N1 (figure 35), nous constatons que la KM est mobilisée dans le travail de conception de la ressource « cours_2N1 » dans ce troisième segment temporel : dans la partie 1 de ce cours, on donne des exemples sur des fonctions affines. Les équations, dans la partie 3 (figure 35), sont présentées comme outil pour la résolution des équations de type $f(x) = k$ qui revient selon la ressource *« à déterminer les antécédents de la fonction pour une image égale à k »*.

Synthèse sur les KM et KE mobilisées dans ce segment temporel

La mobilisation des KM et KE antérieurement construites a contribué de manière importante à accélérer l'activité de conception de ressources dans le 3ème segment temporel. Cette mobilisation marque un certain renforcement de la place de ces connaissances communautaires, qui tendraient à être communément partagées par les membres de la CoP.

8.3.5 L'organisation de la communauté du projet digiTex

Nous avons constaté une réorganisation importante des rôles des membres à la suite d'I2. Sept membres ont renseigné 81% des messages de ce segment temporel. Nous avons identifié 4 rôles pour ces 7 membres (certains avaient un double rôle) que nous décrivons en regard du pourcentage de leurs messages dans ce segment temporel :

- AL (25%) : coordinateur des débats entre les membres, il synthétisait les discussions pour en dégager les idées dans la perspective d'assurer des rapports entre digiTex et les projets Lycée. AL a joué un autre rôle dans ce segment temporel comme concepteur et modificateur de ressources animées (par exemple la conception du cours pour le chapitre 2N1) ;
- Anaïs (13%), MP (12%), GG (8%) et FB (4%) : relecteurs et commentateurs des ressources proposées par les concepteurs ;
- PP (14%) : concepteur et modificateur des ressources. PP concevait des ressources animées et des ressources au format .odt ;
- SH (6%) : accompagnateur du rôle d'AL dans la coordination des débats. Il assurait le lien entre les décisions prises dans le CA de Sésamath et le développement des projets Lycée pour faire face à I2.

Dans le processus de conception de ressources, nous avons remarqué que le concepteur initial de la ressource était celui qui la modifiait ensuite en fonction des commentaires et des relectures des membres. A la suite d'I2, des nouveaux rôles de membres ont émergé (PP, MP, GG et FB) tandis que d'autres membres ont conservé leur rôle en l'adaptant à la nouvelle situation après I2. AL a ajouté le rôle de concepteur de ressources à son rôle de coordinateur.

Ces membres, avec leurs rôles différents, ont déterminé le processus de participation. Il en a résulté une conception de 10 ressources pour 192 messages échangés.

8.3.6 L'organisation des visions des membres

Dans ce segment temporel, nous nous appuyons sur les messages envoyés par les membres pour repérer les visions, notamment ceux des sept membres ayant des rôles déterminants dans ce troisième segment temporel.

Ce segment temporel se distingue par un important travail de relecture et de commentaire des ressources. Lors de la relecture des ressources, les membres ont fréquemment apporté des commentaires sur le mode de présentation du savoir à enseigner dans les ressources ; les concepteurs participaient également à ces discussions. Voici quelques exemples de discussions sur la présentation du savoir d'après des extraits des messages échangés dans ce segment temporel : *« Est-ce que, par exemple dans les questions 11,12 et 13, on considère que les points (-2;0) et (2;-2) sont des points de la représentation ? J'ai l'habitude de les marquer avec un "gros" point lorsque c'est le cas et un point "vide" sinon... »* (MP, M9, fil 33) ; « GG : *Sur la définition, je n'adhère pas trop sur le "... dont l'image est calculable". Je mettrais plutôt "dont l'image existe" ;* MP : *Une fois qu'on remplace "que l'on peut calculer" par "existe", il me parait inutile de compliquer... »* (M3 et M4, fil 36) ; *« La formulation "auxquels on ajoute ..." ne me semble pas très heureuse ... pourquoi ne pas en profiter pour employer le vocabulaire : cet ensemble est la réunion de l'ensemble des nombres strictement inférieurs à 4 et de l'ensemble des nombres strictement supérieurs à 4 »* (Anaïs, M2, fil 38) ; *« Ne serait-il pas judicieux de noter en début de résolution quelque chose comme "dans ..., les équations suivantes sont équivalentes"?... J'ai vu une notation bien agréable dans des fichiers post-bac : le x<4 mis au-dessus du symbole <=> au moment de son utilisation... »* (M9, MP, fil 38). Ces exemples révèlent une forme constitutive des KM et KE : « La présentation du contenu mathématique dans la ressource détermine le processus de construction du savoir ». Cette forme est quasiment identique pour tous les membres. Nous parlons, en effet, d'une convergence des visions des mathématiques des membres dans ce troisième segment temporel.

Nous avons relevé une forme qui mobilise des KM et KE chez les membres et provoque des discussions didactiques importantes entre les membres : *« le 2N4 de JW est beaucoup trop gros : les inéquations c'est très dur pour les élèves »* (Anaïs, M8, fil 18) ; « Anaïs : *Dans l'ensemble, ça me semble assez long et assez difficile ;* PP : *Mais les élèves auront accès à une correction détaillée pour chaque question...* » (fil 33) ; *« ça n'a pas de sens parce que c'est sans doute trop vague et les élèves ont beaucoup de mal à s'y retrouver »* (Anaïs, M8, fil 37) ; *« Même si Kidimath n'est pas un cours prof, je pense qu'une gradation dans la difficulté est bien quand même »* (AL, M4, fil 23). Nous identifions cette forme comme suit : « présenter le savoir suivant une gradation des difficultés ». C'est une forme constitutive des KM et KE, qui engendre les visions de l'enseignement des mathématiques des membres dans ce troisième segment temporel.

Nous avons remarqué la présence d'une convergence dans les formes constitutives du mode de conception de ressources : conception d'une ressource par un membre → relecture et

commentaire de la ressource par d'autres membres → modification de la ressource par le concepteur et proposition d'une nouvelle version. Cette forme est répétitive pour chaque nouvelle version de la ressource. Des exemples illustrent ces formes dans le troisième segment temporel : « Kidimath_DS_2N2 » (fil 22) ; « Kidimath_QCM_2N2 » (fil 33).

En fonction des activités communautaires qui ont eu lieu dans ce segment temporel, nous pouvons dire qu'il y a une convergence et un rapprochement des visions des membres, ce qui a renforcé le processus de documentation communautaire.

8.3.7 Synthèse de l'analyse du troisième segment temporel

Nous avons remarqué que le processus de participation avait subi une accélération importante à cause de I2. La grande majorité de la participation s'inscrit dans des activités de niveaux (+1) et (+2) dans un mouvement de conception de ressources pour le digiTex. I2 a renforcé le fait que les activités s'inscrivent dans le niveau (+1). Cette participation a pris comme point d'appui la documentation communautaire. La documentation s'est accélérée en raison de l'interaction entre d'une part, le système de ressources communautaires, qui a connu un enrichissement à l'issue d'I2, et d'autre part, les KM et KE communautaires construites dans le deuxième segment temporel qui ont été mobilisées. I2 a renforcé l'équilibre entre les deux processus de documentation et de participation. L'ensemble des ressources conçues dans ce troisième segment temporel s'est développé autour des ressources issues des différents projets Lycée (qui étaient à l'origine de l'I2).

L'équilibre entre les deux processus de participation et documentation s'est renforcé par la convergence des visions des membres, en particulier pour ce qui concerne le travail collectif et l'enseignement des mathématiques. Cette convergence de visions a maintenu l'équilibre entre les deux processus de participation et de documentation.

8.4 Analyse de la documentation dans digiTex, quatrième segment temporel

Ce segment temporel s'étale entre début mars 2010 et le milieu du mois d'avril 2010. Sur la liste de diffusion, il correspond aux fils de discussion 43 jusqu'à 59. Le quatrième segment temporel vient à la suite d'I3 : Intégration d'un logiciel de dézonage des fichiers PDF (§ 7.5.1). I3 a conduit à des conceptions d'exercices interactifs. Les échanges entre les membres ont eu lieu plus particulièrement sur la liste « KidiLycée ».

Nous commençons cette partie par l'étude de l'état du développement de la CoP (§ 8.4.1). Nous poursuivons par l'analyse du processus de participation (§ 8.4.2) et l'état du système documentaire communautaire (§ 8.4.3). Nous étudions une KE communautaire construite dans ce quatrième segment temporel (§ 8.4.4). Nous terminons par l'approche de l'organisation de la communauté (§ 8.4.5) et de l'organisation des visions des membres (§ 8.4.6) et une synthèse (§ 8.4.7).

8.4.1 Stade de développement de la CoP

Nous conduisons notre analyse à partir des fils de discussion de 43 à 59 correspondant à ce quatrième segment temporel (tableau 57, les fils de discussion qui correspondent au deuxième segment temporel se trouvent à l'Annexe 26).

N°	Sujet	Listes	Début	Fin	initiateur	Nb msg
43	Oyez, Oyez ! Besoin d'avis...	KidiLycée	02 mars 10	06-mars-10	AL	10
44	[swf uploadé par MS] 4213 (nouveau 2N2s3ex1)	KidiLycée	16 mars 10	17-mars-10	MS	5
45	[swf uploadé par AL] 4174 (nouveau 2G1s1ex1)	KidiLycée	15 mars 10	18-mars-10	AL	7
46	un mail de RD	KidiLycée	17 mars 10	21-mars-10	AL	5
47	[swf uploadÃ© par AL] 4192 (nouveau 2G1s4ex2)	KidiLycée	24 mars 10	25-mars-10	AL	6
48	de la relecture…	KidiLycée	18 mars 10	19-avr-10	AL	54
49	[swf uploadé par MS] 4209 (nouveau 2N2s2ex1)	KidiLycée	24 mars 10	26-mars-10	MS	13
50	[swf uploadé par XOB] 4180 (nouveau 2G1s2ex1)	KidiLycée	27 mars 10	27-mars-10	XOB	4
51	nouvelle inscrite	KidiLycée	26 mars 10	27-mars-10	AL	2
52	[swf uploadé par MS] Compléter un tableau de variations (2) (4210 / nouveau 2N2s2ex2)	KidiLycée	28mars 10	28-mars-10	MS	10
53	[swf uploadé par MS] Extremum (4213 / nouveau 2N2s3ex1)	KidiLycée	30 mars 10	31-mars-10	MS	20
54	Identifiants interface	KidiLycée	03-avr-10	03-avr-10	GG	2
55	[swf uploadé par RD] Vers un pb concret. (4216 / nouveau 2N2s3ex4)	KidiLycée	05-avr-10	01-mai-10	RD	14
56	Kidimath_cor_DS_2G1ex4	KidiLycée	07-avr-10	07-avr-10	AJ	4
57	Kidimath_cor_DS_2G1ex2	KidiLycée	08-avr-10	14-avr-10	GL	10
58	animation_corr_ex_135 : pb d'extension	KidiLycée	14-avr-10	14-avr-10	LZ	5
59	animation_corr_ex_136	KidiLycée	16-avr-10	16-avr-10	LZ	1

Tableau 57. Présentation des fils de discussion correspondant au 4ème segment temporel

Engagement mutuel

Parmi les 8 membres qui ont initié des fils de discussion dans ce segment temporel, 4 ont avancé des propositions reflétant leur intention de s'engager dans des activités communautaires :

- AL a manifesté l'intention de s'engager dans une activité de conception de ressources : *« Sur un exo, je n'ai pas été très inspiré (2N2s1ex4), est-ce que vous avez des suggestions ? »* (M1, fil 43) ;
- MS, RD et LZ ont manifesté l'intention de s'investir dans le développement des exercices interactifs. Ils ont effectivement participé au développement de ce type d'exercices ;

Certains membres ont manifesté aussi l'intention de s'engager dans le travail de relecture des exercices interactifs, en demandant d'avoir des identifiants pour avoir accès à l'interface collaborative mise en place par le responsable du projet Kidimath (encadré 11) pour que les développeurs déposent les exercices interactifs conçus.

Dans ce segment temporel, deux types de coordination d'activités ont eu lieu :

- coordination des activités des membres. AL a pris en charge ce travail ;
- coordination du développement informatique des exercices interactifs (programmation commune pour les repères et tableaux de variations pour assurer une certaine homogénéité dans la programmation de l'ensemble des exercices interactifs). MS, AL et RD ont pris en charge ce travail.

1. **AL :** *Ne vous étonnez pas de ce message. Dès qu'un exercice MeP est mis en ligne sur notre interface, un message automatique est envoyé sur cette liste. Pour tester l'exercice, il suffit de cliquer sur le lien ... et d'avoir des identifiants pour l'interface…*
2. **Anaïs :** *Je n'arrive pas à retrouver mes identifiants et je ne sais pas si on peut passer par Sésaprof pour cette interface ? peux-tu les retrouver ?*
3. **AL :** *Normal tu n'étais pas inscrite. Je t'envoie cela par mail (pas possible cependant de passer par Sésaprof). Si d'autres sont intéressés n'hésitez pas.*
4. **MP :** *Je suis intéressée aussi!*
5. **AJ :** *moi aussi, je croyais que j'avais égaré mes identifiants*

Encadré 11. Extrait de Discussion du fil 45 autour de l'inscription des membres sur l'interface collaborative

Il y a eu une importante activité de conception de ressources dans ce segment temporel (11 ressources, § 8.4.3). Chacune de ces ressources a constitué un objet de discussion entre les membres. Deux types de discussions techniques ont eu lieu :

- des discussions sur l'utilisation de l'interface collaborative. AL gère ces discussions et facilite l'utilisation de l'interface collaborative par les membres (Encadré 11) ;
- des discussions techniques autour de la conception de ressources interactives. Il s'agit de discussions entre les développeurs des exercices interactifs (AL, RD et MS). Voici quelques exemples de ce type de discussions : *« J'ai commencé à regarder le repère de RD, je vais voir ce que je peux en faire »* (MS, fil 43) ; *Pour le tracé de courbes, ça colle aussi. Je dois pour mes exos y modifier des choses. C'est pas grave si le tracé est externalisé, je mettrai la fonction dans mon flash »* (MS, fil 46) ; *«* **RD :** *Pour la question 2, il manque le tableau de variations, mais j'attends que MS nous ponde des fonctions communes pour gérer ça* ; **MS *:*** *J'y pense, je vais essayer d'intégrer le tableau de variations de Gérard. Il est très bien pour un tableau fixe, il faut que je vois dans le cas où y a des zones de saisie et dans le cas où on veut changer l'orientation des flèches »* (extraits du fil 55).

<u>Entreprise commune</u>

A la suite d'I3, AL a envoyé un mail (M1, fil 43) faisant des propositions pour développer le projet :

- une proposition de commencer le développement des exercices interactifs en premier temps pour le projet Kidimath 2nde (qui constitue une entrée pour le projet digiTex) en se servant des développeurs informatiques : *« envisager sérieusement l'ajout d'exercices*

interactifs pour commencer le développement (certains programmeurs sont d'ailleurs sur cette liste même s'ils ne font pas beaucoup de bruit » ;

- des propositions de faire des scénarii des ressources à animer pour faciliter le travail des développeurs informatiques : *« Vu le temps que demande la programmation d'exos, il vaut mieux qu'un consensus soit trouvé en amont concernant les scenarii ... »*.

Les propositions d'AL conduisent à des développements, en rapport avec I3, du projet commun.

Répertoire partagé

Il y a eu, dans ce segment temporel, une mise en place d'une interface collaborative pour le dépôt des exercices interactifs. Cette interface est accessible à tous les membres, les concepteurs des exercices interactifs peuvent y déposer les ressources qu'ils conçoivent, les relecteurs peuvent y avoir accès pour ensuite donner leurs commentaires.

En plus de l'ensemble des termes introduits dans les segments temporels antérieurs, les membres de digiTex ont développé et adopté des termes tels que : animation, programmation, scénario de la ressource (scénario des animations à faire dans la ressource, § 8.4.3). Nous pouvons analyser cela en termes de développement du répertoire partagé.

D'après l'analyse présentée, nous pouvons dire que la CoP, a connu un développement et est passé au stade de maturation, avec une implication effective des nouveaux membres (notamment les développeurs informatiques).

8.4.2 Le processus de participation

Nous présentons la participation des membres par une analyse de chacun des fils de discussion correspondant à ce segment temporel.

N°	Sujet	Mi	Niveau d'activité	auteurs	Description de l'activité
43	Oyez, Oyez ! Besoin d'avis...	M1	+2	AL	Propositions des développements possibles du projet à l'issue d'I3. Présentation d'une nouvelle orientation du travail de la CoP.
		M1→M10	+1	AL(4), Anaïs (4) XOB (2)	Conception de scénarii pour les exercices interactifs du chapitre 2N2, proposition d'une nouvelle version par Anaïs. Ensuite des discussions ont eu lieu entre les membres.
44	[swf uploadé par MS] 4213 (nouveau 2N2s3ex1)	M1→M5	+1	MS(3), AL(2)	La transformation de la ressource 2N2_exo1 en une ressource interactive par MS.
45	[swf uploadé par AL] 4174 (nouveau 2G1s1ex1)	M1	+2	AL	Conception d'une ressource interactive par AL, l'exercice 2G1_exo1.
		M2→M7	+3	AJ MP, Anaïs et AL(3)	Inscription des membres sur l'interface collaborative pour avoir accès aux ressources interactives avec l'objectif de les relire et de les commenter.

46	Un mail de RD	M1→M5	+3	AL(3), MS(2)	Un développeur flash a programmé un tracé de repère qui sera commun à tous les développeurs.
47	[swf uploadé par AL] 4192 (nouveau 2G1s4ex2)	M1→M6	+1	AL(4) Anaïs(2)	AL propose pour relecture et commentaire une ressource qu'il avait conçue. Anaïs donne ses commentaires sur un bug informatique qui est ensuite résolu par AL.
48	De la relecture	M1→M53	+1	Anaïs(14) MP(6) FB(6) AL(22) RD(3) BC, LZ	AL a conçu le cours de 2N2 et l'a mis sur l'espace collaboratif pour relecture et commentaire par les membres. AL a ensuite modifié la ressource.
49	[swf uploadé par MS] 4209 (nouveau 2N2s2ex1)	M1→M12	+1	MS(3), MS, AL(3), AL(3), BC(2)	Proposition d'une version interactive de la ressource 2N1_ex1 par MS. La ressource a été relue et commentée par les membres. MS a modifié la ressource à la suite de la relecture.
50	[swf uploadé par XOB] 4180 (nouveau 2G1s2ex1)	M1→M4	+1	XOB(2) Anaïs(2)	Conception d'une ressource XOB pour le thème de la géométrie. Anaïs a commenté cette ressource, qui a été modifiée ensuite par XOB.
51	Nouvelle inscrite	M1→M2	+3	AL	Implication d'un nouveau membre (collègue d'AL, qui s'est présentée aux membres).
52	[swf uploadé par MS] Compléter un tableau de variations (2) (4210 / nouveau 2N2s2ex2)	M1 →M9	+1	MS(3), MP(2), AL(2), Anaïs(2)	Conception d'une ressource : exercice interactif pour le chapitre 2N2, discussion et commentaire par les membres.
53	[swf uploadé par MS] Extremum (4213 / nouveau 2N2s3ex1)	M1→M18	+1	MS(7), Anaïs(2), AL(7), JW, MP	Conception d'un exercice interactif par MS. Il l'a mis sur l'interface interactive pour relecture et commentaire. La ressource a été modifiée par MS
54	Identifiants interface	M1→M2	+3	GG, AL	GG demande son inscription sur l'interface collaborative pour pouvoir relire les ressources et faire ses commentaires.
55	[swf uploadé par RD] Vers un pb concret.	M1, M6, M7, M13	+1	Anaïs RD	RD met à disposition des membres une ressource qu'il a conçue et modifiée en fonction des discussions.

	(4216 / nouveau 2N2s3ex4)	M2→M5 M8→M12	+3	RD(5), AL(2), Anaïs(2), MS	Discussion technique autour de la programmation des ressources.
56	Kidimath_cor_DS_2G1ex4	M1→M4	+1	AJ(2), Anaïs(2)	Conception de la ressource par AJ et ensuite commentaire d'Anaïs et modification de la ressource.
57	Kidimath_cor_DS_2G1ex2	M1→M10	+1	GG, AL, Anaïs(3), BC(3), MP(2)	Conception d'une ressource animée par GL. Dans la discussion de cette ressource, le problème a été évoqué de modifier les ressources programmées.
58	animation_corr_ex_135 : pb d'extension	M1→M5	+3	LZ(3), AL(2)	Discussion d'un problème informatique sur l'animation des ressources
59	animation_corr_ex_136	M1	+1	LZ	Mise sur l'interface collaborative d'une ressource animée par LZ.

A la suite d'I3, la grande partie des activités communautaires dans ce segment temporel a consisté en activités de conception d'exercices interactifs à partir des ressources au format OpenOffice déjà existantes (développées dans le cadre des différents projets Lycée antérieurement). En fait, les commentaires des relecteurs étaient plutôt concentrés sur ces passages (les bugs informatiques, la présentation animée du contenu mathématique et la formulation des phrases et des expressions).

8.4.3 Le système de ressources communautaire de digiTex

Il n'a pas eu de propositions importantes de ressources durant ce segment temporel, parce que les membres exploitaient les ressources existantes dans leur système de ressources à la suite d'I2 (les ressources développées dans les différents projets Lycée de l'association). C'est ce qui transparaît dans deux messages d'AL suite à I3 : *« il y a déjà pas mal d'exos développés pour la Seconde (ancien modèle), 2 chapitres en numérique par exemple. Lors de l'étude d'un chapitre, il y a ainsi un travail à faire de tri de l'existant et modification éventuelle plus scénarisation de nouveaux exercices* » (extrait de M1, fil 43) ; *« Je vous livre 'mon' travail pour le cours de 2N2, Variations et extrema. C'est loin d'être uniquement mon travail car j'ai réadapté d'excellentes aides faites il y a quelques années pour MathenPoche 2nde (je pense que l'auteur était LZ), ça me fait plaisir de pouvoir les réutiliser »* (extrait de M1, fil 48). Nous remarquons que les membres profitent toujours de la réorganisation que le système de ressources communautaires a connue après I2 pour développer la documentation communautaire et y accompagner les changements à la suite d'I3.

Lorsque les membres ont conçu des ressources animées au troisième segment temporel (avant I3, voir § 8.3.3), ils ont commencé à discuter la nécessité de développer des scénarii pour décrire les animations à réaliser. A la suite d'I3, lorsque les membres ont commencé à concevoir des exercices interactifs, cette nécessité est devenue indispensable. Un scénario d'un exercice interactif est l'ensemble des instructions arrangées de façon à permettre au développeur informatique (qui n'est pas forcément un enseignant des mathématiques) de concevoir l'exercice interactif tel qu'il est pensé par le concepteur (enseignant de mathématiques) (Encadré 12). La conception de ces nouvelles ressources est poussée par I3.

Titre : Variations à partir de la courbe **Données :** courbe représentative d'une fonction. **Objectif :** donner les variations complètes de la fonction. **Enoncé :** Décrire de la manière la plus complète possible les variations de la fonction f sur l'intervalle [a ; b]. Laisser la possibilité de rajouter des phrases du type : 'la fonction f est croissante/décroissante/constante (liste déroulante) sur l'intervalle […; …]' avec deux zones de saisies. Précisions : laisser la possibilité à l'élève de déplacer la croix avec pointillés, la croix étant placée à l'origine sur l'extrémité inférieure de l'ensemble de définition de la fonction. A la correction, animation avec croix+pointillés : déplacement de gauche à droite, l'abscisse de la croix variant de a à b, avec les flèches le long de la courbe. Tester l'erreur classique : inversion des deux axes pour la lecture.

Encadré 12. Exemple d'un scénario pour un exercice, conçu par AL pour le projet digiTex

Onze ressources ont été conçues dans ce segment temporel, s'inscrivant dans le cadre de la réalisation du projet commun :

- une ressource où se trouvent les scénarii d'un ensemble d'exercices pour le chapitre 2N2 ;
- une ressource « cours du chapitre 2N2 » conçu par AL ;
- quatre ressources : exercices interactifs portant sur le thème fonction pour le chapitre 2N2 ;
- cinq ressources : exercices interactifs pour le thème géométrie.

Nous remarquons que l'ensemble des ressources conçues dans ce segment temporel (sauf « cours du chapitre 2N2 ») sont des ressources interactives (combinées avec le logiciel de dézonage, ressource à l'origine d'I3). Dans ce qui suit, nous effectuons une analyse didactique des quatre ressources interactives conçues par les membres et qui portent sur le thème « fonction ».

Ressource « Extremum » (fil 44)

Le contenu mathématique traité dans la ressource	On vise à faire apprendre aux élèves l'identification, en interprétant une représentation graphique, les extrema d'une fonction.
Le type de la ressource	Exercice d'application directe des connaissances, formé de 10 questions.
Choix didactique	Les membres ont choisi de donner la représentation graphique de la fonction et le tableau de variations. Les élèves doivent compléter une phrase pour chaque question. Les phrases présentes dans les questions à compléter sont de deux types : ou bien on donne l'image de l'extremum et on demande de compléter par max ou min ; ou bien on donne la nature de l'extremum (maximum ou minimum), on demande de compléter l'image.

Progression	Cet exercice vient en application de la partie « maximum et minimum d'une fonction » du chapitre 2N2.
Type de réponses attendues	Réponse numérique (pour les images des extrema) ; choix de la nature de l'extremum (maximum ou minimum).
La stratégie d'enseignement des fonctions	La stratégie défendue est que l'enseignement des caractéristiques des fonctions (variations et extrema) passe par une entrée graphique.
Organisation de l'enseignement des fonctions	Il n'a pas eu de discussion sur l'organisation de l'enseignement en classe du thème fonction.

<u>La ressource « compléter un tableau de variations 1 » (fil 49)</u>

Le contenu mathématique traité dans la ressource	L'objectif est d'apprendre aux élèves la construction d'un tableau de variations d'une fonction en interprétant sa représentation graphique.
Le type de la ressource	Exercice d'application directe des connaissances, comprenant 5 questions
Choix didactique	On donne la représentation graphique d'une fonction ainsi que le tableau de variations annoté par les valeurs aux bornes du domaine de définition et les extrema. L'élève a à ajuster les flèches correspondantes aux variations de la fonction. Variable didactique d'une question à l'autre : lorsqu'on passe d'une question à l'autre, le nombre d'extrema augmente.
Progression	Cet exercice vient en application de la partie « courbe représentative et tableau de variations » du chapitre 2N2.
Type de réponses attendues	Ajustement des flèches dans un tableau de variations
La stratégie d'enseignement des fonctions	Une augmentation dans la complexité des questions en contrôlant l'exercice par des variables didactiques.
Organisation de l'enseignement des fonctions	Il n'a pas eu de discussion sur l'organisation de l'enseignement en classe du thème fonction.

<u>La ressource «compléter un tableau de variations 1 » (fil 52)</u>

Le contenu mathématique traité dans la ressource	L'objectif est d'apprendre aux élèves la construction d'un tableau de variations d'une fonction en interprétant sa représentation graphique.
Le type de la ressource	Exercice d'application directe des connaissances, comprenant 5 questions
Choix didactique	On donne la représentation graphique d'une fonction ainsi que la structure du tableau de variations. L'élève doit compléter ce

	tableau en précisant l'image aux bornes du tableau de variations pour certains exercices ; et compléter le tableau de variations et ajuster les flèches correspondant aux variations de la fonction pour d'autres. Les membres/concepteurs jouent sur deux variables didactiques en allant d'une question à l'autre : les valeurs à compléter dans le tableau de variations et le nombre d'extrema qui augmente d'une question à l'autre.
Progression	Cet exercice vient en application de la partie « courbe représentative et tableau de variations » du chapitre 2N2.
Type de réponses attendues	Réponses numériques et ajustement des flèches dans un tableau de variations
La stratégie d'enseignement des fonctions	Augmentation de la complexité des questions en contrôlant l'exercice par des variables didactiques.
Organisation de l'enseignement des fonctions	Il n'a pas eu de discussion sur l'organisation de l'enseignement en classe du thème fonction.

<u>Ressource « vers un problème concret » (fil 55)</u>

Le contenu mathématique traité dans la ressource	L'objectif de cette ressource est d'étudier la variation du volume d'un parallélépipède en fonction de la variation de longueur de ses côtés.
Le type de la ressource	Situation-problème contenant un travail de modélisation.
Choix didactique	Ce problème comprend 5 questions. Les membres ont choisi de présenter le parallélépipède suivant une figure dynamique où on peut varier la longueur des côtés et un repère joint où un point varie, précisant la variation du volume en fonction de la variation de longueur du côté. Ceci est donné dans la question 1 pour conjecturer la variation du volume. Dans la question suivante, on donne la courbe et on demande de construire le tableau de variations en interprétant ce graphique. Dans la troisième question, on donne l'expression algébrique de la fonction f qui détermine la variation du volume en fonction de la variation de longueur d'un côté (là, une démonstration est demandée). Dans les deux dernières questions, il s'agit d'interpréter l'expression algébrique de la fonction et le tableau de variations pour répondre à des questions, par des calculs numériques ou par des réponses « vrai ou faux » à des questions.
Progression	Cet exercice vient en application de la partie « minimum et maximum d'une fonction » du chapitre 2N2.

Type de réponses attendues	Les réponses attendues sont variées dans cet exercice : interprétations graphiques, construction d'un tableau de variations, opérations algébriques et réponses numériques.
La stratégie d'enseignement des fonctions	L'entrée graphique est dominante sur toutes les parties de cet exercice. Il s'agit de l'enseignement de la notion de fonctions en modélisant une situation géométrique tout d'abord par l'entrée graphique, puis, en fonction de ce graphique, construire le tableau de variations et, en fonction de ce graphique, déterminer les caractéristiques de la fonction.
Organisation de l'enseignement des fonctions	Il n'a pas eu de discussion sur l'organisation de l'enseignement en classe du thème fonction. Mais en analysant la ressource, on peut constater qu'il n'est pas possible de faire des allers-retours entre les différentes questions (on passe à la question suivante en ayant la solution de la question précédente, que ce soit par une résolution de la question par l'élève ou une solution donnée par le concepteur.

Cette analyse du système de ressources met en évidence un développement autour du logiciel de dézonage (qui est à l'origine d'I3). Les exercices développés sont des exercices d'application directe des connaissances. Le problème donné (« vers un problème concret ») est guidé, il ne laisse pas de grande liberté à l'élève pour chercher ses solutions, il se dévoile pas à pas (on ne passe à la question 2 que si on termine et on a la solution correcte de la question 1), c'est une contrainte liée aux potentialités des logiciels de dézonage des fichiers PDF. Bien que, dans ce segment temporel, les membres aient participé au développement des exercices interactifs, il n'a pas eu de discussion sur le rôle de ces exercices (en tant qu'exercices interactifs) dans l'enseignement des mathématiques. Il nous semble que ceci est dû à l'absence de discussions autour de l'organisation de l'enseignement du thème fonction avec ces ressources.

8.4.4 Les KM et KE dans le quatrième segment temporel

Nous commençons cette partie par une identification du problème (§ 7.7.1), puis poursuivons par le processus de résolution de ce problème. Nous terminons par une synthèse.

Identification d'un problème

Nous avons identifié un problème lié à la pratique des membres de digiTex. Le problème a commencé à émerger à la fin du troisième segment temporel avec l'activité de conception des ressources animées.

Au départ, le processus de conception des ressources animées a été défini comme suit : un membre conçoit la ressource animée et l'envoie sur la liste de diffusion ; les membres relient et commentent la ressource ; la ressource sera modifiée par l'auteur initial. La modification des ressources animées revient à une modification des programmes créés avec flash. En effet, il a eu des discussions entre les membres pour optimiser cette tâche de modification. Un membre a fait la proposition suivante : *« Pour de prochaines animations, je me demandais s'il ne serait pas plus pratique de proposer d'abord un document .odt avec le contenu et la description des animations. C'est plus facile à modifier, à relire et à faire évoluer (que de modifier directement*

le flash ensuite) » (GG, M19, fil 38). Certains membres ont jugé cette proposition intéressante, mais il n'a pas eu de modification du processus en cours. A la suite d'I3, il a fallu concevoir des ressources « scénario » pour la description des animations à faire. Cette nécessité est justifiée par deux raisons : 1) certains développeurs des exercices interactifs sont récemment impliqués dans le projet, ils n'ont donc pas accès à l'ensemble des discussions et commentaires qui ont accompagné le processus de conception des ressources déjà existantes qu'on doit convertir sous le nouveau modèle d'exercices interactifs ; 2) une partie des ressources à concevoir sont des ressources conçues à l'origine pour d'autres projets Lycée, il s'agit donc de les modifier et de les adapter. Du coup, le processus de conception des exercices interactifs est devenu comme suit :

Conception d'une ressource au format .odt par E (membre de digiTex) → relecture et commentaire de la ressource par les autres membres → modification de la ressource par E → conception d'un scénario par S (membre de digiTex) → commentaire et relecture du scénario par les membres → modification du scénario → conception de l'exercice interactif par D (développeurs informatiques) → relecture et commentaire de la ressource par les membres de digiTex → modification de la ressource par D.

Tout au long de ce processus, entre la première conception de la ressource par E et la dernière modification de la ressource par D, il risque d'y avoir des écarts entre ce qui a été visé par le concepteur E et réalisé par D (en passant par S). Comment contrôler ces écarts ?

Nous décrivons, dans ce qui suit, comment ce problème didactique a été traité par les membres.

<u>Résolution du problème par la participation des membres</u>

Conscients de ce problème, les membres ont participé à deux types de discussions lors de la conception des exercices interactifs : des discussions techniques et des discussions didactiques, sur la manière de présenter le contenu mathématique dans la ressource. Ces discussions ont eu lieu en grande majorité entre enseignants membres de digiTex et développeurs informatiques.

Dans les discussions techniques, les membres insistent sur :

- la présentation de la ressource (tableau, couleur, présentation des graphiques, etc.). Voici un extrait de message pour illustrer cette idée : *« Quand il y a vérification sur des mots, je ne comprends pas trop pourquoi on accepte des fautes d'orthographe (hormis les fautes d'accord), car l'objectif est quand même que les élèves apprennent des choses justes »* (XOB, M6, fil 43) ;
- la formulation des phrases et des expressions mathématiques: *« il faut mettre pour la stricte croissance : si a<b alors f(a)<f(b) et pour la croissance simple si a<b alors f(a) <ou= f(b) ce serait d'ailleurs pas mal de mettre un graphique pour faire comprendre la nuance »* (M10, Anaïs, fil 48) ; *« Il me semblerait intéressant de préciser au développeur les types de fonctions voulues (une certaine part d'aléatoire est à laisser) »* (XOB, M6, fil 43) ; *« Le malaise vient de valeur **prise** par une fonction. C'est effectivement la formulation habituelle, mais le mot **prise** est paradoxal : il évoque en effet bien plutôt l'antécédent que l'image. On peut dire à la place : valeur **atteinte** par la fonction, ou valeur **rendue** par la fonction (comme on dit en informatique) »* (FB, M25, fil 48).

Dans les discussions didactiques, les membres insistent sur :

- la formulation à des finalités didactiques : *« Je n'aime pas du tout cette phrase ! Et selon moi elle n'a pas de sens du tout en Seconde, c'est quoi une fonction croissante en x ??? »* (BC, M6, fil 49) ; *« **Anaïs :** f(x) est inférieur (ou alors l'image de f(x) est inférieure à ??)*

il me semble… ; **AL :** *Pour tout réel x de l'intervalle ..., f(x) est inférieure ou égale à f(3), qui vaut 4,5. Je pense que cela irait ainsi non ?* **MS :** *En faisant varier x sur l'intervalle [$var2$; $var3$], tu peux observer que :\r Pour tout réel $var1$ de l'intervalle [$var4$; $var5$], f(x) <= 4,5 avec 4,5= f(3). Et ça ce termine comme ça, je ne parle pas de maximum ?»* (M2, M6 et M9, fil 53) ;

- les définitions des concepts (notamment la définition des caractéristiques des fonctions) : *« Juste au dessus il est écrit que le minimum est la plus petite valeur prise par la fonction. Est-ce que cette formulation est gênante aussi à ce niveau ?* » (AL, M23, fil 48) ;
- l'utilisation de certains termes : *« Quand on dit que pour tout x d'un intervalle f(x)<=4,5 alors 4,5 est un majorant. Et c'est un maximum si par ailleurs c'est une image d'un certain x de l'intervalle. Je pense qu'il faut le préciser dans le vert. Pourquoi tu ne considères jamais un intervalle plus petit que l'intervalle de départ ? »* (JW, M5, fil 53) ;

Pour résoudre le problème, les membres de digiTex ont alors procédé à une explicitation des idées par écrit, à plusieurs niveaux : au niveau de la présentation des ressources (des termes illustrés par des représentations graphiques), au niveau de la formulation du contenu (en discutant l'effet de certaines formulations sur l'apprentissage des élèves), au niveau de la définition de certains concepts et au niveau de l'introduction formelle des termes.

Les KM et KE construites au cours du traitement du problème

Dans le traitement du problème communautaire rencontré, les membres ont construit une KE qui s'inscrit dans le cadre de la catégorie « connaissances sur les stratégies d'enseignement des mathématiques ». Nous présentons cette KE comme suit : « la conceptualisation des fonctions chez les élèves est étroitement liée aux formulations, terminologies et vocabulaires utilisés dans les ressources pour illustrer les rapports entre les différents aspects (graphique, algébrique, formel) de la notion ».

8.4.5 L'organisation de la communauté du projet digiTex

Dans ce quatrième segment temporel, des développeurs informatiques ont été inscrits sur la liste de diffusion du projet et des rôles de certains membres ont disparu (PP par exemple, § 8.3.5).

Cinq membres ont renseigné 85% des messages de ce segment temporel. Nous avons identifié 3 rôles pour ces 5 membres :

- AL (36%) : il a toujours le rôle de coordinateur des débats entre les membres. Il a assisté aux discussions entre les développeurs informatiques et les enseignants relecteur et commentateur des ressources ;
- MS (15%), RD (4%) : les développeurs des exercices interactifs après I3 ;
- MP (8%) et Anaïs (21%), FB, BC et XOB (moins que 3%) : relecteurs et commentateurs des ressources proposées par les développeurs ;

Douze ressources ont été conçues sur 143 messages échangés dans ce segment temporel. Nous avons décrit le processus de conception de ressources suivi dans ce segment temporel (§ 8.4.4). La présence de l'interface collaborative, réservée aux seuls inscrits sur la liste de diffusion, a contribué au renforcement de la place des interactions entre les membres ayant des rôles différents.

8.4.6 L'organisation des visions des membres

Nous nous appuyons sur les messages envoyés par les membres dans ce quatrième segment temporel pour repérer les visions, notamment les 5 membres ayant des rôles déterminants dans ce segment temporel (§ 8.4.5).

En ce qui concerne les visions des mathématiques, et dans la même perspective du troisième segment temporel, les membres attirent leur attention sur la présentation du savoir mathématique, que ce soit par des représentations graphiques, par des définitions formelles, etc. Nous donnons un exemple de cette forme dans les discussions au quatrième segment temporel dans l'encadré 13 : une convergence de visions sur la présentation formelle d'une définition formelle de la croissance d'une fonction. Cette forme constitutive de KM et de KE est convergente entre les membres ; nous avons inféré une KE communautaire (§ 8.4.4) en rapport avec cette forme.

1. **FB :** la définition d'une fonction strictement croissante n'est pas correcte. Il faudrait dire: On dit qu'une fonction est strictement croissante sur un intervalle lorsqu'elle est croissante sur l'intervalle, et qu'elle n'est constante sur aucun sous-intervalle. Ou encore: On dit qu'une fonction est strictement croissante sur un intervalle si la propriété est vérifiée avec des inégalités strictes: pour tous réels a et b de I, a < b implique f(a) < f(b).
2. **MP :** Et, à ce propos, j'aurais tendance à mettre le symbole strict pour a<b même
   dans la définition de la croissance simple...
3. **Anaïs :** oui, il faut mettre pour la stricte croissance : si a<b alors f(a)<f(b) et pour la croissance simple si a<b alors f(a) <ou= f(b)

Encadré 13. Extrait du fil 48, définition formelle de la croissance des fonctions

En ce qui concerne les visions de l'enseignement des mathématiques, nous avons inféré, à partir des ressources conçues et des discussions qui les ont accompagnées, des formes constitutives du mode de conception de ressources et des formes constitutives de KM et KE :

- les membres développent des ressources dont l'atteinte de l'objectif d'enseignement passe par une « présentation du savoir suivant une gradation de difficulté » (§ 8.4.3). Cette forme constitutive du mode de conception de ressources (« présenter le savoir suivant une gradation des difficultés ») est semblable chez les membres engagés dans la conception de ressources dans digiTex ;
- les membres introduisent, dans les ressources (§ 8.4.3), les caractéristiques des fonctions (sens de variation, maximum, minimum, antécédent, image) en s'appuyant conjointement sur les représentations graphiques et les définitions formelles des concepts. C'est une forme constitutive des KM et KE qui semble donner des réponses à la question « comment enseigner les fonctions et suivant quelle entrée ? » ;

Nous dégageons de cette analyse la présence d'une convergence de visions de l'enseignement des mathématiques.

En ce qui concerne les visions du travail collectif, à la suite d'I3, les membres ont mobilisé de nouvelles formes constitutives du mode de conception de ressources (adaptées au mode de conception des exercices interactifs par des développeurs informatiques). Nous avons identifié la forme suivante : commenter la forme de la ressource avec des formulations précises et en s'appuyant sur des copies d'écran (pour mieux expliciter les idées).

Après I3, les membres ont maintenu une convergence de leurs visions, ce qui a renforcé l'équilibre entre participation et documentation à la suite d'I3.

8.4.7 Synthèse de l'analyse du quatrième segment temporel

Nous avons remarqué que le processus de participation avait connu une réorganisation à la suite d'I3 (réorganisation du processus de conception de ressources). Cette réorganisation a été motivée par l'implication des développeurs informatiques dans ce processus. La grande majorité de ce processus s'inscrit dans le niveau +1, dans un mouvement de conception de ressources. Cette participation a pris comme point d'appui le système de ressources communautaires (ressources issues des différents projets Lycée de Sésamath, notamment MeP 2nde). A la suite de la participation des membres, le système de ressources s'est développé autour du logiciel de dézonage de fichiers, qui est à l'origine d'I3 ; les exercices interactifs ont été développés à l'aide de ce logiciel.

L'équilibre entre les deux processus de participation et de documentation a été maintenu tout au long de ce segment temporel. Plusieurs facteurs y ont contribué :

- les membres, qui ont conservé leurs rôles du 3ème segment temporel (relecteurs et commentateurs des ressources, coordinateur), ont contribué à assurer une continuité dans le processus de participation, malgré l'implication des développeurs informatiques dans ce processus ;
- la convergence de visions des membres durant ce segment temporel, en particulier pour les visions des mathématiques et les visions de l'enseignement des mathématiques.

La participation des mêmes membres à la conception des ressources dans deux segments temporels consécutifs, montrant des convergences dans leurs visions de l'enseignement des mathématiques, a conduit à une construction d'une KE qui a renforcé l'équilibre entre la participation et la documentation.

8.5 Analyse de la documentation dans digiTex, cinquième segment temporel

Ce segment temporel s'étale entre mi-avril et fin juillet. Sur la liste de diffusion, il correspond aux fils de discussion 60 à 93. Le cinquième segment temporel vient à la suite d'I4 : Imbrication des systèmes de ressources communautaires de Kidimath Lycée et digiTex (§ 7.5.1). Cette imbrication a été décidée pour consacrer le projet Kidimath comme entrée pour les projets Sésamath Lycée (§ 7.1.2) ; elle vient aussi après avoir conçu et mutualisé suffisamment de ressources pour les projets Lycée (en raison du manque signalé au § 7.5). I4 a conduit à réorienter des activités communautaires vers la conception de ressources spécifiques pour le manuel numérique pour la classe de seconde.

Nous commençons cette partie par l'étude de l'état du développement de la CoP (§ 8.5.1). Nous poursuivons par l'analyse du processus de participation (§ 8.5.2) et l'état du système documentaire communautaire (§ 8.5.3) dans ce deuxième segment temporel. Nous avons repéré une KE communautaire construite dans ce cinquième segment temporel et une autre repéré dans le deuxième segment temporel (§ 8.2.4) et mobilisée dans ce segment (§ 8.5.4). Nous terminons par l'approche de l'organisation de la communauté (§ 8.5.5) et de l'organisation des visions des membres (§ 8.5.6) et une synthèse de l'analyse du quatrième segment temporel en (§ 8.5.7).

8.5.1 Stade de développement de la CoP

Nous suivons le stade de développement de la CoP dans ce cinquième segment temporel. Nous conduisons notre analyse à partir des fils de discussion 60 à 93 (tableau 58, des fils de discussion de ce segment temporel sont présents à l'annexe 26).

N°	Sujet	Listes	début	fin	initiateur	Nb msg
60	nouvelle orientation de la liste groupe_lycee	lycée	16-avr-10	16-avr-10	AL	2
61	nouveau chantier !	KidiLycée	20-avr-10	20-avr-10	AL	1
62	On commence	groupe_lycée	21-avr-10	22-avr-10	AL	6
63	[swf uploadé par AL] Distances et cercles (4193 / nouveau 2G1s4ex3)	KidiLycée	22-avr-10	22-avr-10	AL	10
64	une idée d'activité pour le chapitre	groupe_lycée	22-avr-10	23-avr-10	SH	3
65	complément Instrumenpoche	groupe_lycée	22-avr-10	23-avr-10	SH	2
66	Anticipons	KidiLycée	25-avr-10	25-avr-10	AL	6
67	Repères et distances, cercle	groupe_lycée	23-avr-10	26-avr-10	MjV	9
68	[swf uploadé par AL] Distances et triangles (4194 / nouveau 2G1s4ex4)	KidiLycée	23-avr-10	28-avr-10	AL	23
69	Repères et distances	groupe_lycée	22-avr-10	29-avr-10	Anaïs	28
70	[swf uploadé par AL] Distances et quadrilatères (4195 / nouveau 2G1s4ex5)	KidiLycée	29-avr-10	29-avr-10	Anaïs	4
71	exos de base	groupe_lycée	24-avr-10	30-avr-10	AL	12
72	améliorations exercices	KidiLycée	01-mai-10	05-mai-10	AL	14
73	TD courbes et distances	groupe_lycée	01-mai-10	02-mai-10	Anaïs	12
74	question sur 2N2s3ex2	KidiLycée	03-mai-10	03-mai-10	RD	2
75	[swf uploadé par AL] Parallélogrammes par le milieu (4191 / nouveau 2G1s4ex1)	KidiLycée	03-mai-10	03-mai-10	AL	3
76	[swf uploadé par AL] Calculs assisté (4186 / nouveau 2G1s3ex2)	KidiLycée	06-mai-10	06-mai-10	AL	8
77	[swf uploadé par AL] Calculs de longueurs (4187 / nouveau 2G1s3ex3)	KidiLycée	11-mai-10	11-mai-10	AL	3
78	[swf uploadé par AL]	KidiLycée	11-mai-10	19-mai-10	AL	16

	Autour du segment (4188 / nouveau 2G1s3ex4)					
79	[swf uploadé par RD] Extremum concret sur un graphique. (4214 / nouveau 2N2s3ex2)	KidiLycée	13-mai-10	13-mai-10	RD	3
80	[swf uploadé par RD] Extremum sur un graphique (4303 / nouveau 2N2s3ex3)	KidiLycée	13-mai-10	13-mai-10	RD	5
81	morphing et coordonnées	groupe_lycée	19-mai-10	19-mai-10	Anaïs	2
82	début de synthèse	groupe_lycée	25-mai-10	27-mai-10	AL	12
83	un exercice	groupe_lycée	28-mai-10	29-mai-10	MjV	3
84	activité-formules	groupe_lycée	28-mai-10	29-mai-10	Anaïs	3
85	Kidimath_cor_DS_2G1ex4	KidiLycée	01-juin-10	19-juin-10	AJ	9
86	[swf uploadé par RD] Extremum et démonstration. (4217 / nouveau 2N2s3ex7)	KidiLycée	09-juin-10	23-juin-10	RD	42
87	[swf uploadé par RD] Vocabulaire à partir de la courbe (1) (4205 / nouveau 2N2s1ex1)	KidiLycée	21-juin-10	05-juil-10	RD	15
88	[swf uploadé par RD] Vocabulaire à partir de la courbe (2)	KidiLycée	23-juin-10	08-juil-10	RD	5
89	[swf uploadé par RD] Variations à partir de la courbe (4207 / nouveau 2N2s1ex3)	KidiLycée	08-juil-10	08-juil-10	RD	7
90	[swf uploadé par RD] Définition formelle des variations. (4208 / nouveau 2N2s1ex4)	KidiLycée	11-juil-10	18-juil-10	RD	28
91	vacances	KidiLycée	13-juil-10	13-juil-10	AL	2
92	chapitre équations et droites	KidiLycée	20-juil-10	27-juil-10	RD	23
93	Intégrale	Lycée	31-juil-10	31-juil-10	LZ	1

Tableau 58. Présentation des fils de discussion correspondant au 5ème segment temporel

Engagement mutuel

Parmi les 7 membres qui ont initié des fils de discussion dans ce segment temporel, 5 ont manifesté leur intention d'engagement dans une activité communautaire :

- AL a manifesté l'intention de s'engager dans des activités d'orientation et de synthèse du travail dans le cadre de digiTex après I4 (fil 60, fil 61 et fil 62, voir extrait dans la partie « entreprise commune ») ;

- MjV a fait, après son inscription sur la liste dans ce segment temporel, des propositions de ressources pour le manuel (fil 67) ;
- Anaïs a fait des propositions de ressources pour développer le projet digiTex (fil 69, fil 73, fil 81, fil 84) ;
- RD a développé les exercices interactifs (en tant que développeur informatique), et a proposé, en particulier, de scinder un exercice en deux parties (fil 74) ;
- SH a fait des propositions de ressources pour la conception des activités introductives d'une notion de la géométrie (fil 64) et des ressources pour concevoir des ressources animées avec Instrumenpoche (fil 65).

La coordination des activités et des interactions entre les membres était à la charge d'AL dans ce segment temporel (il a fait des synthèses autour du développement du projet et il a coordonné les différentes propositions de ressources par les membres (fil 82)).

Il y a eu une activité importante de propositions de ressources (voir paragraphe précédent) durant ce segment temporel. Dix ressources ont été proposées par 4 membres (MjV pour le thème géométrie du manuel ; Anaïs pour les deux thèmes géométrie et fonction ; SH pour la géométrie ; et AL pour la conversion des certaines ressources animées au nouveau modèle (comme celle conçue après I3)). De plus, il y a eu une activité importante de conception de ressources dans ce segment temporel (12 ressources). Chacune de ces ressources a constitué un objet de discussion entre les membres. Les discussions techniques sont limitées, car les processus de conception de ressources dans ce segment s'inscrivent dans la continuité du processus suivi dans le 4ème segment temporel.

Entreprise commune

A la suite d'I4, AL a fait des propositions pour le développement du projet commun à plusieurs reprises :

- une proposition autour des rapports à créer entre Kidimath Lycée et digiTex : *« La liste groupe_lycée* […] *va être utilisée* […] *pour faire le pendant des cours animés de KidimathLycée. La finalité première étant la mise en ligne sur le site Kidimath, mais avec les récentes évolutions du manuel numérique (visibles dès la page d'accueil de Sésaprof pour le niveau 5ème), on peut envisager ensuite d'autres usages de ces fiches, qui formeront une brique à part entière de ressources de Seconde, au même titre que les exercices interactifs MeP, les cours animés, exercices animés, ds* [...] *»* (M1, fil 60) ; *« Certains d'entre vous sont déjà inscrits sur la liste de diffusion groupe_lycee,* […] *mais j'y ai posté un message il y a peu concernant une nouvelle 'brique' à adjoindre à Kidimath Seconde, qui pourrait avoir d'autres utilisations : des fiches d'exercices pdf. Ce travail aura donc lieu sur la liste groupe_lycée pour ne pas surcharger cette liste, déjà bien occupée. L'idée est, pour chaque chapitre, de proposer quelques exercices 'papier' avec leurs corrigés, pour Kidimath2nde »* (M1, fil 61) ;
- des propositions pour la structure du digiTex qui ont déclenché des discussions entre les membres (voir encadré 14).

1. **AL :** Pour le chapitre 2G1, on peut en plus dire qu'on a déjà les activités sous forme numérique : http://Kidimath.sesamath.net/includes/php/displaymep.php?mep_id=3939&iframe http://Kidimath.sesamath.net/includes/php/displaymep.php?mep_id=3945&iframe. A discuter donc, est-ce qu'on en rédige pour la version papier ? Là pour le coup je pense qu'il en faut quand même une version odt, avec des exos d'applications directes, corrigés, comme c'est souvent le cas dans les manuels : page de gauche avec le cours, page de droite pour les exos.
2. **Anaïs :** peut-être des activités qui permettent de démontrer les formules du cours ?????
3. **PP :** Et c'est là où je n'ai pas compris le projet. Dans le mail annonçant le projet: « La liste groupe_lycée, inutilisée maintenant depuis plusieurs mois, va être utilisée pour un projet naissant : création de fiches d'exercices, correction d'exercices pour la seconde, au format OOo (et pourquoi pas des cours au format OOo également, pour faire le pendant des cours animés de Kidimath Lycée)» ; il me semblait que l'on s'orientait vers des exercices pas un /manuel/.
4. **AL :** oui, mais tu sais ça mouve, ça mouve ;-). Là pour le coup pour 2G1 on peut faire un essai pour voir ce que ça donne. De plus il y a eu pas mal de propositions pour des TD.

Encadré 14. Extrait des échanges entre les membres dans le fil 82, intitulé « début de synthèse »

Les propositions et les discussions entre les membres autour du développement du projet a conduit à une réorganisation du processus de participation dans ce segment temporel (§ 8.5.2).

Répertoire partagé

Il y a eu, dans ce segment temporel, une reconnaissance de certaines ressources et certains termes développés dans les deux premiers segments temporels (§ 8.1 et § 8.2). Les termes comme « briques », « activités d'introduction des notions » et « manuel », sont des termes qui ont été réintroduits après I4.

Nous avons déjà mentionné la présence d'une activité importante de conception de ressources dans ce segment temporel (12 ressources). Les ressources conçues sont de deux types : des ressources au format .odt et des ressources animées (exercices interactifs).

D'après l'analyse présentée, nous pouvons dire que la CoP est toujours au stade de maturation. La nouvelle orientation de digiTex a pris en partie comme appui l'ensemble des ressources développées par les membres dans les segments temporels antérieurs.

8.5.2 Le processus de participation

Nous présentons la participation des membres par une analyse de chacun des fils de discussion correspondant à ce segment temporel. Nous éliminons de cette analyse deux fils de discussion :

- le fil intitulé « vacances » (fil 91) où les membres informaient leurs départ en vacances et les dates éventuelles de leurs retours (fil 91) ;

- le fil intitulé « intégrale » (fil 93) où LZ propre une ressource pour introduire la notion d'intégrale en terminale.

N°	Sujet	Mi	Niveau d'activité	auteurs	Description de l'activité
60	nouvelle orientation de la liste	M1, M2	+3	AL(2)	Synthétiser les différentes orientations du développement du projet digiTex ; préciser les rapports entre Kidimath 2nde

	groupe_lycée				et digiTex ; implication des nouveaux membres pour la rédaction des ressources.
61	Nouveau chantier	M1	+3	AL	Mail objectif sur la liste KidiLycée qui a le même objectif que le fil 60.
62	On commence	M1	+2	AL	Lancement du travail de conception des ressources au format .odt pour le thème de géométrie où il manque des ressources pour le manuel.
		M2, M3	+3	MjV, AL	Inscription de MjV sur la liste de diffusion, elle demande des informations sur le fonctionnement de la liste, AL prend en charge l'explication.
		M4, M6	+1	AL, Anaïs(2)	Proposition d'une nouvelle version d'une ressource pour le chapitre 2G1 par Anaïs.
63	[swf uploadé par AL] Distances et cercles (4193 / nouveau 2G1s4ex3)	M1 →M10	+1	AL(5), Anaïs (2) FB, BC, MP	Relecture d'un exercice interactif pour le thème de géométrie. Discussion du problème technique survenu lors du test de la ressource.
64	Une idée d'activité pour un chapitre	M1	+2	SH(2), NG	Proposition d'une idée pour une activité de géométrie et discussions sur les possibilités d'adaptation de cette ressource pour la classe de seconde.
65	Complément Instrumenpoche	M1, M2	+3	SH, MjV	Proposition d'une ressource par SH qui constitue un outil pour les enseignants afin de concevoir des ressources animées avec Instrumenpoche
66	Anticipons	M1→M6	+1	AL(3), Anaïs(2) MP	AL demande aux membres s'ils proposent des modifications à faire sur une ressource avant de les convertir de l'ancien modèle vers le nouveau modèle de ressources. Il a eu une proposition par Anaïs et MP et une modification ensuite par AL.
67	Repères et distances, cercle	M1→M9	+1	MjV(4), Anaïs(2) AL(3)	Proposition d'une ressource par MjV qui a été commentée par les membres.
68	[swf uploadé par AL] Distances et triangles (4194 / nouveau 2G1s4ex4)	M1 →M22	+1	AL(12), BC(3), LZ(2), Anaïs, MP(3) et RD	Conception d'un exo interactif pour le chapitre 2G1 par AL, discussions et commentaires de la ressource par les membres, modification par AL en fonction de ces discussions.
69	Repères et	M1 →M27	+1	Anaïs(10)	Commentaire de la ressource « repères et

	distances			LZ(3), AL(3), JW(7), MjV, BM et MP	distances » proposée par Anaïs, modification de cette ressource par Anaïs en fonction des discussions.
70	[swf uploadé par AL] Distances et quadrilatères (4195 / nouveau 2G1s4ex5)	M1→M4	+1	AL(2), MP, Anaïs	Conception d'un exo interactif pour le chapitre 2G1 par AL, discussions et commentaires de la ressource par les membres, modification par AL en fonction de ces discussions.
71	Exos de base	M1 →M11	+1	AL(4) Anaïs(5), MjV et JW	Discussion d'une idée d'activité pour le thème de géométrie ; proposition des ressources par Anaïs de son propre système documentaire, discussion et modification de la ressource en fonction de ces discussions.
72	Amélioration s exos	M1 →M4	+1	AL(5), BC(3), MP(3), Anaïs	Poser pour la discussion entre les membres des ressources antérieurement conçues par les membres (4 ressources de géométrie) ; relecture et discussions entre les membres, et modification de la ressource ensuite par AL.
73	TD courbes et distances	M1 →M12	+1	Anaïs (6), AL, GB, LZ(2), JW(2)	Conception d'une ressource par Anaïs et discussions et commentaires ensuite entre les membres.
74	Question sur 2N2	M1 →M2	+1	RD, AL	Proposition par RD de scinder un exercice en deux, AL accepte.
75	[swf uploadé par AL] Parallélogra mmes par le milieu (4191 / nouveau 2G1s4ex1)	M1 →M3	+1	AL(2), RD	Conception d'un exo interactif pour le chapitre 2G1 par AL, discussions et commentaires de la ressource par les membres.
76	[swf uploadé par AL] Calculs assisté (4186 / nouveau 2G1s3ex2)	M1 →M9	+1	AL(4) RD Anaïs(3) Poncelet	Conception d'un exo interactif pour le chapitre 2G1 par AL, discussions et commentaires de la ressource par les membres. Modification ensuite de la ressource par AL.
77	[swf uploadé par AL] Calculs de longueurs (4187 /	M1 →M3	+1	AL(2), Anaïs	Conception d'un exo interactif pour le chapitre 2G1 par AL, discussions et commentaires de la ressource par les membres. Modification ensuite de la ressource par AL.

	nouveau 2G1s3ex3)				
78	[swf uploadé par AL] Autour du segment (4188 / nouveau 2G1s3ex4)	M1 →M16	+1	AL(8), Anaïs(7), MP	Conception d'un exo interactif pour le chapitre 2G1 par AL, discussions et commentaires de la ressource par les membres. Modification ensuite de la ressource par AL.
79	[swf uploadé par RD] Extremum concret sur un graphique. (4214 / nouveau 2N2s3ex2)	M1 →M3	+1	RD(2), Anaïs	Conception d'un exercice interactif pour le chapitre 2N2 parRD ; discussions et commentaires de la ressources par les membres ; modification ensuite par RD.
80	[swf uploadé par RD] Extremum sur un graphique (4303 / nouveau 2N2s3ex3)	M1 →M5	+3	RD(2), Anaïs(2), AL	Discussion technique sur la programmation d'un exercice interactif conçu par RD.
81	Morphing et coordonnées	M1, M2	+2	Anaïs JfL	Proposition d'une ressource par Anaïs ; proposition d'adapter cette ressource par JfL pour plusieurs thèmes (fonction ou géométrie)
82	Début de synthèse	M1→M3, M7, M9	+3	AL, MjV, Anaïs(2), PP	Discussions sur des nouveaux développements du projet, proposition de ressources
		M1, M4→M6, M8	+2	AL(3), Anaïs, GG	Synthétisation de l'ensemble de ressources proposées par les membres durant ce segment temporel ; discussions entre les membres autour du développement des thèmes en correspondance avec le type de ressources (activités, TD, cours)
83	Un exercice	M1→M3	+2	MjV(2), Anaïs	MjV propose une ressource où il faut introduire l'algorithmique, discussions autour de cette proposition.
84	Activités formules	M1 →M3	+2	Anaïs(2), MjV	Proposition d'une activité pour l'introduction des formules de géométrie et discussion entre les membres. Anaïs a proposé ensuite le cours qui peut accompagner cette activité.

85	Kidimath_cor_DS_2G1ex4	M1 →M9	+1	AJ(5), AL, FB, MP, BC	Conception d'une ressource animée : corrigé du DS du chapitre 2G1, relecture et commentaires des membres, modification de la ressource ensuite par AJ.
86	[swf uploadé par RD] Extremum et démonstration. (4217 / nouveau 2N2s3ex7)	M1 →M42	+1	RD(14), Anaïs(5), MP(8), AL(7), BC(7), JW, FB	Conception d'une ressource animée par RD pour le chapitre 2N2 ; discussion entre les membres et modification de la ressource ensuite par RD.
87	[swf uploadé par RD] Vocabulaire à partir de la courbe (1) (4205 / nouveau 2N2s1ex1)	M1 →M15	+1	RD(8) ; Anaïs(3), MP(2), AL(3), FB	Exercice animé pour 2N2 par RD ; relecture et commentaires entre les membres ; modification de la ressource par RD en fonction de ces discussions.
88	[swf uploadé par RD] Vocabulaire à partir de la courbe (2)	M1→M5	+1	RD(3), AL(2)	Exercice animé pour 2N2 par RD ; relecture et commentaires entre les membres ; modification de la ressource par RD en fonction de ces discussions.
89	[swf uploadé par RD] Variations à partir de la courbe (4207 / nouveau 2N2s1ex3)	M1 →M7	+1	RD(3), Anaïs(2), FB(2)	Exercice animé pour 2N2 par RD ; relecture et commentaires entre les membres ; modification de la ressource par RD en fonction de ces discussions.
90	[swf uploadé par Rémi DENIAUD] Définition formelle des variations. (4208 / nouveau 2N2s1ex4)	M1 →M28	+1	RD(10), Anaïs(8), MP(8), AL(2)	Exercice animé pour 2N2 par RD ; relecture et commentaires entre les membres ; modification de la ressource par RD en fonction de ces discussions.
92	Equations et droites	M1→M23	+2	RD(2), LZ(4), JW(4), AL, Anaïs(3), MP(8), AJ	RD propose des scénarii d'animation conçus par YP pour des exercices sur la résolution des équations et des systèmes d'équation ; une partie des discussions a eu lieu autour des équations cartésiennes et des recommandations institutionnelles autour de leur enseignement en seconde (programmes et inspection).

Au début de ce segment temporel, la participation des membres s'inscrit dans les niveaux +2 et +3, ensuite elles se sont inscrites en majorité dans le niveau +1. La participation des membres au travail de conception de ressources sont de deux types : conception des exercices interactifs (des développeurs informatiques, en particulier RD, participent à cette conception) ; proposition et conception des ressources au format .odt.

Dans la participation des membres dans ce segment temporel, il a eu des discussions sur l'organisation de l'enseignement des mathématiques en classe, ce qui manquait relativement dans les segments temporels précédents. Pour illustrer cette participation, nous citons un extrait des discussions qui ont eu lieu au fil 68, où les enseignants échangent sur le processus de conception d'une ressource, sa mise en œuvre en classe :

> **JW :** *J'explique aux élèves que si on considère un repère orthogonal non normé (O,I,J) alors la notion même de distance est contradictoire dans la mesure où OI et OJ n'ont pas la même mesure en cm alors que I et J ont pour abscisse 1 sur leurs axes … Je ne sais pas si c'est envisageable de faire, dans une partie "fiche prof" un peu comme dans la feu-épreuve-pratique, où figuraient des commentaires et/ou variantes.*
>
> **AL :** *Je ne sais pas si c'est envisageable de faire, dans une partie "fiche prof" un peu comme dans la feu-épreuve-pratique, où figuraient des commentaires et/ou variantes*.

Les membres ont évoqué encore les découpages de manuels en différentes parties (partie cours, partie TD, activités d'introduction, « pour aller plus loin » pour les problèmes de synthèse). Cette structure de manuel recoupe celle qui existe pour les chapitres du projet Kidimath.

8.5.3 Le système de ressources communautaire de digiTex

Au début du 5ème segment temporel, il a eu une activité de propositions de ressources par les membres, accompagnée de discussions de la nouvelle orientation prise par le projet commun. Il a eu une proposition de 9 ressources de différents types (voir § 8.5.1) :

- des ressources comme outils pour développer des ressources pour le projet commun : livret TICE sur l'algorithmique (Anaïs, fil 82) ; une ressource pour le développement des exercices animés avec Instrumenpoche (SH, fil 64) ;
- des ressources pour le manuel à concevoir : cours et exercices pour le chapitre 2G1 du manuel, des activités pour l'introduction des concepts (Anaïs et MjV).

Dans les segments temporels antérieurs (notamment 3ème et 4ème segments temporels), les membres ont développé des ressources animées et des exercices interactifs, une partie d'après des ressources au format .odt, mais il y en a qui ont encore été conçues sans passer par le format .odt (par exemple : la décomposition d'une ressource en deux exercices, voir fil 74). Il n'y a pas alors, à ce stade de développement du projet, une bijection entre les ressources animées et les ressources au format .odt existantes. AL a proposé de reprendre certaines ressources développées en version animée pour en faire une version au format .odt (encadré 14) puis des briques pour le manuel numérique. A l'encontre de cette proposition, durant ce segment temporel, les membres ont continué le travail de conception des exercices interactifs.

A la suite d'I4, la conception de ressources qui a eu lieu s'est développée dans le sens d'une plus grande imbrication entre les ressources de Kidimath 2nde et les ressources de digiTex. Les membres ont conçu 14 ressources :

- 6 ressources : exercices interactifs portant sur le thème géométrie pour le chapitre 2G1 ;
- 5 ressources : exercices interactifs portant sur le thème fonction pour le chapitre 2N2 ;

- 3 ressources uniquement pour le manuel : 2 en géométrie et une ressource en rapport avec le thème fonction (« repères et distances »).

Dans ce qui suit, nous effectuons une analyse didactique des ressources conçues par les membres et portant sur le thème « fonction ».

Ressource « extremum concret sur un graphique » (fil 79)

Le contenu mathématique traité dans la ressource	L'objectif est d'apprendre aux élèves à répondre à une situation de la vie quotidienne ou géométrique, en interprétant une représentation graphique d'une fonction modélisant cette situation.
Le type de la ressource	Exercice d'application des connaissances, comprenant 5 questions.
Choix didactique	Dans les 5 questions, les situations modélisées par des représentations graphiques sont : 1) la longueur du lancer d'un javelot par rapport à l'angle de lancement ; 2) une courbe représentant le bénéfice d'une entreprise par rapport aux ventes ; 3) la courbe de l'évolution de l'aire de deux demi-cercles en fonction de la longueur du diamètre de l'un d'eux (figure 36) ; 4) deux situations géométriques où on calcule la longueur des segments en fonction d'un point variable.
Progression	Cet exercice vient en application de la partie « maximum et minimum d'une fonction » du chapitre 2N2.
Type de réponses attendues	Réponse numérique
La stratégie d'enseignement des fonctions	La stratégie défendue est que l'enseignement des caractéristiques des fonctions (variations et extrema) passe par une entrée graphique.
Organisation de l'enseignement des fonctions	Il n'a pas eu de discussion sur l'organisation de l'enseignement en classe du thème fonction.

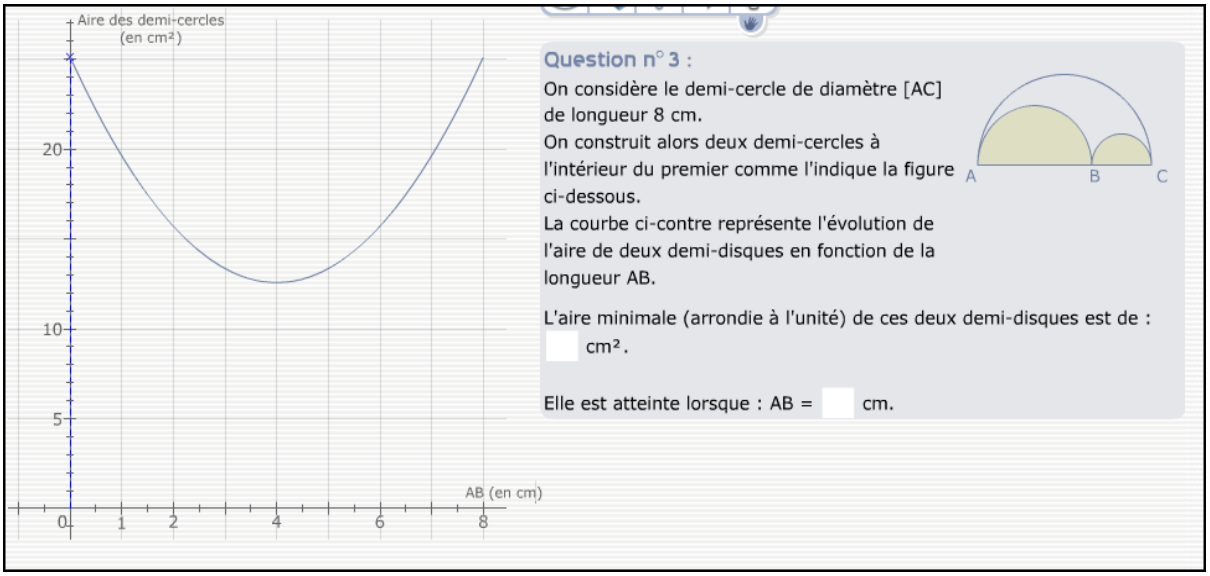


Figure 36. Situation géométrique modélisée par une représentation graphique d'une fonction

<u>Ressource « Extremum et démonstration » (fil 86)</u>

Le contenu mathématique traité dans la ressource	L'objectif est d'apprendre aux élèves comment déterminer l'extremum d'une fonction du second degré de la forme $f(x) = a + (x + b)^2$
Le type de la ressource	Exercice technique
Choix didactique	Le choix effectué par les membres : élaborer des conjectures sur l'extremum en interprétant une représentation graphique → on donne l'expression algébrique de la fonction, on demande de calculer les images de certaines valeurs de x dont l'extremum →démarche par un calcul algébrique pour identifier l'extremum (pour démontrer la conjecture).
Progression	Cet exercice vient en application de la partie « maximum et minimum d'une fonction » du chapitre 2N2.
Type de réponses attendues	Réponse numérique, des signes (≤, ≥)
La stratégie d'enseignement des fonctions	La stratégie défendue est que l'enseignement des caractéristiques des fonctions (variations et extrema) passe par une entrée graphique.
Organisation de l'enseignement des fonctions	La structure de l'exercice permet un travail autonome de l'élève puisque la démonstration est rédigée et que l'élève n'a qu'à renseigner des valeurs numériques.

<u>Ressource « vocabulaire à partir de la courbe » (fils 87 et 88)</u>

Cette ressource est constituée deux parties suivant le même titre :

Le contenu mathématique	L'objectif est d'apprendre aux élèves le vocabulaire autour de la variation des fonctions : croissante, décroissante, constante,

traité dans la ressource	strictement croissante, strictement décroissante.
Le type de la ressource	Exercice d'application directe des connaissances.
Choix didactique	Le choix des membres pour traiter le contenu est d'augmenter la difficulté d'une question à l'autre. Le contrôle de cette difficulté s'effectue suivant deux variables didactiques : le nombre de variations de la courbe et l'intervalle correspondant à cette variation. Dans la première partie de l'exercice, on donne la courbe et on demande de préciser le sens de variation de la courbe sur un intervalle donné. Dans la deuxième partie de l'exercice, on donne la courbe et on demande de préciser l'intervalle sur lequel la fonction est croissante, décroissante ou constante.
Progression	Cet exercice vient en application de la partie « notion et sens de variation d'une fonction » du chapitre 2N2.
Type de réponses attendues	Réponse numérique, des signes ((≤, ≥)
La stratégie d'enseignement des fonctions	La stratégie défendue est que l'enseignement des caractéristiques des fonctions (variations et extrema) passe par une entrée graphique et une gradation des difficultés.
Organisation de l'enseignement des fonctions	Non explicité dans les discussions des membres.

<u>Ressource « Définition formelle des variations » (fil 90)</u>

Le contenu mathématique traité dans la ressource	L'objectif est d'apprendre aux élèves la définition formelle de la variation d'une fonction (croissante, décroissante, strictement croissante, strictement décroissante, constante).
Le type de la ressource	Exercice technique
Choix didactique	Faire varier une valeur a sur l'axe des abscisses et observer la variation de l'image de la fonction par rapport à l'image d'un autre point variable b. On précise dans la définition que $a > b$. Cette définition est cohérente avec la potentialité de varier le point a sur la représentation graphique (on ne peut pas, sur la représentation graphique, déplacer le point de l'axe des abscisses ayant a comme valeur réelle, avant le point de l'axe des abscisses ayant b comme valeur réelle).
Progression	Cet exercice vient en application de la partie « notion et sens de variation d'une fonction » du chapitre 2N2.
Type de réponses attendues	des signes ((≤, ≥) et réponse par des mots (croissante, décroissante, strictement croissante, strictement décroissante,

	monotone).
La stratégie d'enseignement des fonctions	La stratégie défendue est que l'enseignement de définition de la variation d'une fonction (variations et extrema) passe par une interprétation des représentations graphiques.
Organisation de l'enseignement des fonctions	Non explicité dans les discussions des membres.

<u>Ressource « repères et distances » (Annexe 24)</u>

Le contenu mathématique traité dans la ressource	L'objectif est d'apprendre aux élèves quel repère choisir pour résoudre un problème de distance.
Le type de la ressource	Situation-problème
Choix didactique	Dans le problème, on propose trois types de repères : un repère oblique, un repère orthogonal et un repère orthonormal (figure 37). Dans chaque cas, il faut calculer, par les propriétés de la géométrie, la longueur du segment [OA]. Enfin, on demande dans quel type de repère l'égalité $OA = \|\overrightarrow{OA}\| = \sqrt{{x_A}^2 + {y_A}^2}$ est vraie.
Progression	Cette ressource a un rôle crucial dans la conceptualisation de la notion de fonction. Elle constitue la base pour l'appréhension du concept de repère, notamment dans le cas de digiTex où l'enseignement des fonctions passe par une interprétation des représentations graphiques.
Type de réponses attendues	Des démonstrations géométriques à construire.
La stratégie d'enseignement des fonctions	Le problème est posé par des questions ouvertes, qui laissent une grande liberté à l'élève pour chercher les résolutions par une démarche heuristique.
Organisation de l'enseignement des fonctions	Les concepteurs ont pensé à une mise en œuvre de la ressource par un travail en groupe des élèves. La difficulté des démarches de recherche à suivre par les élèves suppose un travail en groupe des élèves suivi d'un débat.

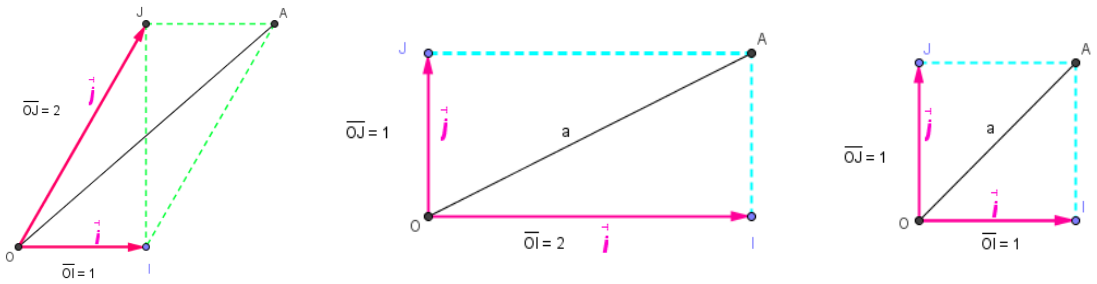


Figure 37. Les différents types de repère proposés dans le problème « repères et distances »

En conclusion, nous constatons que le système de ressources communautaires a connu un développement particulier articulant le système de ressources de digiTex et le système de ressources de Kidimath 2nde.

8.5.4 Les KM et KE construites et mobilisées au cinquième segment temporel

Durant ce segment temporel, nous avons inféré une KE communautaire et avons identifié la mobilisation d'une connaissance communautaire construite dans le premier segment temporel (§8.1.4).

Identification d'un problème lié à la pratique

Après I4, les membres ont engagé une activité de conception de ressources pour le manuel numérique et des discussions des différentes parties du manuel (§8.5.2). La conception de certaines ressources s'appuie sur la proposition d'une ressource par un membre. Les propositions des membres sont, dans la plupart des cas, des ressources pour enseigner un contenu désigné dans le programme, ou des ressources utilisées dans leur propre travail d'enseignement. Le problème est le suivant : suivant quel processus doit-on concevoir une ressource pour le manuel numérique ?

Processus de résolution du problème communautaire

Dans le processus de conception de la ressource « repères et distances » (§ 8.5.3), les membres ont rencontré ce problème. Les extraits de discussion présentés ci-après, correspondent au fil 68. Les différentes versions de cette ressource se trouvent à l'annexe 24.

Anaïs propose une ressource pour digiTex. C'est une ressource qu'elle utilise normalement dans son enseignement : *« Je vous propose une idée d'activité pas spécialement originale mais qui me semble importante pour ce chapitre, c'est le choix d'un type de repère pour un calcul de distance, la version v0, c'est celle que je donnais d'habitude en classe »* (M1, fil 68).

Anaïs modifie la version 0 pour l'adapter aux discussions antérieures autour du programme entre les membres : *« il faut de toute façon reformuler la v0 pour ne plus mentionner les vecteurs »*.

Dans la version 1 du problème, Anaïs propose de trouver les coordonnées du point C, dans trois repères différents de même origine A : repère (A ; B, D), repère (A ; B, E) et repère (A ; B, F). Ensuite elle demande de calculer, à l'aide de la géométrie, la longueur de [AC] et de trouver dans quel repère la formule de distance est vraie.

LZ répond en proposant une interprétation du nouveau programme de seconde : *« Elle ne me paraît être dans l'esprit du programme, où il vaut mieux que la distance soit intrinsèque au repère »* (M2, fil 68). JW est intervenu en présentant son expérience avec ses élèves en classe, qui est considéré encore comme ressource : *« j'explique aux élèves que, si on considère un repère orthogonal non normé* $(O, \vec{\imath}, \vec{\jmath})$*, alors la notion même de distance est contradictoire…Dans ce sens pourquoi appliquer une formule pour calculer un truc qui n'a pas de sens ?* .

D'après ces discussions, AL a alors nouveau proposé un statut du problème : *« On peut le garder comme exo d'approfondissement également, puisque finalement cette activité n'est pas nécessaire pour démarrer le cours »* ; MjV a proposé : *« ce n'est pas un exercice d'application directe ; je le mettrais plutôt dans "pour aller plus loin", bien qu'il puisse aussi être utile dans une séance du type "pour fixer les idées" ou "pour faire le point", je ne sais pas comment dire »*.

Anaïs complète ces discussions par ce qu'a dit AL et précise la place du problème dans le manuel : *« ce type d'exercice est à mettre dans "pour aller plus loin" »*. Ensuite, elle propose une version 2 du problème.

La version 2 du problème modifiée en fonction de son statut prédéfini (dans la partie « pour aller plus loin »), est maintenant plus ouverte : on laisse à l'élève l'initiative de construire le repère qui justifie l'utilisation de la formule de distance entre deux points A et C :

$$AC = \sqrt{(x_c - x_A)^2 + (y_c - y_A)^2}$$

Anaïs a placé un point F tel que $AB = AF$ (figure 38). Une discussion s'est engagée entre les membres sur la présentation de l'idée. LZ dit : *« le placement de F n'est-il pas trop "gentil" ? Il risque d'entraîner des élèves vers la bonne piste par hasard sans réflexion »*. Anaïs répond en proposant deux versions qu'il faudrait tester en classe : *« je ne sais pas…on peut proposer une version sans F et une version avec…et tester les réactions des élèves… je vous joins les deux »*. D'où la naissance de la version 3.

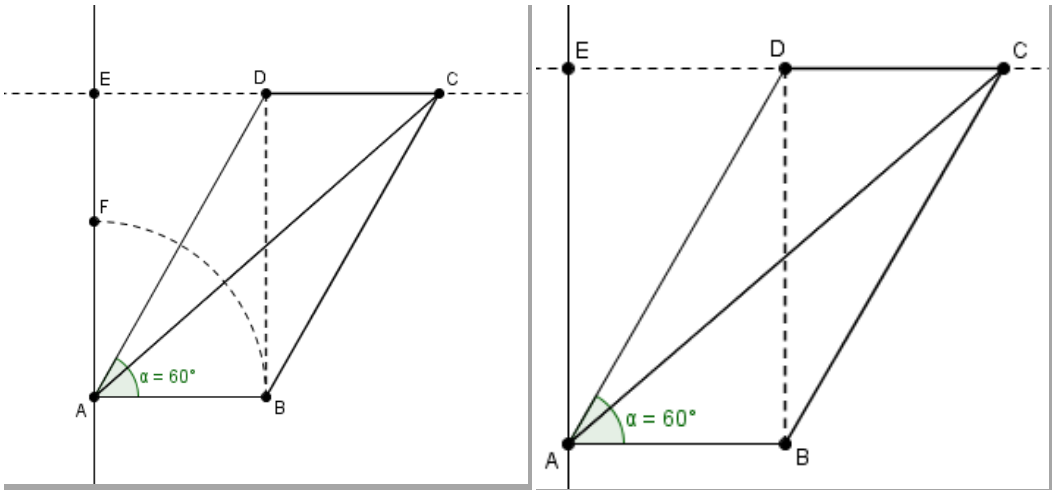


Figure 38. Figures des versions 2 et 3, avec F et sans F

Après la version 3, les discussions se centraient sur les élèves, dont une discussion s'est engagée autour des processus de mise en œuvre en classe : « […] *en demander une critique en faisant travailler les élèves en groupe. On pourrait avoir ensuite un débat sur l'utilité du choix du repère dans ce cas »*.

Nous dégageons plusieurs moments dans le processus de conception de cette ressource : adapter la ressource à digiTex ; combiner la ressource avec d'autres ressources indispensables à prendre en compte pour la réalisation du projet collectif (programme de la classe de seconde, point de vue de certains membres inscrits sur la liste) ; ensuite, pour effectuer le travail de combinaison de ressources, il était important de définir le statut de l'exercice (exercice de synthèse dans la rubrique « pour aller plus loin ») ; et à la fin discuter de la présentation du problème en fonction de son statut prédéfini. Cette discussion sur la façon de présenter le problème a suscité une proposition de test en classe de deux choix (avec F, sans F) ; discussion des mises en œuvre possibles (travail en groupe des élèves et débat, etc.).

La KE communautaire construite

D'après cette analyse, nous nous permettons d'inférer une KE qui s'inscrit dans la catégorie : « organisation de l'enseignement des mathématiques ». Nous présentons cette connaissance

comme suit : « La détermination du statut de la ressource dans la progression de l'enseignement des mathématiques est capitale pour discuter de l'organisation du savoir dans cette ressource ».

La KE mobilisée dans ce segment temporel

Durant ce segment temporel, les membres ont mobilisé dans leur discussion une KE construite dans le premier segment temporel « l'introduction et la définition des notions et des nouveaux concepts viennent comme un résultat d'une activité mathématique » (§°8.1.4). Les membres ont mobilisé cette KE communautaire pour chercher des articulations entre les ressources conçues dans le cadre du projet de Kidimath et le projet digiTex : *« nous avons surtout des Travaux dirigés et pas vraiment d'activités. Je ne trouve pas cela très gênant : en effet, en feuilletant les spécimens reçus pour la rentrée, on s'aperçoit que la part des activités se réduit sensiblement. C'est sûrement dû au fait que les ipr martèlent depuis un bout de temps qu'il faut faire ses propres activités et pas prendre ceux des bouquins.. (y compris les leurs ...). Pour le chapitre 2G1, on peut en plus dire qu'on a déjà les activités sous forme numérique :*

http://Kidimath.sesamath.net/includes/php/displaymep.php?mep_id=3939&iframe
http://Kidimath.sesamath.net/includes/php/displaymep.php?mep_id=3945&iframe. A discuter donc, est-ce qu'on en rédige pour la version papier ? » (AL, M1, fil 82). Par exemple, les membres ont échangé des idées sur des activités d'introduction des notions, tout en reconnaissant leurs rôles dans le manuel (ce qui met en évidence la mobilisation de cette connaissance). Voilà des extraits du fil 82 pour illustrer cette idée :

> **AL :** *A discuter donc, est-ce qu'on en rédige pour la version papier ?*
>
> **Anaïs :** *Peut-être des activités qui permettent de démontrer les formules du cours ?*
>
> **PP :** *Bonne idée*

Nous avons remarqué que, à la suite d'I4, une KE est construite en rapport étroit avec la nouvelle orientation prise par le projet et une mobilisation d'une KE antérieurement construite dans la CoP. La construction et la mobilisation des connaissances communautaires se sont développées dans un mouvement de conception de ressources pour digiTex.

8.5.5 L'organisation de la communauté du projet digiTex

Huit membres ont renseigné 99% des messages de ce segment temporel. Nous avons identifié 4 rôles pour ces 8 membres que nous présentons en regard du pourcentage de messages de chacun :

- AL (27%) : il a toujours le rôle de coordinateur des débats. Il a également joué le rôle à la fois de synthétiseur du débat entre les membres et de transmetteur des décisions du CA en ce qui concerne l'incident I4 ;
- Anaïs (24%) : elle a joué un double rôle dans ce segment temporel. Elle est relectrice et commentatrice des ressources (notamment pour les exercices interactifs), et elle est conceptrice des ressources au format .odt. Les ressources au format .odt qu'elle a conçues dans ce segment temporel sont à l'origine de ses propres ressources ;
- RD (15%) : les développeurs informatiques des exercices interactifs ;
- MP (15%), BC, MjV, JW et LZ (ensemble 18% des messages de ce segment) : relecteurs et commentateurs des ressources proposées par les concepteurs.

Il y avait deux processus de conception de ressources dans ce segment temporel : la conception des ressources au format .odt qui débute par une proposition d'un membre qu'on développe (§ 8.5.4) ; et le processus décrit dans le quatrième segment temporel (§ 8.4.3). Douze ressources ont été conçues sur 324 messages échangés dans ce segment temporel. Nous signalons qu'au début de ce segment temporel, il a eu une proposition de ressource sans activité de conception. L'activité de conception a eu lieu à partir du fil de discussion n° 68.

8.5.6 L'organisation des visions des membres

Le cinquième segment temporel est le dernier segment dans notre suivi de la documentation de digiTex. Nous avons envoyé le questionnaire monde sur les trois listes de diffusion (annexe 11), pour approcher les visions des membres qui se sont engagées dans le travail de conception de ressources dans ce segment temporel. Nous présentons, dans ce qui suit, les visions des membres en analysant les réponses aux questionnaires et les messages échangés entre les membres dans ce segment temporel. Dans notre analyse des visions du travail collectif, nous nous appuyons sur l'analyse de trois RSIC (Représentation Schématique des Interactions Collectives) renseignées par Bernard, Anaïs et BC (relecteur et commentateur de ressources dans ce segment temporel, § 8.5.5).

Le questionnaire a été renseigné par 10 enseignants, membres de digiTex, qui sont tous des membres qui ont participé aux échanges et au travail de conception des ressources dans ce dernier segment temporel.

Visions des mathématiques

Les dix membres affirment la présence de bons rapports aux mathématiques depuis leur enfance : *« Les maths ont été une matière relativement facile pendant toute ma scolarité » ; « Ludique essentiellement pendant la jeunesse, puis le plaisir de progresser en tant qu'étudiant »* ; *« J'ai toujours réussi en mathématiques à l'école, je prenais aussi du plaisir à faire des mathématiques au travers de divers jeux de logique »* ; *« Ma matière forte, et qui m'a toujours intéressée. Une réputation (peu méritée) de matheux dont j'ai bénéficié et qui m'a toujours assez plu »* ; *« A l'école c'est une discipline qui m'a toujours plu »*.

Les aspects des mathématiques privilégiés sont variés (tableau 59). Parmi les membres qui privilégient l'aspect expérimental, certains donnent les raisons suivantes : « *La chance qu'on a maintenant, avec les logiciels, de pouvoir émettre des conjectures avant de démontrer, de pouvoir illustrer, de pouvoir avoir rapidement beaucoup de données, c'est une aide pour mieux comprendre »*. Parmi ceux qui privilégient l'aspect historique, certains avancent les raisons suivantes : *« L'histoire des maths est un domaine qui m'intéresse depuis que je suis prof. Cela permet de comprendre certaines évolutions de notions »*. Parmi ceux (dont LZ) qui privilégient l'aspect didactique, certains invoquent les raisons suivantes : *« Je privilégie une formation de l'esprit pouvant être adaptée dans la future vie de mes élèves »*. Mais encore, il y en a qui voient une interaction entre ces trois aspects : *« c'est un tout difficilement dissociable » ; « Théorie indispensable, expérimentale pour mieux comprendre, historique pour s'inscrire dans le monde »*. Cette diversité engendre des formes constitutives de KM et KE variées, pas forcément opposées.

Aspects des mathématiques	Effectifs
Théorique	5
Expérimental	5
Opératoire	3
Historique	3
Didactique	3

Tableau 59. Quels aspects des mathématiques privilégiez-vous ?

Dans le fil 68 (Annexe 26), nous avons repéré des formes constitutives des KM et KE opposées en ce qui concerne la notion de distance. Le calcul de la distance entre deux points s'effectue depuis les premiers mathématiciens. Par exemple, ce calcul a été présenté sous la forme de la mesure d'une longueur d'un segment reliant deux points, comme c'est le cas avec le théorème de Pythagore. Dans des repères (droite numérique orientée ou repère orthogonal[38]), le calcul de la distance entre deux points se fait à partir du positionnement des points. Dans le cas du repère orthogonal, les échelles ne sont pas les mêmes sur les deux axes, il sera alors impossible de déterminer l'unité de longueur de la distance. Dans les mathématiques du XX^{è} siècle, le concept de distance a commencé à avoir un mode de fonctionnement différent de celui du savoir à enseigner (Chevallard et Johsua 1982). Le concept mathématique de distance a été introduit par Fréchet en 1906 pour l'appliquer à des ensembles de courbes, de surfaces, de fonctions. Un ensemble sur lequel on applique une distance s'appelle un espace métrique. Dans un espace vectoriel, la distance est définie à partir d'une norme. Tout espace vectoriel normé est un espace métrique, mais la réciproque n'est pas vraie. Au niveau du savoir scolaire à enseigner, les espaces métriques étudiés sont tous des espaces vectoriels normés. Par conséquent, cette différence entre l'équivalence implicite entre les deux propriétés dans un contexte d'enseignement et l'implication simple dans le contexte du savoir savant a entraîné une divergence dans les formes constitutives des KE. Voilà des exemples illustrant ces deux points : « *Ça ne me paraît pas être dans l'esprit du programme, où il vaut mieux que la distance soit intrinsèque au repère. Le programme ne cite que les repères orthonormés* » (LZ, M2, fil 68) ; « *J'explique aux élèves que si on considère un repère orthogonal non normé (O,I,J) alors la notion même de distance est contradictoire dans la mesure où OI et OJ n'ont pas la même mesure en cm alors que I et J ont pour abscisse 1 sur leurs axes. Il est absurde d'écrire OI=1 dans un repère orthogonal non normé* » (JW, M8, fil 68).

Ce que nous avons présenté illustre un éloignement dans les visions des mathématiques (au moins en regard des données recueillies dans ce segment, et des discussions qui ont eu lieu sur les listes de diffusion).

Visions de l'enseignement des mathématiques

En ce qui concerne leurs visions de l'enseignement de l'analyse, une majorité des membres le considère comme difficile (6/10), mais intéressant (9/10). Les raisons invoquées pour expliquer ces difficultés sont la difficulté de l'appréhension de cette notion par les élèves et « l'arrivée tardive », selon certains membres, de cette notion dans les programmes : « *Aisé pour l'enseignant, mais difficile pour l'élève* » ; « *En terminale, les élèves apprécient en général l'étude des fonctions, avec cependant des difficultés dans les recherches de limite ; L'étude des*

[38] On peut le nommer encore plan cartésien

suites est plus délicate » ; « Les "vraies" fonctions arrivent trop tardivement pour tirer la quintessence de ce thème ».

En ce qui concerne les caractéristiques d'une bonne ressource, les membres insistent sur l'adaptabilité et l'accessibilité de ces ressources : *« appropriable facilement (pour modification par exemple) »* ; *« Si mathématiquement il n'y a pas d'erreur, toute ressource est une bonne ressource, une seule restriction, les droits inhérents à la ressource, si je n'ai pas le droit de la modifier, et de la mettre en ligne sur mon site ou dans le cahier de textes numérique de la classe, il y a fort à parier que je ne l'utiliserai pas »* ; *« Il y a évidemment la valeur pédagogique. C'est le plus important. Ensuite il y a l'accessibilité et le fait de pouvoir la retravailler. Donc une ressource libre* ***et*** *accessible »*. En ce qui concerne les caractéristiques d'une bonne ressource pour l'enseignement des fonctions :

- pour la majorité des membres, c'est une ressource qui permet de combiner les différents aspects des fonctions, en insistant sur l'aspect graphique comme entrée (6/10) : *« Éléments combinant différents aspects fonctionnels, utilisant des outils divers (calculatrice, LGD, tableur,...) »* ; *« Prendre en compte les différents aspects des fonctions et faire des allers-retours entre les différents cadres : graphique, tableau de valeurs, variations. Conjectures graphiques puis preuves algébriques ou preuves algébriques puis vérifications graphiques .... » ; « Le lien : Analyse-Vocabulaire-Graphique »* ;
- pour la minorité des membres (4/10), c'est une ressource qui permet une application de la notion de fonction : *« Une activité reposant sur une situation utilisant une fonction qui permet de répondre à une problématique » ; « rattachée à une situation-problème »*.

Ces deux formes, malgré leurs différences, contiennent une certaine complémentarité qui s'illustre dans les ressources conçues dans ce segment temporel (§8.5.3).

En ce qui concerne les réponses sur la question « comment ils qualifient leur métier d'enseignement des mathématiques », tous les membres ont répondu en mettant les élèves au centre de leur intérêt, mais de façon différente :

- certains voient leur métier comme un métier de transmission du savoir aux élèves : *« L'essentiel me semble de donner le goût aux élèves des mathématiques tout en leur permettant de développer des qualités d'abstraction et de rigueur »* ; *« Transmettre le bonheur de faire des maths, dédramatiser cette matière pour que les élèves prennent plaisir à raisonner, à chercher »* ; *« Théâtre (moi) ;Passeur de connaissances (de moi vers eux) »* ; *« Nous devons faire passer des connaissances à des élèves dont le niveau est bien souvent hétérogène »* ;
- d'autres envisagent leur métier comme un métier d'organisation du savoir mathématique de sorte à favoriser l'apprentissage des élèves : *« Je n'enseigne pas des "mathématiques", je les utilise pour développer le potentiel de réflexion et "élever" l'esprit critique de chacun de mes élèves »* ; *« Préparer et organiser l'enseignement en s'adaptant aux classes » ;*
- d'autres encore considèrent que leur métier s'enrichit par l'interaction enseignant/élèves : *« Une interaction constante avec les élèves, une adaptation permanente à leurs réactions »*.

Ces trois catégories engendrent trois formes constitutives de KM et KE variées. Les deux dernières pourraient engendrer des formes constitutives de KM et KE incompatibles ; ceci dépendra de la situation en jeu.

D'une manière générale, nous pouvons dire qu'il y a un rapprochement des visions de l'enseignement des mathématiques.

Visions des TICE

Les 10 membres qui ont renseigné le questionnaire utilisent la technologie dans leur propre travail d'enseignement. Huit sur dix sont intéressés par la technologie et considèrent qu'elle actualise leur travail d'enseignement. Il est à remarquer que neuf membres sur dix estiment que les TICE motivent « raisonnablement » l'apprentissage des élèves. Ils sont également 9/10 à considérer que les TICE sont très importantes pour mettre en relation les notions et leur sens (ce qui semble en relation étroite avec l'ensemble des ressources conçues et dans la vision de l'enseignement des fonctions par l'entrée graphique). Mais les visions des membres divergent en ce qui concerne :

- le rôle des TICE dans le développement des interactions (élèves/enseignant) : 5/10 estiment que les TICE jouent un faible rôle, alors que 4/10 leur attribue un rôle important ;
- le rôle des TICE pour faire fonctionner des notions et des concepts mathématiques : 4/10 estiment que les TICE jouent un faible rôle, alors que 6/10 leur attribue un rôle important ;

Nous pouvons dire que les membres ont une convergence de visions en ce qui concerne le travail avec les TICE hors classe, mais que leurs visions divergent sur l'utilisation des dans le travail mathématique en classe.

Visions du travail collectif

Deux choses intéressent particulièrement les enseignants pour leur implication dans les collectifs : l'échange des expériences et la conception collective (6/10) des ressources pour leur enseignement (6/10). Cette constatation recoupe ce qu'ils disent du temps passé dans leur travail de Sésamath : 7/10 des membres estiment que c'est une composante de leur propre travail d'enseignement et 8/10 considèrent que le temps passé dans le travail collectif fait évoluer leur propre pratique.

En ce qui concerne leurs visions des interactions collectives dans le cadre des différents projets de Sésamath, BC représente les interactions collectives en fonction du dynamisme collectif existant (figure 39).

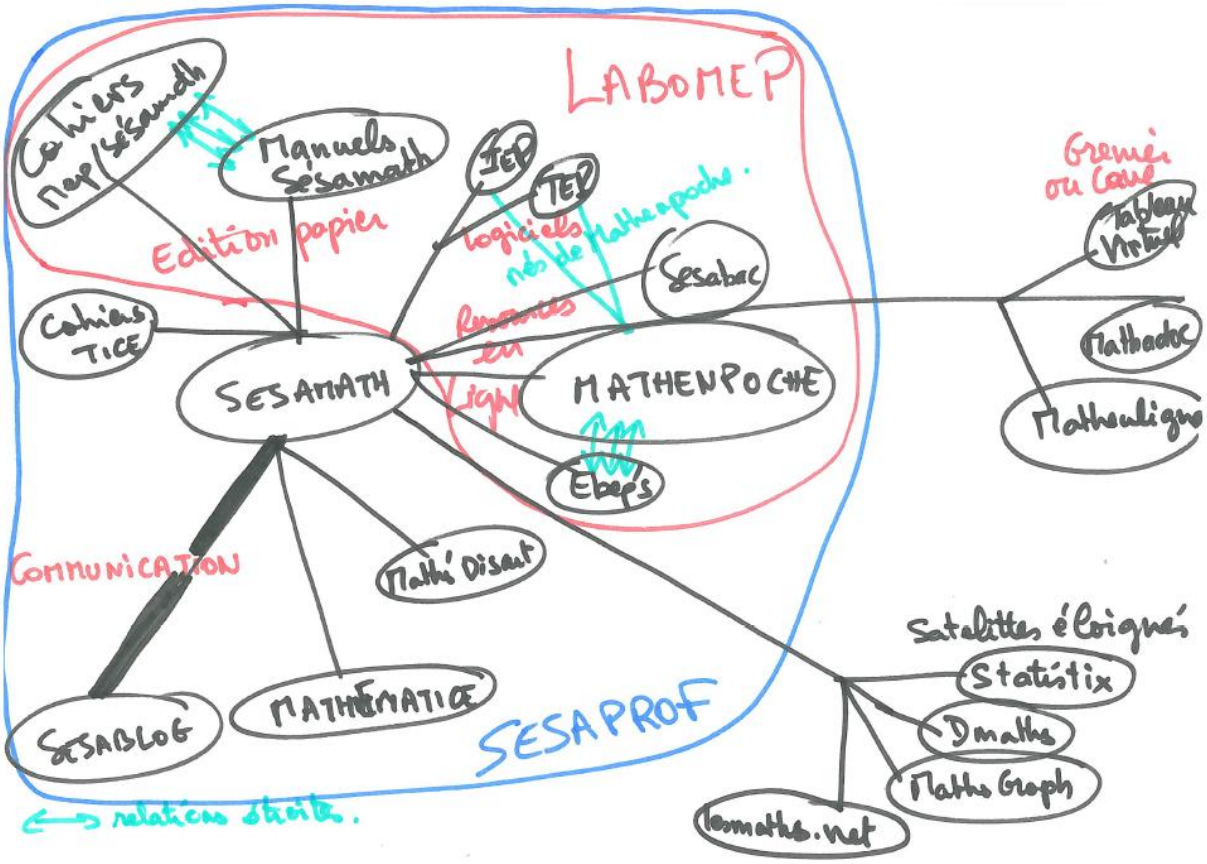


Figure 39. Représentation schématique des interactions collectives réalisées par BC

En ce qui concerne la RSIC de Bernard, nous dégageons une vision des interactions dans le cadre des différents projets centralisés par le CA de l'association (figure 40). Il perçoit un rôle essentiel du CA de l'association dans le développement des différents projets.

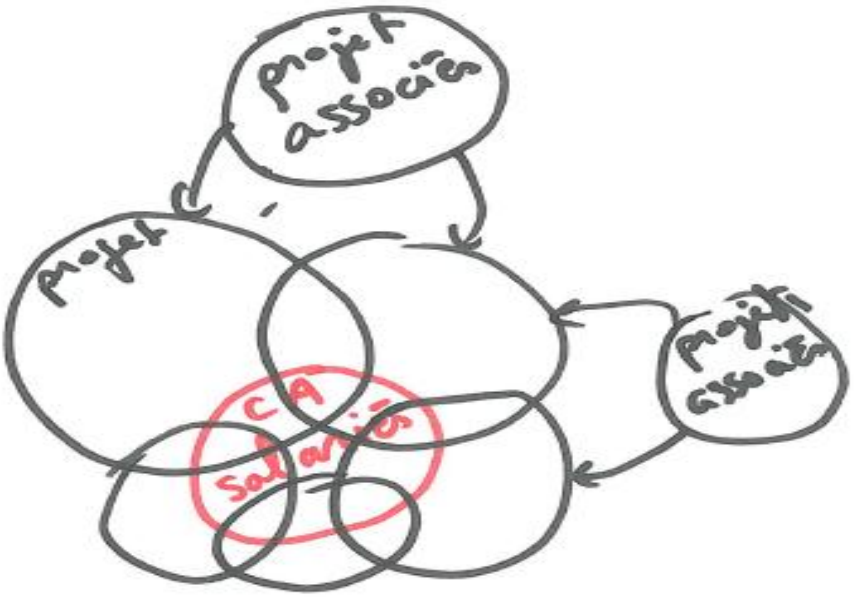


Figure 40. Représentation Schématique des Interactions Collectives réalisées par Bernard

La RSIC d'Anaïs (figure 41) représente une vision du développement du travail de digiTex par le processus suivant : on part d'une idée de projet, qui conduit à la création d'une équipe par les personnes intéressées par le projet, laquelle mène à la création d'une liste avec un responsable (membres de Sésamath). Dans cette liste, il y aura un « partage des tâches » pour la conception des ressources et la relecture de ces ressources.

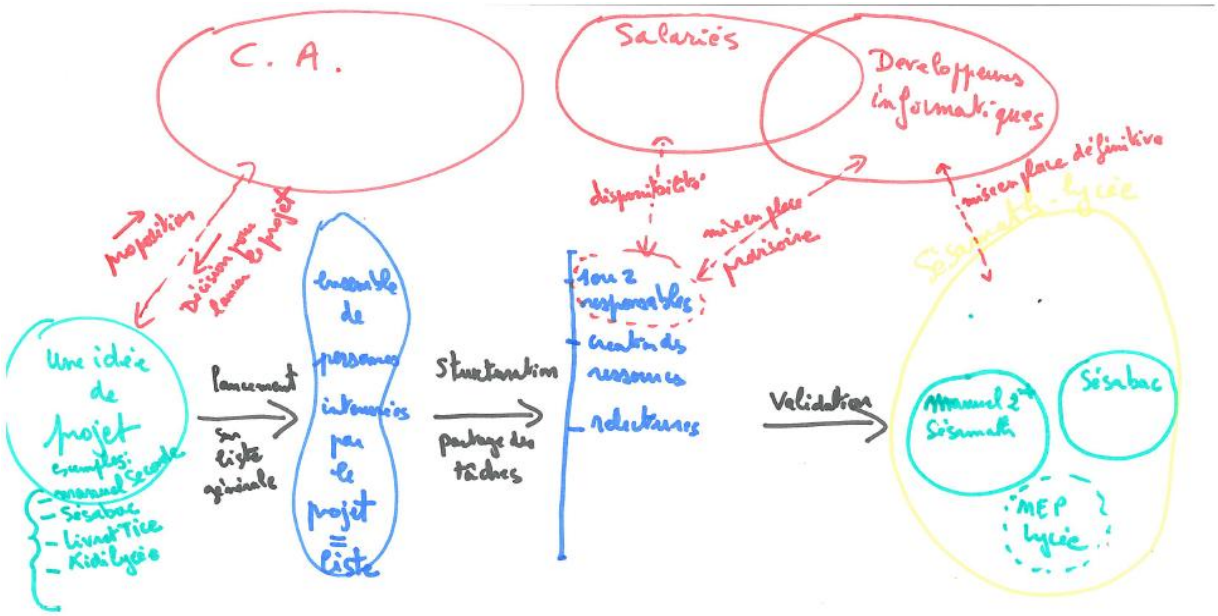


Figure 41. Représentation Schématique des Interactions Collectives d'Anaïs (voir aussi § 8.7.3)

Nous dégageons de cette analyse l'existence d'un fort rapprochement des visions des mathématiques entre les membres de digiTex dans ce cinquième segment temporel.

Pour synthétiser, les membres participant à ce cinquième segment temporel ont des visions divergentes des mathématiques et un rapprochement des visions de l'enseignement des mathématiques, des visions des TICE et des visions du travail collectif.

8.5.7 Synthèse de l'analyse du cinquième segment temporel

Après l'incident I4, il a eu un déséquilibre entre participation et documentation. De nombreuses propositions de ressources ont été faites sans qu'il y ait de conception de ressources pour le projet commun. La conception des ressources communautaires a commencé lorsque les membres ont résolu le problème de la nature de l'imbrication des deux systèmes de ressources de digiTex et de Kidimath 2nde (quelle est la place des ressources conçues dans Kidimath 2nde dans le projet digiTex). La mobilisation des ressources déjà construites a contribué à surmonter les effets de l'incident. Les ressources qui se sont développées dans ce segment temporel sont des ressources développant cette imbrication, comme en témoigne le développement parallèle de deux processus de conception de ressources (le processus de conception de ressources animées et le processus de conception de ressources papier). Le développement des deux processus en parallèle dans une activité de conception de ressources a contribué à la construction des connaissances communautaires, qui a renforcé l'équilibre entre participation et documentation et a contribué à un développement de la documentation communautaire.

La convergence de visions du travail collectif et la richesse dans la diversité des formes constitutives des KM et KE et des formes constitutives du mode de conception de ressources ont contribué au maintien de l'équilibre entre les deux processus de documentation et participation.

8.6 Analyse de la documentation individuelle – cas d'Anaïs

Dans cette partie, nous commençons par une présentation d'Anaïs (§ 8.6.1), nous continuons par une analyse de chacune de trois parties d'analyse de la documentation d'Anaïs (§ 7.8) : la première partie d'analyse correspond à une analyse de la documentation d'Anaïs en regard de la documentation de digiTex (§ 8.6.2) ; la deuxième correspond à une analyse des changements de la documentation d'Anaïs à la suite de l'incident documentaire individuel (§ 8.6.2) et la troisième correspond à une analyse de la documentation d'Anaïs en regard avec la documentation communautaire (§ 8.6.3). Nous mettons en évidence les effets des incidents documentaires individuels et communautaires sur les articulations entre les deux documentations. Nous poursuivons l'analyse suivant la méthodologie présentée dans le chapitre 7.

8.6.1 Présentation d'Anaïs

Anaïs (57 ans) est enseignante dans un lycée de centre ville à Nîmes. Elle avait, au début de notre étude (2009/2010), une classe de seconde et deux classes de terminale. Après 15 ans d'exercice dans diverses professions (y compris quelques années en tant que membre d'une communauté à la campagne), elle est retournée à l'université pour faire des études de mathématiques, passer le CAPES et a obtenu un poste de professeur de mathématiques. Elle a 18 ans d'expérience d'enseignement dont 15 ans en classe de seconde. Durant l'année scolaire 2010/2011, Anaïs a changé de lycée. Elle enseigne actuellement dans un lycée d'une autre ville du même département.

Elle est membre actif de plusieurs collectifs professionnels : Sésamath (plusieurs projets au niveau du lycée), l'IREM (elle fait partie d'une équipe qui travaille sur les algorithmes dans l'enseignement des mathématiques) et elle collabore de temps en temps avec des inspecteurs régionaux. Anaïs se présente[39] sur le site de Sésamath comme suit : *« j'enseigne au lycée xxx de Nîmes depuis 2001. J'ai rejoint l'équipe de Sésabac au printemps 2006»*. Elle dispose d'un site mathématique au lycée, qu'elle considère comme un site personnel.

8.6.2 Analyse de la première partie du suivi

Nous commençons par une analyse de l'entretien à domicile, nous continuons par une analyse de la représentation schématique de son système de ressources (RSSR) pour repérer des éléments sur ses visions. Nous menons ensuite une analyse du journal de bord et du cahier de texte d'Anaïs. A la fin de cette partie, nous présentons une conclusion croisant l'analyse de l'ensemble des données recueillies avec le développement de la documentation de digiTex au cours des segments temporels correspondants.

[39] Janvier 2010

Entretien à domicile

L'ensemble des citations données dans cette partie est extrait de l'entretien à domicile réalisé avec Anaïs (dont la transcription intégrale se trouve en annexe 16).

Le système de ressources d'Anaïs

Les supports de ressources d'Anaïs sont variés[40] : le disque dur externe, qui contient une partie importante de ses ressources, les classeurs, qui contiennent les ressources papier, les livres et revues mathématiques, la Toile à travers laquelle elle visite des sites et en anime d'autres et sa messagerie. Dans ce qui suit, nous détaillons la structure des ressources existantes dans chaque support.

Le disque dur externe

Le disque dur est d'une grande importance pour Anaïs. Elle exprime cette idée plusieurs fois au cours de l'entretien. A deux moments, elle imagine même sa réaction face à « une perte » de ces données, pour marquer l'importance qu'elle y attache : *« […] sur mon disque dur il y a tout en fait […] Dans ce disque dur il y a toutes mes ressources »* (phrase 4) ; *« le plus important ? Ben c'est mon disque dur quand même. Parce que si je le perdais, il faudrait que je recommence tout ! Tout retaper […] Parce que l'essentiel, le plus long travail, c'est quand même de taper, de mettre en forme. Donc, ça serait la plus grosse perte »* (phrase 26) ; *« pour mon travail, le plus important c'est mon disque dur, parce que vraiment, c'est mon travail. Si je perdais mon disque dur, j'aurai l'impression de perdre tout mon travail. Parce qu'il faudrait que je redémarre à zéro […] non, parce que je pourrais les retrouver ailleurs, mais c'est tous mes fichiers […] voilà, donc ça c'est le plus important »* (phrase 90).

A la racine du disque dur, les ressources sont classées par niveau scolaire, on y trouve les dossiers suivants : « collège », « lycée » et « liaisons ». On y trouve aussi un dossier « docs projets », un dossier « Sésamath » et un dossier « TICE » :

- à l'intérieur d'un dossier d'un certain niveau scolaire, lycée par exemple, les dossiers sont rangés par classe. On y trouve un dossier pour la classe de « Seconde », un deuxième pour la classe de « Première » et un troisième pour la classe de « Terminale ». Si on considère le dossier de la classe de « Seconde », les ressources y sont rangées par thèmes : « fonction », « géométrie », « statistique », les « devoirs » sont à part. Ces derniers sont classés par année, depuis l'année 1995 jusqu'à 2009/2010. Ils contiennent les DM, DS et leurs corrections. A l'intérieur des dossiers des thèmes se trouvent les « cours », toute la série d'exercices et les objectifs. Ces derniers ne sont pas organisés chronologiquement : les ressources des années précédentes y sont présentées « en vrac » ;
- dans le dossier « docs projets », on trouve les ressources résultant des projets scientifiques dans lesquels Anaïs a été impliquée : « Laboratoire de mathématiques » et « la fête des sciences » ;
- dans le dossier « Sésamath », il y a les ressources des projets de l'association dans lesquels elle est impliquée : « KidiLycée » et « Sésabac ». Le dossier du projet « KidiLycée » n'est pas rangé, mais ceux de « Sésabac » sont rangés par année ;
- dans le dossier « TICE », Anaïs range des fichiers exécutables (.exe) des différents logiciels de traitement de texte, des logiciels navigateurs, des logiciels de mathématiques

[40] Toutes les ressources ne sont pas nécessairement conservées sur des supports externes. Par exemple, les échanges avec les élèves sont des ressources mémorisées.

(géométrie dynamique et calcul formel). L'existence de ces logiciels sur le disque les rend facilement mobilisables : *« par exemple, quand je vais travailler au lycée, il n'y a pas forcément sur les ordinateurs du lycée OpenOffice ou les logiciels que j'utilise. Donc dans les applications je les ai…firefox, OpenOffice, mozilla. J'ai mis encore des applications comme GeoGebra et tous les logiciels de maths XCAS* […] *à chaque fois que j'ai besoin d'un logiciel de maths, je l'installe là, ce qui fait que quand je serai au lycée, je peux travailler avec ces logiciels, même si ce n'est pas installé sur l'ordinateur »* (phrase 116)

Notons que certaines ressources n'ont pas trouvé une place stable sur son disque dur. Par exemple, le dossier « algorithme » qui contient les ressources se rapportant au travail dans le cadre du groupe IREM : *« je ne me rappelle plus si j'ai fait un "docs IREM" ou pas… Ah, oui, si, j'ai fait un petit dossier algorithme…non, je ne l'ai pas mis encore, parce qu'on n'a pas fait encore… ah si, là j'ai un dossier "algorithme", mais tout est en vrac comme tu vois. Je n'ai pas mis spécialement ce qu'on a commencé, puisqu'on a encore rien commencé »* (phrase 42). Les ressources dans ce dossier sont en vrac pour le moment, elle ne les utilise pas pour son enseignement.

La présence ou l'absence d'une organisation chronologique de certaines ressources sur le disque dur est liée à l'usage que fait Anaïs de ces ressources. Les modifications que subissent les cours d'une année à l'autre ne sont significatifs que s'il y a des changements profonds du programme, mais les DM et les DS sont modifiés chaque année, ce qui semble naturel, parce que ceux des années antérieures sont à disposition des élèves. L'organisation des ressources travaillées dans le cadre de Sésamath semble liée à la nature du projet : le projet « KidiLycée » est un projet de conception de ressources pour les élèves, tandis que le projet « Sésabac » consiste à proposer des sujets de baccalauréat pour toutes les séries, avec des corrigés animés. L'organisation des ressources sur le disque dur d'Anaïs est donc étroitement liée aux questions d'usages de ces ressources et de leur place dans son enseignement. Les ressources issues des différents projets de Sésamath occupent une place importante parmi les ressources numériques de son disque dur.

Bibliothèques des classeurs et des livres

Les classeurs d'Anaïs contiennent les activités et problèmes mathématiques conçus pour sa classe ainsi que les devoirs : *« une trace papier de tous les fichiers en fait »* (phrase 16). La plupart de ces fichiers sont des fichiers qui existent sous format numérique sur le disque dur. Chaque classeur renvoie à un thème mathématique précis, pour une classe donnée : « vecteurs », « géométrie », « géométrie dans l'espace » et autres.

Les classeurs contiennent également des livres de différents types. Parmi ceux qu'elle cite (et que nous avons vus), se trouve un manuel de la classe de seconde ainsi que des revues et livres mathématiques, mais elle *« les utilise de moins en moins depuis qu'il y a Internet »* (phrase 22). Y figurent aussi les brochures IREM qu'elle commandait beaucoup avant l'utilisation d'Internet.

L'ordinateur portable connecté

L'Internet est le support de plusieurs sites qu'Anaïs utilise. En fonction de l'usage, nous avons remarqué deux types de sites : les sites sur lesquels elle cherche des ressources pour son enseignement et les sites sur lesquels elle met ses propres ressources.

Dans un premier temps, regardons les sites sur lesquels Anaïs cherche ses ressources. En ce qui concerne la classe de seconde, Anaïs dit : *«* […] *pour les Seconde,* […] *c'est plus sur Internet que je trouve les ressources »* (phrase 22). Elle ajoute qu'il y a : *« plein de collègues qui mettent*

leur travail en ligne. Donc, on peut récupérer des idées » (phrase 24). Parmi ces sites, on compte Sésamath, Bacamath, Xmaths, maths en seconde.

En ce qui concerne les sites sur lesquels elle met ses propres ressources, elle cite plus particulièrement le site des classes du lycée et le site mathématiques du lycée :

- dans le site des classes, se trouvent les cahiers de texte de chaque classe. Y figurent des liens vers les devoirs faits et leurs corrigés ainsi que des liens vers les exercices (voir figure 42). Elle a commencé à concevoir ainsi ses propres cahiers de texte depuis 2009 (début de notre étude).

Leçon 4 : Fonctions et équations	Vendredi 20/11/09	Travail en groupe : un problème et une équation ...	Pour lundi 23 /11 devoir maison à rendre avec le dossier n°3. Il est conseillé d'utiliser le logiciel sinequanon pour les graphiques
Leçon 4 : Fonctions et équations	Lundi 23/11/09	Résolution d'équations par le graphique et par le calcul.	Faire exercice 1 et exercice 2 (1 à 6) de la fiche distribuée
Leçon 4 : Fonctions et équations	Jeudi 26/11/09	Correction des exercices puis Suite de la leçon Résolution d'équations par le graphique et par le calcul. Équations du premier degré , puis équations de la forme $X^2 = A$	Pour Vendredi 27 finir exercice 2 puis faire exercice 3, 1° et 2°
Leçon 4 : Fonctions et équations	Vendredi 27/11/09	Équations produits, équations quotients : Travail en groupe exercices 3 , 4 , 5 de la fiche	Pour lundi 30/11/09 faire la première ligne de l'exercice 6.
Leçon 4 : Fonctions et équations	Lundi 30/11/09	Correction des exercices puis fin de la leçon. Voir l'ensemble de la leçon à mémoriser.	Pour Jeudi 3/12/09 faire problèmes 1 et 2 de la fiche "problèmes"
Leçon 4 : Fonctions et équations	Jeudi 3/12/09	Mise en équations de problèmes Corrigé des problèmes	Prévoir pour Vendredi 11 /12 un devoir de 2 h , bilan des quatre premières leçons.
Leçon 4 : Fonctions et équations	Vendredi 4/12/09	Travail sur le vocabulaire : résoudre une équation , c'est chercher des antécédents, c'est lire des abscisses de points d'intersection.	Pour Lundi 7/12/09 , terminer tous les exercices de la fiche équations

Figure 42. Extrait du cahier de texte sur le site de classe de seconde d'Anaïs

- sur le site lycée, il y a une rubrique intitulé « sites favoris » (voir figure 43) où Anaïs propose des sites qui peuvent intéressés ses élèves ; une partie archive où elle met tous les devoirs des années précédentes, afin qu'ils soient à disposition des élèves. Elle indique également des liens vers des logiciels de mathématiques : *« Quand on travaille dans une salle informatique, qu'ils puissent trouver vite tous les logiciels qu'on utilise. Donc pour les logiciels de maths, ils peuvent trouver : GeoGebra, Sinequanon, Tracenpoche, Géoplan, voilà tous les sites auxquels ils peuvent avoir accès facilement »* (phrase 72). Il y a également des sites de mathématiques : *« il y a des sites de maths qui sont intéressants aussi, il y a Sésamath, Bacamath, Xmaths, maths en Seconde…fin il y a une sélection de sites sur lesquels ils peuvent aller »* (phrase 72). Nous trouvons aussi dans les rubriques des classes : *« les devoirs aussi des années précédentes. Voilà par exemple, il y a tous les devoirs de cette année-là avec les corrigés pour qu'ils puissent s'entraîner »* (phrase 72).

Figure 43. . Les différentes rubriques et les objectifs du site mathématiques au lycée

<u>La messagerie</u>

La messagerie d'Anaïs est un support de ressources important. On y trouve une variété de types de ressources : des ressources numériques (activités, exercices d'entraînement, problèmes de recherches), des ressources « sociocognitives » (échanges d'idées avec les collègues, conseils donnés par un professeur), des ressources via Internet (attirer son attention vers des sites précis, etc.). Dans la messagerie d'Anaïs, il y a également des dossiers pour chacune des listes de diffusion d'Anaïs sur lesquelles elle est inscrite (les différentes listes de diffusion dédiés à des projets de Sésamath).

Parmi l'ensemble des supports, on peut citer sa « petite » clé USB qu'elle utilise plus particulièrement dans le cadre d'échanges de ressources.

Nous dégageons de ce premier état des lieux que le disque dur se situe au centre du système de ressources d'Anaïs, il contient toute une histoire d'évolution des ses ressources existant sur des différents supports : *« je suis sûre que sur mon disque dur, il y a tout. Tandis que sur les sites du Lycée ou sur le site des classes, je n'ai pas forcément remonté tout. Sur mon disque dur, il peut y avoir des brouillons et des choses en stock dont je sais qu'un jour je m'en servirai. Il y a aussi des documents qui datent d'une dizaine d'années que je ne les ai pas ailleurs, et sur le site de classe tout n'est pas remonté dessus »* (phrase 92).

Selon Anaïs, toute cette structure était différente il y a quinze ans : il n'y avait que des ressources version papier, des livres, des brochures IREM qui sont actuellement à la marge de son système de ressources. Anaïs raconte l'histoire de l'évolution des différents supports comme suit :

« Au début c'était papier, en plus, j'écris pas très bien… bon, dès que j'ai pu taper à l'ordinateur, j'ai trouvé que c'était nettement mieux… puis ***<u>c'est plus facile à modifier, de ranger d'une année sur l'autre, de reprendre</u>*** […] *J'ai quand même fait mes fichiers sur des*

disquettes à ce moment là, mais je n'avais pas Internet. Internet je l'ai depuis… il y a 15 ans Internet on n'y trouvait rien, regarder sur Internet il y avait pratiquement rien, il y avait pratiquement pas de ressources de maths disponibles…enfin…ou de documents de profs de maths, il y avait pratiquement pas. Ça a évolué finalement très vite, ça fait maintenant… disons 10 ans. Mais ça a évolué très très rapidement. Après, ***de plus en plus j'ai pris l'habitude de tout bien organiser sur un disque dur****. Ben, j'avais pas un disque dur externe comme je l'ai là qui permet de…****ben je prends tout mon travail pour aller au lycée,*** *au départ c'était tout un tas de disquette. Après c'est passé aux CD, donc je mettais beaucoup sur CD et puis maintenant j'ai ni disquette, ni CD* […] *c'est les disques durs externes ou les clés USB »* (phrase 98).

On dégage de ces déclarations l'idée que l'évolution des supports de ressources est attachée étroitement à une évolution d'une valeur opérationnelle de ces supports dans son travail : « facile à modifier », « ranger », « reprendre », « tout bien organiser sur un disque dur », « je prends tout mon travail ».

Nous classons les ressources observées et citées dans l'entretien par Anaïs en fonction des catégories suivantes :

Des ressources qui permettent à l'enseignant de forger le savoir à enseigner. Parmi ces ressources, il y a des calculatrices (notamment la calculatrice graphique, des logiciels de mathématiques : XCAS (calcul formel), GeoGebra (géométrie dynamique), Sinequanon (traceur de courbe), Tracenpoche, Géoplan ; Algobox (logiciel pour l'élaboration et l'exécution des algorithmes dans l'enseignement des mathématiques). Se trouvent également dans cette catégorie les ressources adaptables et modifiables (des fiches de cours, des fiches d'exercices, des DM et des DS depuis 1995), ainsi que des ressources issues de son implication dans plusieurs collectifs (les ressources issues du projet « KidiLycée » avec des différentes versions de chacune).

Des ressources support pour préparer l'enseignement des mathématiques. On attache à ce type de ressources les ressources issues de Sésamath ; Bacamath ; Xmaths ; maths en seconde ; Site Eduscol.

Des ressources qui permettent à l'enseignant d'orienter ses activités. Ce type de ressources joue un rôle crucial dans le système de ressources d'Anaïs. Les échanges avec les collègues, en particulier, via le mail sont essentiels (les mails échangés avec les membres Sésamath par exemple) ainsi que les échanges avec les élèves via le site des classes.

Nous dégageons de cette analyse le fait que les ressources de Sésamath occupent une place importante dans le système de ressources d'Anaïs, elles sont présentes dans les différents supports et elles couvrent différents types de ressources.

Approche du système d'activité d'Anaïs à partir de l'entretien à domicile

Notre but est ici d'identifier, en analysant la transcription de l'entretien, les classes de situation, que nous rattachons ensuite à des familles d'activités (§ 3.5). Nous repérons ainsi sept classes de situation.

Concevoir des ressources. Cette classe de situations a lieu dans le cadre d'un travail scolaire ou extrascolaire. Dans le cadre du travail extrascolaire, Anaïs cite Sésamath : *« En Sésamath en ce moment, on est en train de travailler sur "KidiLycée"…donc les documents de "KidiLycée" ça. C'est au fur et à mesure qu'on travaille sur un document, je les range là »* (phrase 12). Elle mentionne également d'autre projets dont les résultats du travail entrepris sont rangés dans un dossier « docs projets » : « *Par exemple, dans les "docs projets" il y a tout ce qu'on fait dans le*

labo de maths, La fête de la science, il y a tous les projets qu'on a fait » (phrase 10). Suivant la finalité annoncée, nous plaçons cette classe de situation dans la famille d'activité [C/O découverte].

Chercher des ressources pour son enseignement. Elle cherche sur Internet des ressources pour la classe de seconde : *« ...pour les Seconde,* […] *c'est plus sur Internet que je trouve les ressources »* (phrase 22). Elle cherche plus particulièrement dans Sésamath des activités pour son enseignement, mais elle explore aussi des livres et différents manuels : *« les livres c'est pour préparer des nouvelles…si c'est des livres d'élèves je les utilise pour faire des choix d'exercices de temps à autre, ou bien si c'est recherche d'idées »* (phrase 122). Nous rattachons cette classe de situation à la famille d'activité [C/O Synthèse].

Préparer un cours pour la classe de seconde. Anaïs prépare avec deux enseignants du Lycée son cours pour la classe de seconde. Elle évoque cette tâche comme suit : *« Là on est trois à travailler sur le niveau Seconde* […] *En général, on travaille d'abord sur papier, là on prend une heure ou deux, on prépare, on dit qu'on va faire ici ça et ça et ça. Et après, on se repartit le travail : il y en a un qui va taper la fiche de cours l'autre la fiche de devoir. Et après on s'envoie par mail »* (phrase 36). Nous mettons cette activité dans la famille [Réflexion].

Échanger des ressources. Les échanges qu'effectue Anaïs sont de différents types. Ils sont liés au cadre collectif dans lequel elle les effectue :

- avec Sésamath, les échanges s'effectuent par mel exclusivement : *« avec Sésamath c'est surtout par mel, parce que les gens sont partout en France et tu les vois rarement »* (phrase 44) ;
- au lycée : *«* […] *au lycée, on peut se voir assez facilement, donc c'est avec les clés, avec le disque dur, mais par mail aussi »* (phrase 44) ;
- à l'IREM : *«* […] *à l'IREM, ça va être par mail essentiellement et après une fois par semaine, essentiellement, on doit aller à Montpellier »* (phrase 44).

Pour Anaïs, échanger ne se réduit pas aux ressources matérielles, l'ensemble des idées émergeant lors des discussions constitue une dimension importante des échanges. Nous remarquons ceci dans sa préférence pour les échanges en présence (*« parce qu'on optimise là plus de temps »)*, même si elle communique également beaucoup par mail avec ses collègues. Ces mails, contenant des ressources, sont toujours accompagnés de l'explicitation d'idées didactiques. Elle mobilise comme moyen d'échanges les mails, les clés USB, son disque dur externe. Les évolutions technologiques ont favorisé l'échange d'Anaïs avec ses collègues. Ceci semble clair lorsque l'on considère les moyens d'échanges qu'elle utilise (mails et clé USB). Cette idée apparaît aussi dans son discours. Par exemple, lorsqu'elle évoque la nature et les supports d'échanges il y a quinze ans : *« il y en avait pas du tout. Les mails ça n'existait pas… c'était moi facile d'échanger, beaucoup moi facile d'échanger… Donc, c'était moi facile, disons, de profiter du travail des autres »* (phrase 48). Anaïs préfère échanger autour des thèmes sur lesquels elle a moins d'idées et de ressources : *« Statistiques et proba j'ai moyennement d'idées ou de* […] *donc là j'aime bien ça* […] *Et tout ce qui est nouveau pour savoir un petit peu* […] *ben l'algorithme par exemple là cette année, c'est intéressant d'avoir des idées de ressources là-dessus. Après le reste, il y en a tellement maintenant* […] *j'en ai tout un stock »* (phrase 56). Il semble que ces échanges sont, pour Anaïs, porteurs de nouvelles connaissances. Au regard des finalités annoncées par Anaïs, nous mettons cette classe de situation dans trois familles d'activités : [C/O Découverte], [Réflexion] et [C/O Synthèse].

Mettre des ressources à disposition des élèves. Anaïs met par exemple à disposition des élèves, sur le site du lycée, des fiches pour s'entraîner (des devoirs avec leurs corrigés notamment). Un des objectifs du site de la classe est d'ailleurs de « mettre à disposition des élèves des ressources » (Nous rappelons que le site mathématique du lycée est dirigé par Anaïs et elle le considère comme sont site « perso »). Les élèves d'Anaïs semblent être au centre de son travail d'enseignement. Nous plaçons cette classe de situation dans la famille d'activité [C/O Technique].

Modifier des ressources. Le travail de modification de ressources par Anaïs est conditionné par trois facteurs : *« En fonction des changements du programme, en fonction des recommandations institutionnelles et en fonction du niveau de la classe »* (phrase 142). La modification est, d'un côté, lié au bilan dressé par Anaïs après mise en œuvre de la ressource en classe, et, d'un autre côté, ces modifications s'inscrivent dans un processus d'adaptation d'une ressource aux élèves de la classe : *« En théorie, il faudrait au fur et à mesure jeter les vieux documents, en fait je les garde. Parce que… je me dis cette année j'ai modifié le document de cette façon, mais peut-être que l'an prochain je trouverai que la version antérieure n'était pas plus mal ; où bien, là cette année, j'ai une classe faible. Je vais modifier le document pour l'adapter mais peut-être que l'an prochain la classe sera bonne et je pourrai réutiliser le document tel qu'il était là… bon… ce qui fait que j'accumule plusieurs versions du même document »* (phrase 132). Nous remarquons qu'elle utilise le verbe « adapter » à plusieurs reprises : *« il y a un petit problème de géométrie puis on demande la position de M pour que la distance MN soit minimale par exemple…voilà, on peut adapter* […] *»* (phrase 186). Suivant la finalité annoncée, nous mettons cette classe de situation dans la famille d'activité [C/O Synthèse].

Préparer une séance introduisant l'algorithmique. Cette classe de situation subit des transformations liées au changement de programme de la classe de seconde. La place de l'algorithmique était réduite dans son enseignement. Cette place s'accroît dans son travail d'enseignement : *« la place était très réduite, sauf en terminale S où on faisait… on écrivait des petits programmes pour l'arithmétique par exemple. Cette année, on essaie justement de…pour chaque chapitre de voir si on peut mettre des petits TD sur l'algorithme. Donc on a commencé par des petits TD sur les fonctions justement »* (phrase 144). Cette classe de situation appartient à la famille d'activité [C/O Découverte].

Ces sept classes de situation sont articulées entre elles. Parmi elles, les trois les plus proches sont : *chercher des ressources pour son enseignement ; préparer un cours pour la classe de Seconde ; préparer une séance introduisant l'algorithmique.* L'ensemble des classes de situation repérées se répartissent dans les familles d'activité suivantes : [C/O Découverte], [Réflexion] et [C/O Synthèse] et [C/O Technique]. Notons qu'une dimension collective est présente dans l'ensemble de ces familles d'activité.

Continuons avec les familles d'activité repérées au cours de cet entretien :

[Réflexion]. A travers les propos d'Anaïs lors de l'entretien, nous repérons deux activités qui ayant pour finalité de développer une réflexion sur ses propres pratiques :

- discuter avec les inspecteurs sur la manière d'aborder l'algorithmique : *« on a concerté* […] *et les inspecteurs ont dit la même chose* […] *il faut aller doucement, puisque c'est nouveau, les enseignants ne sont pas préparés tellement à ça. Donc, on va y aller doucement. C'est-à-dire quand on pourra, quand on aura l'occasion »* (phrase 148) ;
- *« Regarder comment fonctionne Algobox »* (phrase 156). Sur Algobox, on fait les programmes en utilisant un langage naturel.

Nous remarquons que ces deux activités tournent autour de « l'algorithmique », récemment introduit dans le programme pour la classe de seconde. Cette introduction a amené Anaïs à développer une réflexion sur sa pratique autour de l'enseignement de ce thème.

[C/O Planification]. Nous avons repéré trois activités ayant pour finalité la conception et planification de l'enseignement :

- Élaborer une progression pour son enseignement et planifier selon des « périodes » d'enseignement. Voilà ce qu'elle dit à ce propos : « […] *là ça, c'est le thème des fonctions et dans ce thème, je dois avoir f1, puis je dois avoir f2. Ça c'est par période, puis je dois classer… tout ce qui concerne les fonctions, je dois le faire en quatre fois. La première période a été faite et la deuxième aussi f2* » (phrase 6) ;
- Planifier le déroulement temporel d'un chapitre : *« Donc, quand on fait une séance…une séance c'est ben…une activité de démarrage pour présenter la notion, après c'est le cours, qu'est-ce qu'on va présenter comme cours et après c'est toutes les séries d'exercices qu'on va faire, les devoirs qu'on va faire, le devoir maison…enfin tous les types d'activités sont à faire »* (phrase 54). Dans cette explication, on discerne une prévision du déroulement temporel d'un chapitre ;
- Décomposer le cahier de texte (le cahier du texte sur le site) en des périodes, séparées par des vacances *« pour que ça ne fasse pas trop long »* (phrase 84).

[C/O Découverte]. Nous avons repéré à travers l'entretien une seule activité qui s'inscrit dans cette famille. Le travail autour des ressources qu'Anaïs élabore dans le cadre des projets Sésamath constitue aussi pour elle des moments de recherche d'idées pour préparer son enseignement *« Par exemple celui là. Celui là c'est "variations et Extrema des fonctions", je n'ai pas fait encore la leçon avec les miens. En fait, je veux le transformer et je veux le réutiliser pour ma classe. Je veux l'adapter à ma classe par exemple »* (phrase 32).

[C/O Technique]. Une activité émergeant au fil de l'entretien s'inscrit dans cette famille : mettre à disposition des élèves des ressources pour s'entraîner. Anaïs met sur le site du lycée des devoirs corrigés ou bien des exercices) pour que les élèves s'entraînent chez eux : *« Voilà par exemple, il y a tous les devoirs de cette année là avec les corrigés pour qu'ils puissent s'entraîner »* (phrase 72).

[C/O Évaluation]. Nous avons repéré une activité qui s'inscrit dans le cadre de cette famille : élaborer des sujets des devoirs pour la classe. Anaïs est toujours obligée de faire ce travail puisque tous les devoirs des années précédentes sont en ligne :

> **HS :** *tu changes alors les DM, les DS et les cours chaque année ?*
>
> **Anaïs :** *oui…le cours pas forcément, en tous cas les DM et les DS oui.* (phrases 67 et 68).

[C/O Suivi]. Nous avons repéré une activité qui s'inscrit dans le cadre de cette famille : suivre le planning des devoirs des élèves. Voici un extrait des déclarations d'Anaïs lors de l'entretien illustrant cette famille d'activité *: « on met là le planning des devoirs. Là, il y a une élève qui se charge de rentrer les dates de devoirs dans les autres matières. Moi je remplis pour les maths et elle, elle remplit pour les autres matières. Ça permet d'avoir une idée sur les devoirs qui sont donnés dans la semaine »* (phrase 80).

[Vie établissement]. Nous avons repéré, dans l'entretien, une seule activité qui s'inscrit dans le cadre de cette famille : s'occuper du site des mathématiques au Lycée avec un collègue.

[Vie collectif]. De même**,** une seule activité s'inscrit dans le cadre de cette famille : animer des journées de formation autour du nouveau programme avec l'inspection régionale. Nous

présentons un extrait pour illustrer cette famille d'activité : *« Dans cette journée là, on a travaillé la plupart du temps sur la progression. Donc toute la matinée était un travail sur la progression, comment on fait une progression* […] *là ils ont insisté sur le fait qu'il ne fallait pas faire un chapitre puis ne pas en parler* […] *mais étaler toutes les notions sur toute l'année. Aussi bien pour les fonctions par exemple. C'est une notion un peu difficile et il fallait le faire petit à petit, pour faire les choses les plus difficiles à la fin de l'année* […] *Donc, c'était surtout ça, bien faire passer l'idée qu'il fallait étaler les notions sur l'année. Et puis l'après-midi on a bien travaillé justement* […] *comment aborder les fonctions, mais plus par les problèmes, donc comment faire des activités plus ouvertes qu'on faisait avant* […] *ça a été surtout ça* […] *prendre par exemple des activités mais modifier complètement la façon de la rédiger »* (phrase 166). Nous remarquons qu'Anaïs est empreinte des recommandations institutionnelles pour la préparation de son enseignement de la notion de fonction.

En conclusion, nous pouvons dire que la dimension collective est importante dans le système d'activité d'Anaïs.

Des éléments pour l'approche du monde d'Anaïs

Notre objectif est à présent d'approcher des visions composantes du monde d'Anaïs. Certaines sont dégagées de ses déclarations, d'autres sont étayées à la fois par ses propos lors de l'entretien et par l'observation directe des ressources. Nous présentons dans ce qui suit les formes constitutives des KM et KE, des formes constitutives d'accès aux KM et KE et des formes constitutives du mode de conception de ressources.

L'enseignement d'une notion se déroule suivant une structure fixe : l'introduction d'une notion se réalise à partir de ce qu'Anaïs appelle une « activité de démarrage », suivent successivement « le cours », une « série d'exercices à faire » puis les devoirs (DM et DS). Ceci constitue une forme constitutive de mode de conception de ressources et constitutive aussi de KM et KE.

L'apprentissage suppose de mettre l'élève dans une situation d'auto-apprentissage. Cette forme constitutive des KE s'incarne dans des activités telles que « mettre à leur disposition » des ressources sur « le site du lycée ».

La vision de l'enseignement de fonction subit des transformations liées aux changements du programme. Anaïs annonce qu'elle a vécu deux « esprits différents » de l'enseignement des fonctions : un enseignement « plus guidé » et *« maintenant l'esprit du programme c'est* ***plus d'ouvrir un peu des questions, de moins mâcher le travail pour que les élèves aient un peu plus d'initiative*** *»* (phrase 140). Les journées de formation autour du programme qu'elle a animé entraient dans le cadre de l'explication de ce « nouvel esprit ». Ce changement d'esprit induit un travail sur les ressources autour des fonctions : *« on a plutôt repris des anciennes ressources, reformulé les questions autrement, pour que ça soit moins mâchés…c'est plutôt ce travail là qu'on a fait pour reformuler une question plus ouverte »* (phrase 140). Cette vision de l'enseignement des fonctions a été impulsée par une contrainte institutionnelle.

L'introduction des fonctions à partir de petits problèmes de recherche, de conjecture et d'expérimentation. *« J'aime bien leur demander d'abord d'expérimenter avec la calculatrice par exemple, chercher d'abord avec la calculatrice, conjecturer le nombre de solutions … par exemple f(x) = 0 qu'ils conjecturent avec la calculatrice…et une fois qu'ils ont conjecturé, après qu'ils fassent la preuve par le calcul. Mais je trouve que c'est bien important d'abord qu'ils visualisent »* (phrase 182). Cette forme est constitutive de mode de conception de ressources

(ceci apparaît dans son cahier de texte, comme évoqué lors de l'analyse du journal de bord dans la première partie).

Trois paramètres déterminent la préparation d'une séance de classe *« changements du programme »*, *« des recommandations institutionnelles »* et *« niveau de la classe »* (phrase 142). C'est une forme constitutive de mode de conception de ressources.

Les éléments du monde ainsi repérés font partie de la vision de l'enseignement des mathématiques et de la vision des TICE. Nous complétons l'approche du monde d'Anaïs par l'analyse des autres données recueillies autour de sa documentation.

Analyse de la RSSR d'Anaïs

Dans notre analyse de la RSSR (figure 44), nous présentons des extraits des discussions qui ont accompagné le dessin de la RSSR et qui font partie de l'entretien à domicile (Annexe 16). Nous commençons par l'analyse de cette RSSR. Nous repérons ensuite des visions d'Anaïs, notamment les visions de l'enseignement des mathématiques et du travail collectif.

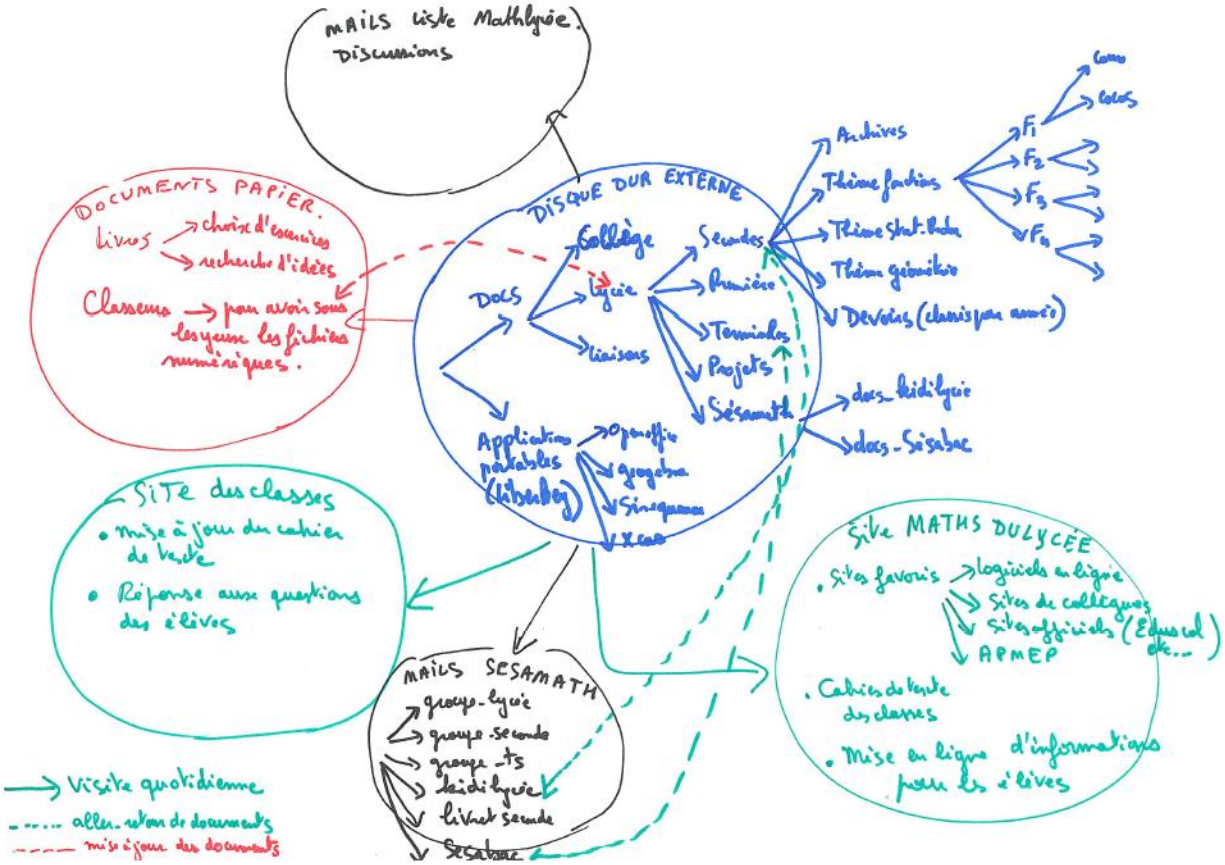


Figure 44. Représentation Schématique du Système de ressources réalisées par Anaïs

La structure du système de ressources dans la représentation schématique réalisées par Anaïs est différente de la structure de ressources existantes dans les différents supports (d'après la visite guidée que nous avons effectuée). En comparant ce que nous avons observé de la structure du système de ressources d'Anaïs et ce qu'elle a réalisé dans la RSSR, nous constatons que ce qui est noté dans la représentation ce sont les ressources effectivement en action dans la préparation de son enseignement.

Le disque dur est au centre de la représentation schématique : *« j'ai mis le disque dur au centre parce que l'essentiel de mon travail c'est le disque dur… »* (phrase 120), les autres petits schémas s'articulent en périphérie du disque dur. Ceci reflète d'une certaine façon l'importance des ressources comprises dans le disque dur dans son travail d'enseignement.

Les différents supports de ressources sont cités dans cette représentation schématique ; disque dur, ressources papier, messagerie et sites. Pour chacun de ces supports, elle note ce qui lui paraît essentiel : *« ce que je note là c'est l'essentiel si tu veux »* (phrase 112). Notons que les informations relatives au disque dur sont les plus exhaustives. Chaque support est représenté par une couleur de feutre différente :

- le disque dur en bleu ;
- les sites en vert : elle cite deux sites représentés graphiquement par deux schémas séparés. Il s'agit du site des classes et du site maths du lycée ;
- la messagerie en noir. Dans la messagerie, elle dessine deux représentations schématiques séparées : dans la première elle cite toutes les listes de « Sésamath » dans lesquelles elle est inscrite, mise à part l'une d'entre elles qu'elle a représenté à part (la liste « mathlycée »). A propos de la raison l'ayant conduite à cette séparation entre les deux schémas, elle dit : *« je l'ai mise à part parce qu'il y a une vingtaine ou une quarantaine de mails par jour…pas forcément tous intéressants. Ce n'est pas une liste de travail, c'est pour échanger et faire des choses »* (phrase 154).
- les ressources papier en rouge.

D'après les flèches tracées, nous remarquons que le disque dur « nourrit » les différents autres supports cités. Par contre, il se nourrit essentiellement de Sésamath : « KidiLycée » alimente son enseignement pour la classe de seconde et « Sésabac » son enseignement pour la classe de terminale. Ceci reflète une forme constitutive de mode de conception de ressources se basant sur les ressources du projet KidiLycée. La liste groupe_lycée est existante dans son système de ressources, mais à ce stade de développement du projet, il n'y a pas de rapport explicité entre les ressources de cette liste et son enseignement en classe de seconde. Dans sa représentation schématique, elle considère les mails échangés avec les membres de Sésamath comme une partie de son système de ressources, mais pas le site de l'association : « En fait Sésamath c'est plutôt les mails, parce que le travail se fait par mail, ce n'est pas tellement le site Sésamath » (phrase 124). C'est une vision pragmatique de l'association. Nous inférons de ceci une vision du travail collectif d'Anaïs : son implication dans Sésamath est une composante naturelle de la préparation de son enseignement.

Si l'on part de l'idée que ce qu'elle note est l'essentiel, nous remarquons que les élèves font partie du système de ressources d'Anaïs. Le site de classe lui permet de donner des *« réponses aux questions des élèves »* ; et le site mathématique du lycée lui permet une *« mise en ligne des informations pour les élèves »*.

Le système de ressources d'Anaïs paraît donc articulé avec les ressources Sésamath.

<u>Journal de Bord 1</u>

Ce journal de bord est renseigné entre la dernière semaine de décembre et la première semaine de janvier 2010. Nous appuyons l'analyse présentée ici sur des extraits de ce journal.

[C/O Découverte]. Nous identifions deux activités dans le journal de bord d'Anaïs dans cette famille :

- préparer un devoir de vacances sur la factorisation et la géométrie dans l'espace, activité réalisée avec son collègue au lycée (Arnaud). Pour la réalisation de cette activité, elle mobilise des ressources élaborées au cours des années antérieures : *« Pour la factorisation, un* ***module d'une année antérieure, stocké sur mon disque dur*** *externe… des fiches extraites de mes classeurs des années précédentes »*. Elle décrit le processus de réalisation du projet comme suit :

  « Méthode de travail :

  → *Nous commençons par fixer les objectifs du devoir : entraînement pas trop technique sur la factorisation et problème de géométrie avec recherche personnelle.*

  → *Nous trions les papiers des années précédentes*

  → *Nous recherchons le fichier informatique correspondant puis à partir de celui-ci nous en refaisons un nouveau. »*

  C'est une activité de [C/O Découverte] mais articulée avec une activité de [Synthèse].
- envoyer par mail à Arnaud (énoncé d'une première version d'un devoir pour les élèves). Pour Anaïs, la finalité de cette activité est la suivante : *« Arnaud est chargé de relire, compléter, modifier cette première version, et un aller-retour par mail sera fait jusqu'à ce que la version définitive convienne aux deux ! »*. Dans cette activité, [C/O Découverte] et [Réflexion] sont articulées.

Le fait qu'Anaïs réalise ces activités avec Arnaud rend les finalités de ces activités doubles. Nous rattachons ces activités à la famille [C/O Découverte] parce qu'elle qualifie ces activités de collective. Les finalités [Réflexion] et [C/O Synthèse] sont des finalités pour le travail individuel d'Anaïs.

[C/O Planification]. Nous avons repéré deux activités relevant de cette famille d'activité :

- préparation de cours (« préparation d'une leçon sur les vecteurs »), pour la réalisation de cette activité, elle mobilise ses fichiers des années antérieures et « l'ancien cours de 3ème d'Arnaud ». En décrivant le processus de déroulement de cette activité, elle dit : *« Précisions des objectifs, relecture, ensemble des nouveaux programmes, sélection et modification de certaines fiches déjà existantes »* ;
- *« Mise au point sur le programme de la semaine »*, c'est une activité réalisée avec Arnaud.

[C/O Évaluation]. Nous avons repéré une activité d'Anaïs qui s'inscrit dans cette famille d'activité : mettre au point un devoir à partir des échanges par mail avec Arnaud et Amélie (Stagiaire d'Anaïs). Il s'agit d'une activité collective autour d'un devoir qui a été élaboré.

[C/O Technique]. Nous avons repéré six activités qui s'inscrivent dans le cadre de cette famille. Parmi ces activités, trois sont en salle de classe avec des élèves spécifiques :

- cours en demi-classe (correction d'un exercice de construction géométrique), les ressources mobilisées dans cette activité, un rétroprojecteur et des transparents ;
- aide apportée aux élèves pour faire leur travail personnel avec un demi-groupe d'élèves ;
- aide individualisée apportée aux élèves, *« les élèves choisissent les exercices qu'ils veulent corriger et vont au tableau à tour de rôle pour faire le corrigé »*.

Trois de ces activités s'effectuent hors la classe :

- envoi de mails aux élèves pour leur indiquer comment installer Acrobat Reader, des échanges avec les élèves ont eu lieu à l'issue de cette activité par mail ;
- élaboration d'un corrigé tapé pour une fiche de problèmes, à la demande de certains élèves absents le jour de la correction en classe, mise en ligne du corrigé sur le site de la classe puis envoi d'un mail aux élèves pour les avertir de la mise en ligne ;
- envoi d'un mail aux élèves pour expliquer le travail à faire pendant une absence (examen médical).

L'ordinateur connecté joue un rôle crucial dans les activités hors classe, permettant de maintenir une interaction avec les élèves.

[Réflexion]. Nous identifions deux activités qui s'inscrivent dans le cadre de cette famille :

- échanges de ressources par mail avec Arnaud, les ressources sont des *« anciens fichiers sur mon* [Anaïs] *ordinateur » ;*
- *« Mise au point et test de la première version du Td fourmis, par échanges de mail avec Arnaud »*, elle fait ces mises au point d'un TD avec un logiciel de traitement de texte.

[Vie collectif]. Nous repérons deux activités qui s'inscrivent dans cette famille :

- *« Réunion conseil pédagogique à propos de la mise en place de la réforme du lycée (pour la classe de seconde, à la rentrée 2010) »*,
- Réponse à une demande de relecture pour Sésamath : relecture du QCM pour le chapitre 2N2, propositions de questions supplémentaires.

[Vie établissement]. Deux activités s'inscrivent dans cette famille :

- échange avec sa stagiaire autour d'un TD qu'elle va mettre en œuvre dans sa classe ;
- réunion du conseil d'enseignement au cours de laquelle la question de la participation des enseignants de mathématiques au module « méthodes et pratiques scientifiques » a été discutée ; ce module est lié à une contrainte institutionnelle visant à favoriser l'interdisciplinarité dans le développement des connaissances des élèves.

Nous identifions huit familles d'activité, d'après ce qui est renseigné dans le journal de bord. La grande majorité de ces activités comporte une dimension collective (que ce soit avec Arnaud, son collègue au lycée, Sésamath ou avec sa stagiaire). Anaïs entretient une activité avec ses élèves en classe et hors classe.

<u>L'enseignement des fonctions dans cette première période chez Anaïs</u>

Nous nous appuyons sur le cahier de texte d'Anaïs pour effectuer cette analyse. Celle-ci concerne l'enseignement des fonctions dans sa classe de seconde, du début de l'année à la fin du renseignement du journal de bord 1. Elle correspond aux trois premiers segments temporels de l'analyse de la documentation de digiTex.

Durant cette période, Anaïs enseigne deux chapitres relatifs aux fonctions :

- un premier chapitre intitulé « fonction » qui correspond à l'introduction de cette notion. Ce chapitre comprend : *« Définitions et vocabulaire : ensemble de définition, variable, image, antécédents. Tableau de valeurs et représentation graphique à l'aide de la calculatrice »* (Cahier de texte en ligne d'Anaïs) ;

- un deuxième chapitre intitulé « fonctions et équations » : ce chapitre correspond à l'enseignement de trois types d'équations : les équations du premier degré, les équations du second degré et les équations quotients.

Les équations constituent un chapitre bien identifié dans la progression d'Anaïs, au contraire de digiTex (voir § 8.2.4). La progression du thème fonction d'Anaïs est en décalage par rapport à la progression suivie dans digiTex. Par contre, nous repérons une forme constitutive de KE cohérente avec la vision de l'enseignement des fonctions dans la CoP de digiTex : l'enseignement des fonctions par l'entrée des représentations graphiques (visualisation). Ceci s'incarne dans la progression de l'enseignement des deux chapitres suscités dans le cahier de texte d'Anaïs (voir tableau 60) et dans le fichier du cours du chapitre fonctions et équations dans lequel, pour chaque type d'équations, Anaïs montre une résolution graphique des équations avant de donner les résolutions algébriques.

leçon 2 F1: Fonctions	21/09/09	Construction d'une boîte à partir d'une feuille A4 de façon à ce que le volume soit maximal	Finir la représentation graphique pour jeudi 24 septembre.
leçon 2 F1: Fonctions	25/09/09	Leçon 2 : Définitions et vocabulaire : ensemble de définition, variable, image, antécédents. Tableau de valeurs et représentation graphique à l'aide de la calculatrice. En AI : calculs avec racines carrées	Pour Lundi 28 septembre, faire l'exercice dicté sur la fonction Aire d'un rectangle de périmètre donné.
Leçon 2 F1: Fonctions	01/10/09	Représentations graphiques des fonctions de références. Différentes façons de dire que f(a) = b	Pour demain Vendredi : préparer le DS1 Finir la fiche commencée en classe. Corrigé du devoir maison 1
Leçon 4 : Fonctions et équations	20/11/09	Travail en groupe : un problème et une équation ...	Pour lundi 23 /11 devoir maison à rendre avec le dossier n°3. Il est conseillé d'utiliser le logiciel Sinequanon pour les graphiques
Leçon 4 : Fonctions et équations	23/11/09	Résolution d'équations par le graphique et par le calcul.	Faire exercice 1 et exercice 2 (1 à 6) de la fiche distribuée

Tableau 60. Extraits du cahier de texte en ligne d'Anaïs, illustration de l'entrée dans les deux premiers chapitres sur les fonctions (année 2009/2010)

Cette progression était la même dans le cahier de texte d'Anaïs de l'année 2008/2009.

Conclusion de l'analyse de la période 1 d'Anaïs

Il apparaît que Sésamath constitue un support important pour la préparation de l'enseignement d'Anaïs. Elle considère son implication dans Sésamath comme une implication formative. Les ressources conçues dans le cadre des différents projets de l'association sont intégrées à son

enseignement, après un processus de transformation et d'adaptation. Elle prend particulièrement en compte les élèves dans ce travail.

En ce qui concerne le travail documentaire individuel d'Anaïs, le changement de programme a entraîné des changements à plusieurs niveaux de son travail documentaire. Nous citons dans ce cadre une évolution vers un enseignement moins directif et donnant plus d'initiatives aux élèves surtout dans le cas des fonctions. En ce qui concerne les rapports entre système d'activité et système de ressources d'Anaïs :

- dans des situations de préparation d'un chapitre autour des fonctions pour la classe de seconde, Anaïs *planifie le déroulement du chapitre* : activité de démarrage, cours, séries d'exercices et enfin devoirs et exercices à faire. En ce qui concerne l'activité de démarrage, Anaïs privilégie un *petit problème de recherche, de conjecture et d'expérimentation* ;
- dans une situation de modification d'une ressource autour des fonctions pour sa classe et pour élaborer une fiche « problème » autour des fonctions, Anaïs cherche sur son disque dur des ressources autour des fonctions des années précédentes, elle les combine avec d'autres ressources, programme (textes officiels) ou recommandations institutionnelles notamment. Au cours de ce processus d'adaptation, elle prend en compte les élèves dans sa classe, c'est en fonction d'eux qu'elle effectue les changements.

En ce qui concerne la place de la documentation de Sésamath, notamment digiTex, dans la documentation d'Anaïs, nous présentons les résultats d'analyse comme suit :

- nouvelles ressources : les différents projets lycée de Sésamath, notamment « KidiLycée », constituent quasiment la seule entrée de nouvelles ressources dans le système de ressources d'Anaïs ;
- combinaison et réorganisation des propres ressources : le travail d'Anaïs dans Sésamath constitue pour elle une occasion de transformer et d'adapter des ressources pour son enseignement ;
- renouvellement des classes de situation dû à digiTex : le travail d'Anaïs dans Sésamath, notamment digiTex, a conduit à un renouvellement de deux classes de situations : modifier les ressources et chercher des idées pour son enseignement ;
- discussion autour des mises en œuvre des ressources dans la classe : pas d'effet de digiTex à ce stade, ceci est lié à l'absence de discussions sur les mises en œuvre des ressources conçues dans digiTex (§ 8.1.3 ; § 8.2.3).

En correspondance avec les deux segments temporels de la documentation de digiTex, nous inférons que, lorsque la CoP était au stade de fusion, Anaïs n'exploitait pas la documentation communautaire dans son propre travail d'enseignement. Elle proposait par contre des ressources de son propre système de ressources pour la communauté. Après I1 (le premier incident documentaire communautaire, voir § 8.1), elle a fait des tentatives pour inscrire la documentation de digiTex dans la même perspective de sa documentation individuelle. Ces tentatives sont liées à une vision du travail collectif selon laquelle l'implication dans un collectif est guidée par un intérêt professionnel. Elle était plutôt dans une position de *donatrice* à la CoP pour faire face à l'incident I1.

8.6.3 Analyse de la deuxième partie de suivi

Cette partie correspond à la deuxième période de suivi, situé après l'incident documentaire individuel qui a conduit à une réorganisation du monde d'Anaïs. Nous repérons, dans ce qui suit, comment son système de ressources, son système d'activité et son système documentaire se sont reconfigurés en fonction de cet incident. Cette période de suivi correspond au quatrième segment temporel dans la documentation de digiTex (§ 8.4).

Analyse de l'entretien : organisation d'Anaïs après l'incident documentaire individuel

Nous repérons dans cette partie des indicateurs des changements ayant eu lieu après l'incident documentaire individuel, au niveau du système de ressources, système d'activité, éléments du monde d'Anaïs, et KM et KE.

Système de ressources d'Anaïs après l'incident documentaire individuel

Le fait que le noyau de son système de ressources soit constitué des ressources numériques lui a donné des points d'appui pour faire face à l'incident documentaire individuel. L'incident a conduit Anaïs à reconnaître la valeur de certaines de ses ressources (les ressources numériques) et des supports de ressources (messagerie, sites) :

> **HS :** *Qu'est-ce qui était remarquable pour toi dans cette réorganisation de ton travail ?*
>
> **Anaïs :** *Déjà, j'ai vu le bénéfice d'avoir un site par exemple, où je continuais à envoyer des documents. Le fait d'avoir les mails de tous les élèves. Donc, on a pu échanger par mail. L'informatique pour ça a un rôle positif. Ensuite, le fait d'avoir tous les documents informatisés, c'est plus facile à échanger et à donner dans ce cas là.*

Sa progression du thème fonction, formée de quatre parties (nous l'avons présentée dans l'analyse du segment temporel de la documentation de digiTex, § 8.2), n'a pas changé après l'incident individuel.

Système d'activité d'Anaïs après l'incident documentaire individuel

Dans le système d'activité d'Anaïs, les échanges avec les élèves via les sites de classes sont cruciaux (§ 8.6.2). Les interactions à distance avec les membres de digiTex via les listes de diffusion ont joué également un rôle important dans la documentation d'Anaïs (articulation entre son système de ressources et les systèmes de ressources pour le projet Kidimath, § 8.6.2). Ceci a atténué l'effet de l'incident sur la documentation d'Anaïs.

La famille d'activité [Suivi] a subi une réorganisation : ses interactions avec les élèves sont désormais uniquement à distance, les réactions des élèves en classe sur ce qu'elle prépare se font via ses collègues :

> **Anaïs :** *Ben oui oui, quand on discute, on dit pour les fiches qu'est-ce qui a bien passé, qu'est-ce qui n'a pas bien passé, qu'est-ce qu'il faudrait changer pour l'an prochain. On dit souvent ça, que ça il faudra le modifier, le dire autrement ou le faire autrement. voilà ! Puis on prépare si quelque chose est bien passé pour les élèves en difficulté. Mais c'est vrai qu'Irvin est le plus réservé pour l'instant.*
>
> **HS :** *Et le cahier de texte en ligne, qui le renseigne ?*
>
> **Anaïs :** *Il y a Lise* //élève d'Anaïs// *c'est elle qui fait ça. C'est moi qui lui ai demandé si elle voulait bien le tenir. Elle a dit ok.*

La dimension collective dans les activités d'Anaïs (§ 8.6.2) a constitué un support pour faire face à l'incident individuel, en particulier dans les familles d'activité [C/O Découverte] et [Réflexion], qui ont subi des petits changements.

Éléments du monde d'Anaïs après l'incident documentaire individuel

La reconnaissance de certaines ressources (sites et mails, et ressources numériques) a conduit à une reconfiguration de la vision de la technologie dans son travail d'enseignement.

Dans sa vision de l'enseignement des mathématiques, nous avons repéré une forme constitutive de mode de conception de ressources : la modification des ressources aura lieu suivant deux critères, le niveau de la classe et le programme. Des extraits de l'entretien illustrant cette forme :

> **HS :** *Quelles sont les critères que tu prends en compte lors de ta préparation du cours ?*
>
> **Anaïs :** *Essentiellement c'est le programme. Donc je regarde le programme et à partir de l'esprit du programme, je me base sur ça pour dire qu'est-ce qui a changé par rapport aux années précédentes et comment il faut modifier par rapport à ce que j'avais déjà dans les années précédentes.*
>
> **HS :** *Est-ce qu'il y a des critères particuliers que tu prends en compte, liés au fait que tu n'es pas en contact direct avec la salle de classe ?*
>
> **Anaïs :** *Mais là, je les connais bien quand même. Je sais bien que c'est une classe qui n'est pas trop motivée, qui n'aime pas beaucoup les maths. En plus, avec Arnaud c'est bien parce qu'il a deux classes de seconde. Il a une classe qui a le même profil que la mienne et une autre où les élèves sont plus scientifiques et ils aiment travailler. Donc, on regarde les fiches et souvent on dit que celle-là est mieux pour les élèves de la seconde 3. Et pour les deux autres là, ben on dit là on ne va pas pousser les démonstrations, on ne va pas faire des choses très théoriques, des choses plus simples, plus progressives*

Nous avons repéré une forme constitutive de mode de conception de ressources qui adhère à la façon dont on conçoit les ressources dans digiTex au troisième segment temporel (§ 8.3.4) : « présenter le savoir suivant une gradation des difficultés ». C'est ce qui ressort des discussions autour de deux différents éléments lors de l'entretien :

- le premier, lorsqu'Anaïs parlait de conception de ressources pour ses élèves : « *Je sais bien que c'est une classe qui n'est pas trop motivée, qui n'aime pas beaucoup les maths … ben on dit là on ne va pas pousser les démonstrations, on ne va pas faire des choses très théoriques, des choses plus simples, plus progressives.* » ;
- le deuxième, lorsqu'elle parlait de sa vision de la progression de la troisième leçon sur les fonctions (fonctions et inéquations) : *« on fait le bilan sur les équations du premier degré qu'ils ont vu en Troisième mais il leur reste des choses* […] *il y en a qui veulent se rappeler et d'autres qui ne veulent pas se rappeler. Donc voilà, on s'appuie déjà sur ça. Et après, on introduit un problème nouveau : une inéquation du second degré. Donc on a ça et maintenant comment on fait ? On a un produit, comment on doit faire donc pour trouver le signe de ça ? Donc là j'avais une fiche prête sur le signe d'une expression… donc c'est une fiche un peu progressive, petit à petit on voit comment on détermine le signe d'une expression »*

Nous avons identifié une autre forme constitutive de mode de conception de ressources et constitutive de KM et de KE qui adhère à celle admis par la CoP de digiTex : l'enseignement du thème fonction par l'entrée des représentations graphiques. C'est ce qui transparaît de ses propos sur l'enseignement de la résolution des inéquations : *« ce qu'il faut combiner c'est l'aspect*

visuel : par le calcul a priori on ne sait pas faire parce que c'est une équation du second degré, mais avec les lectures graphiques on peut donner des valeurs approchées ».

La vision du travail collectif d'Anaïs est une vision qui entre, d'une part, dans une dynamique de conception de ressources et d'autre part, dans une ouverture aux autres pour développer son activité de préparation de cours : *« Dans Sésamath justement on apprend à montrer ses documents, à ne pas avoir peur de la critique. Parce que le but c'est de relire, de critiquer jusqu'à ce que le produit final soit accepté par tout le monde. Et tout ce travail là, c'est très formateur. Parce que ça apprend à ne pas avoir peur d'être critiqué et d'oser montrer et puis qu'il soit discuté et puis ...comprendre aussi que notre façon de penser, je crois que tout le monde pense comme ça. Puis enfin on se rend compte que quelqu'un qui lit le document, ou bien il ne va pas comprendre comment c'est formulé. Et on dit, ben oui, moi je l'ai compris comme ça, quelqu'un d'autre le comprend autrement et puis essayer que ça soit encore plus clair. Moi je trouve que c'est vraiment très bien »*. Cette vision a maintenu une stabilité dans le système documentaire d'Anaïs, en articulant ce dernier avec la documentation communautaire.

Elle a toujours une vision de l'enseignement des fonctions qui entre en certaine contradiction avec celle adoptée dans digiTex (§ 8.1 et § 8.2) : les fonctions sont des outils pour l'enseignement des inéquations. Nous avons inféré ceci de ses propos sur le rôle des fonctions dans le chapitre « fonctions et inéquations » :

> **HS :** *Donc là dans ce que tu proposes, quel est le rôle des fonctions ?*
>
> **Anaïs :** *C'est un outil pour visualiser. La représentation graphique des fonctions permet de visualiser pour vérifier ce qu'on a fait par le calcul. Mais ce n'est pas évident pour eux. Nous on a l'impression qua ça aide d'avoir les graphiques sous les yeux. Mais eux ça ne les aide pas forcément.*

<u>Observation de la réunion Arnaud/Anaïs</u>

La réunion se tient autour de la préparation du chapitre « fonctions et inéquations ».

Lors de la préparation de ce chapitre, il y a eu des moments de recherche d'idées pour la classe qui s'inscrivent dans la famille d'activité [C/O Découverte]. A ces moments, Anaïs s'appuie sur les ressources de son disque dur externe et les modifie après discussion avec Arnaud :

> **Arnaud :** *oui, il faudra faire le point de toute manière sur les méthodes de résolution.*
>
> **Anaïs :** *voilà, donc ça c'était des inéquations* […] *mais j'avais une fiche qui est déjà prête sur les inéquations et il y avait les solutions* […] *est-ce qu'on les donne ? Est-ce qu'on ne les donne pas ? Est-ce qu'on met comme ça ? Ou on met les solutions dans le désordre ?*
>
> **Arnaud** *: je pense que c'est intéressant de les mettre dans le désordre* […] *parce qu'on pourra vérifier*
>
> **Anaïs :** *on peut la reformuler on disant par exemple d'associer* […] *ou de retrouver les solutions qui sont mises dans le désordre quoi.*
>
> **Arnaud :** *oui*

La préparation de ce chapitre avec Arnaud place Anaïs dans une situation de combinaison des ressources élaborées lors les années précédentes avec les nouvelles propositions d'Arnaud :

> //Anaïs fait sortir une nouvelle fiche de ses archives sur l'ordinateur//
>
> **Anaïs :** *c'était pour introduire… fin c'est un rappel, entre guillemets* […] *voilà, c'était celui là le cours* […] *« rappel d'une équation du premier degré »*.

AR : *oh, tu as tout fait ! Ça c'est un problème.*

Anaïs : *//rire//* […] *rappel sur les inégalités, théorème 1… Est-ce qu'on le démontre ce théorème ? Comment a été fait au collège ça ?*

Arnaud : *alors, au collège en général, on le montre au départ sur des exemples* […] *on prend par exemple : 3>2, qu'est-ce qui se passe si on rajoute le même nombre,* […] *au niveau du sens ça ne change rien sauf si on multiplie et on divise par un nombre négatif. Après on peut le faire (ka –kb) avec la règle des signes.*

Anaïs : *ah donc, vous le faites* […] *donc là tout simplement on pourra le redire* […]

Arnaud : *on peut le redémontrer*

Le travail de combinaison des ressources fait articuler l'activité d'Anaïs autour de deux familles : [Réflexion] et [C/O Découverte].

Durant la réunion, Anaïs cherchait des ressources pour introduire un tableau de signes d'une fonction [C/O Découverte], Anaïs n'a pas trouvé de ressources correspondantes dans ses propres ressources sur le disque dur :

Anaïs *: après on a dit peut-être un petit problème pour introduire les inéquations* […] *il faut l'inventer* […] *fin, j'en ai des fiches de problèmes on en choisira un.*

Arnaud : *donc 3) cours systèmes ?*

Anaïs : *regarde en ce qui concerne le problème, on peut fouiller celui qu'on peut prendre, puisque là il y a divers problèmes. Ah, non, c'est des inéquations et pas forcément des systèmes… Alors ça, il faudra en fabriquer…. Donc après, il y avait le signe d'une expression, ça doit être ça* [elle cherche dans ses ressources KidiLycée]*… voilà… Alors, on donne cette expression-là et on leur dit de compléter le tableau en mettant non pas les valeurs mais le signe simplement, signe de f(x)… là ils ont compris c'est quoi un tableau de signes avec les signes des valeurs, là on donne ça « tableau de signes » et on pose des questions : "répondre aux questions vrai ou faux", si x = 3 alors f(x)>0… voilà pour comprendre comment fonctionne un tableau… voilà.*

La ressource proposée par Anaïs est la version .odt d'une ressource conçue dans le cadre de digiTex pour le chapitre 2N2 et transformée en exercice interactif (§ 8.4.4). La ressource conçue dans digiTex, faisant partie du système de ressources d'Anaïs, a servi de support pour la sélection des ressources afin de préparer le chapitre. Dans ce cas où Anaïs n'a pas trouvé des ressources sur son disque dur, elle cherche dans les ressources élaborées dans le cadre de digiTex.

Nous avons déjà inféré, dans la vision de l'enseignement des mathématiques d'Anaïs, une forme constitutive de KM et KE : l'enseignement des fonctions par l'entrée des représentations graphiques. Cette vision s'illustre au niveau des activités par la KE : faire utiliser les représentations graphiques de la fonction $f(x) = ax + b$ comme outil de vérification pour comprendre le tableau de signes :

Anaïs : *la droite comme tu dis en disant on se repère par rapport… c'est un outil de vérification…*

Arnaud : *ok…*

Anaïs : *Après, ils ont le droit par exemple au terminale c'est considéré comme un cours le signe de ax+b ils peuvent le mettre, ils le savent par cœur. Mais en seconde il faut quand même qu'ils disent quelque part comment ils ont fait pour le trouver.*

Nous avons remarqué une classe de situation manquante dans les contacts d'Anaïs avec Irvin. Il y a une absence des discussions autour de la mise en œuvre des ressources qu'elle conçoit :

> **Arnaud :** *c'est la première fois que ça arrive, parce qu'Irvin pour le chapitre précédent, il était là.*
>
> **Anaïs :** *déjà peut-être il va venir demain* […] *je ne sais pas.*
>
> **Arnaud :** *je ne sais moi non plus. On va peut-être faire les modifs de tout, lui envoyer les documents et puis on va en parler quoi. Par exemple, dans le chapitre précédent, je lui ai donné les documents en lui expliquant en gros qu'est-ce qu'il fallait faire* […]
>
> **Anaïs :** *mais tu lui as expliqué quand même dans quel ordre* […] *mais le pourquoi ;*
>
> **Arnaud :** *non*
>
> **Anaïs :** *il n'y avait pas le pourquoi.*

L'absence de cette classe de situation rejoint l'absence, dans digiTex, de discussions autour de l'organisation de l'enseignement des ressources conçues.

La ressource dont nous avons observé la mise en œuvre dans la classe d'Irvin a été conçue par Anaïs l'année précédente (2008/2009), et n'a pas été modifiée lors de la réunion. Nous présentons, dans ce qui suit, une analyse de la ressource objet de l'observation.

Présentation de la ressource « résoudre graphiquement une inéquation » (Annexe 25, b)

Premier exercice « Avec une fonction affine »

Dans cet exercice, l'objectif est de résoudre graphiquement une inéquation. Il s'agit de tracer une droite suivant l'une des deux méthodes prévues par Anaïs : méthode utilisant le coefficient directeur et l'ordonnée à l'origine (qu'elle a jugé difficile pour les élèves) ; la deuxième méthode est celle du tableau de valeurs (on donne des valeurs à la variable x et on calcule les ordonnées correspondantes). Pour la lecture graphique de la résolution d'inéquation, Anaïs a prévu que les élèves s'appuieraient sur la technique de résolution des équations et l'adapteraient pour résoudre une inéquation. À la fin, il s'agit de confirmer les résultats obtenus par un calcul algébrique.

Deuxième exercice « problème concret »

Dans cet exercice, Anaïs vise à enseigner l'utilisation de la représentation graphique pour résoudre un problème concret. Tout au long de l'exercice, il s'agit de passer du langage mathématique (tiré du modèle mathématique) au langage courant de la situation proposée (pour interpréter la situation) et vice versa. Les difficultés que peuvent rencontrer les élèves dans cet exercice résident dans la remise des réponses dans le contexte de l'énoncé, sachant que la variable utilisée est discrète (nombres de jours), alors que la modélisation utilise une variable « *t* » réelle.

Troisième exercice « Avec la calculatrice »

Cet exercice a pour objectif d'introduire le tableau de signes. On commence par une explication de lecture sur l'écran de la calculatrice et des discussions autour du réglage de la fenêtre. Dans la deuxième partie de cet exercice, on demande de vérifier le développement d'un produit qui permet de tirer une forme factorisée de la fonction $f(x)$. La forme factorisée de $f(x)$ est formée de 3 facteurs, d'où la nécessité d'introduire un tableau de signes pour résoudre l'inéquation.

Extrait de l'observation de classe d'Irvin et commentaire d'Anaïs sur cette observation

L'annexe 18 regroupe la transcription des extraits observés de la séance de classe d'Irvin et la transcription des commentaires d'Anaïs de ces extraits.

Nous notons, au début de notre analyse, qu'Irvin n'a pas été communiqué le scénario prévu par Anaïs pour la mise en œuvre de la ressource objet d'observation. L'absence de ce scénario a affaibli l'appropriation de cette ressource par Irvin ; c'est ce qui apparaît à plusieurs endroits de l'observation, en particulier dans la gestion de la résolution du troisième exercice en classe. Anaïs a jugé que Irvin n'avait pas atteint les objectifs visés de la mise en œuvre de la ressource et, dans sa réaction à froid sur l'intégralité de la vidéo, elle a noté : *« Si la fiche n'est pas accompagnée par les objectifs visés, des indications sur le déroulement prévu, des anticipations sur les réactions des élèves, l'utilisateur peut passer complètement à côté de ce qui était prévu »*.

Dans ses commentaires, Anaïs attire l'attention sur les termes utilisés par Irvin en classe. Dans son commentaire sur un extrait de la séance (Extrait 3, Annexe 18), Anaïs dit : *« Puis bon les expressions, il dit "la droite d'équation -3x+1". Il l'a répété plusieurs fois. Et à un moment donné, il dit le y de la droite. Il y a souvent les expressions* […] *il dit par exemple "la droite d'équation -3x+1", c'est y qui est égal à -3x+1 »*. Lorsque nous lui avons demandé de justifier ce commentaire, elle a répondu qu'il y avait des différences subtiles, dans l'enseignement en classe de seconde, entre droite, équation du premier degré et fonction affine : *« Je pense qu'il faut être super précis dans l'expression, parce que déjà, ça a une tendance à être floue dans la tête des élèves. Si soi même on parle d'une façon approximative ou floue, ça ne fait que renforcer le flou qui va y avoir dans la tête des élèves. Il faut faire attention de toujours préciser »*. Dans son commentaire à l'extrait 7, Anaïs dit : *« Mais là quand il dit "on dessine le coefficient directeur", tu imagines ? Dessiner un nombre… Et en plus qu'est-ce qu'il fait quand il dit on dessine un coefficient directeur, et finalement, il obtient un autre point. C'est toujours à ce moment-là qu'il faut être très précis »*. Nous repérons là une vision accordant de l'importance à la terminologie et aux expressions utilisées par l'enseignant pour la conceptualisation des notions et concepts mathématiques. Cette vision paraît configurée dans le travail d'Anaïs dans le cadre de Sésamath et digiTex plus particulièrement lorsqu'Anaïs avait le rôle de relectrice et de commentatrice des ressources. Pilotée par cette même vision, Anaïs attire l'attention, durant sa réaction à chaud, sur un terme introduit dans la ressource (Exercice 2) qu'elle a conçue. Dans l'exercice 2, elle a utilisée la lettre *t* comme variable de la fonction : *« l'histoire de t et x, ça c'est vrai que ça perturbe les élèves. Ils sont habitués à travailler avec x et dès qu'il y a un t, il commence à se demander qu'est-ce que c'est ce t »*. Elle a annoncé ça dans son commentaire sur la réaction des élèves à propos l'exercice 2 de la ressource. Ce que nous avons relevé dans ce paragraphe rejoint une forme constitutive de mode de conception de ressources et des KM et KE dans digiTex (§ 8.4) : les expressions et vocabulaires utilisées par l'enseignement déterminent l'apprentissage des élèves.

Nous avons vu, dans notre analyse de la documentation de digiTex, que les visions de l'enseignement de mathématiques convergeaient vers une prise en compte des élèves. Nous avons vu une illustration de cette vision d'Anaïs dans son commentaire d'un extrait de la séance de classe d'Irvin (Extrait 1, annexe 18) : *« Ce qui me choque un petit peu, c'est que déjà, il devrait laisser les élèves réfléchir en silence. Au tout début, il y a des élèves qui parlent de la première méthode. C'est-à-dire on prend les valeurs et on calcule le y. Et puis vite, après, c'est lui qui embraye sur la méthode 2 avec l'ordonnée à l'origine. En fait, il ne laisse pas dire les élèves … en faisant comme ça, on ne sait pas du tout si les élèves ont compris ou pas. C'est lui qui a tout dit. Je pense que quand on fait ça, c'est l'occasion pour comprendre si les élèves ont*

compris ce que nous avons fait il y a quelques temps ». Pour Anaïs, les réactions des élèves sont fondamentales pour décider de l'orientation de la séance de la classe. Le déroulement de la séance pour Anaïs doit se réaliser en fonction de l'apprentissage des élèves (notamment quand elle dit : *« on laisse dire les élèves », « comme ça on ne sait pas si les élèves ont compris ou non »*). Nous avons inféré une KE d'Anaïs qui paraît liée à cette vision : gérer le déroulement de l'enseignement en fonction des réactions des élèves. Pour tracer la représentation graphique d'une fonction affine, elle laisse les élèves énoncer les méthodes : *« Là il a bien réexpliqué les deux méthodes. Mais c'était bien comme on avait dit avant que c'était bien une difficulté de tracer une droite. Mais après, si on laisse faire les élèves certainement, il y aurait un qui le fait d'une façon et l'autre d'une autre façon »*. La configuration de la vision (les élèves sont au centre du processus d'apprentissage) semble être un construit du travail dans le cadre de digiTex, mais la KE qui en est constituée est un construit d'Anaïs par ses propres activités d'enseignement. Cette conséquence vient du fait que la KE relève de la catégorie de l'organisation de l'enseignement des mathématiques (plus particulièrement, gestion de la classe), qui n'a pas été très bien prise en compte dans le travail de conception de ressources dans digiTex, avant le cinquième segment temporel.

Nous avons déjà relevé la vision de l'enseignement des fonctions chez Anaïs, qui se manifeste par l'entrée graphique (cette vision en convergence avec digiTex). Dans son commentaire d'un extrait de la séance d'Irvin (Extrait 4, Annexe 18), Anaïs annonce : *« Là c'est toujours le même flou sur la différence entre valeur approchée et valeur exacte. Toujours pareil, c'est lui qui impose sa valeur, alors, il aurait dû demander à un élève qu'est-ce qu'il trouvait, et à un autre qu'est-ce qu'il trouvait »* ; En outre, dans son commentaire d'un autre extrait (Extrait 5, Annexe 18), elle commente : *« Il a laissé de côté tout cet aspect-là, que sur le graphique on lit des valeurs approchée. Pour avoir les valeurs exactes, il faut faire un calcul, puisque sur le graphique c'est impossible. De lire la valeur exacte. Il a écarté cet aspect qui est important c'est que graphiquement, on ne peut avoir que des valeurs approchées, et ce n'est qu'une conjecture sur la valeur exacte »*. Mais afin de réaliser cette tâche, il faut, selon Anaïs, que les élèves sachent la différence entre valeur approchée et valeur exacte et les exploitations de ces deux valeurs, c'est-ce qu'elle dénonce dans son commentaire de l'extrait 8 (Extrait 8, Annexe 18) : *« Il a laissé de côté tous ce qui est qu'est-ce que c'est une valeur approchée et qu'est-ce que c'est une valeur exacte. Là on dit que sur le graphique on va se contenter de 0.3 parce que même le 0,333 on en sait rien finalement. Il faudrait faire un grand zoom »*. Nous inférons là une KE d'Anaïs rattachée à la vision « l'enseignement des fonctions par une entrée graphique » : laisser à la charge des élèves le repérage des valeurs approchées par l'observation pour construire des conjectures. Cette KE s'inscrit dans la catégorie « connaissances sur l'organisation de l'enseignement des mathématiques » (dans notre cas c'est l'enseignement des fonctions).

Nous avons inféré une deuxième KE qui résulte de la vision « l'enseignement des fonctions par l'entrée des représentations graphiques ». Dans un commentaire, (Extrait 6, Annexe 18), Anaïs explique : *« Il aurait dû, là, prendre un peu plus du temps pour dire que le graphique permet en même temps* […] *voir l'aller-retour entre les deux, les deux aspects. Le calcul c'est vrai, il permet d'avoir la valeur exacte, mais le graphique permet de vérifier et c'est bien d'avoir les deux pour vérifier la cohérence »*. Pour Anaïs, la mobilisation par l'enseignant des représentations graphiques a pour perspective de les présenter aux élèves comme un outil de vérification (aller-retour entre graphique et algébrique). La KE inférée est que « les représentations graphiques sont des outils de vérification pour l'élève ». Cette KE se classe dans la catégorie «organisation de l'enseignement des mathématiques.

Pour conclure cette partie, nous avons identifié des éléments de vision de l'enseignement des mathématiques d'Anaïs qui ont donné accès à des KE (des formes constitutives de KE, en rapprochement avec les visions de digiTex).

Conclusion de la deuxième partie d'analyse

En ce qui concerne le monde d'Anaïs, son adhésion à certains aspects du monde de digiTex a constitué un support pour sa documentation à la suite de l'incident documentaire individuel. Cette adhésion s'est révélée par différentes formes constitutives du mode de conception de ressources et par des formes constitutives des KM et KE : présenter le savoir suivant une gradation des difficultés ; l'enseignement des fonctions passe par l'entrée graphique ; les vocabulaires et les expressions utilisés ont un rôle fondamental dans la conceptualisation des notions mathématiques.

Sa vision du travail collectif (« l'implication dans un collectif est guidé par un intérêt professionnel », § 8.6.2), a permis à Anaïs de s'accrocher au travail documentaire engagé dans digiTex pour affronter l'incident documentaire individuel.

Par contre, le décalage dans les deux progressions du thème fonction entre digiTex et celle d'Anaïs a limité l'articulation entre les documentations. Les articulations repérées sont le résultat d'une famille d'activité : [C/O Découverte]. Les nouvelles ressources repérées et intégrées dans le système de ressources d'Anaïs sont des ressources de digiTex et celles proposées par Arnaud (son collègue au Lycée), en particulier pour introduire le tableau de signes.

Nous avons identifié des KE d'Anaïs produites et mobilisées dans le cadre du travail de digiTex ; elles sont l'illustration des visions reconfigurées d'après le travail dans digiTex : la KE « gérer la mise en œuvre en classe des ressources en fonction des réactions des élèves » ; la KE « repérer les valeurs approchées par observation pour construire des conjectures » ; la KE « représentation graphique comme outil de vérification ».

Nous pouvons dire qu'après l'incident documentaire individuel, l'implication d'Anaïs dans digiTex a constitué un support pour sa documentation. L'incident documentaire communautaire a conduit à une adhésion du monde d'Anaïs au monde de la communauté, ce qui justifie le renforcement de la place des articulations existantes entre sa documentation et la documentation dans le cadre de digiTex.

8.6.4 Analyse de la troisième partie de suivi

La troisième partie d'analyse articule des données recueillies à la fin de l'année 2009/2010 et au cours de 2010/2011. Nous commençons par une analyse du questionnaire monde, nous poursuivons par une analyse des représentations schématiques réalisées (RSIC et RSIM), puis par une analyse de l'observation de la classe d'Anaïs que nous avons effectuée en avril 2011. Enfin, nous terminons par des comparaisons diverses et une conclusion de l'analyse de cette partie.

Analyse du questionnaire d'Anaïs

Dans le questionnaire, Anaïs indique qu'elle défend trois aspects des mathématiques :

- théorique : *« Le plaisir de la démonstration, du beau raisonnement »* ;

- expérimental : *« La chance qu'on a maintenant, avec les logiciels, de pouvoir émettre des conjectures avant de démontrer, de pouvoir illustrer, de pouvoir avoir rapidement beaucoup de données, c'est une aide pour mieux comprendre »* ;
- didactique : *« beaucoup d'élèves sont en difficulté en maths, se déclarent nuls en maths, on a encore du pain sur la planche pour améliorer cette situation ».*

Nous remarquons que, dans ses réponses, Anaïs prend en compte les élèves dans son travail d'enseignement. En outre, elle met en évidence la complémentarité des aspects expérimental et théorique : l'aspect expérimental pour élaborer des conjectures d'après des observations (que ça soit par des représentations graphiques ou par des logiciels), pour ensuite faire des démonstrations. Anaïs considère l'enseignement d'analyse comme intéressant mais difficile (notamment la recherche des limites en classe de terminale).

En ce qui concerne les caractéristiques d'une bonne ressource, outre qu'elle doit être adaptée au programme, *« elle doit être adaptée au niveau de l'élève ; elle doit permettre à l'élève de développer des compétences précisées »*. Nous remarquons que les élèves sont au centre du travail documentaire d'Anaïs. En ce qui concerne les critères d'une bonne ressource pour enseigner les fonctions, Anaïs affirme : *« Prendre en compte les différents aspects des fonctions et faire des allers-retours entre les différents cadres : graphique, tableau de valeurs, variations. Conjectures graphiques puis preuves algébriques ou preuves algébriques puis vérifications graphiques »*. Nous en concluons donc que, pour Anaïs, les représentations graphiques des fonctions sont des outils de conjectures, mais aussi des outils de vérification en fonction de leur exploitation dans les problèmes.

Lors de la préparation d'une séance de classe, Anaïs prend en compte le développement d'interactions enseignant/élèves. En outre, elle considère son travail d'enseignement de mathématiques comme un travail de transmission des mathématiques aux élèves en fonction de leur niveau de connaissances, en les incitant à raisonner et à chercher.

Anaïs déclare qu'elle assigne 3 rôles aux TICE dans son travail d'enseignement :

- dans la construction du savoir des élèves, par exemple en élaborant des conjectures à partir des représentations graphiques : *« conjecturer avec le graphique ou le tableur, pour des limites, ou des solutions d'équations, ou recherche d'extrema »* ;
- pour mettre en relation les notions et leurs sens (ce que nous allons voir ci-dessous dans la ressource dont nous avons observée la mise en œuvre en classe) ;
- pour favoriser l'interaction élèves/professeur, ce qui rejoint son point de vue sur ce qui apparaît déterminant lors de la préparation d'une séance de classe.

L'implication d'Anaïs dans des collectifs professionnels, notamment Sésamath, a plusieurs objectifs : se former (ce qui explique son ouverture à la discussion avec les autres, et ses propositions de ressources soumises aux commentaires et relectures par les autres membres) ; échanger des expériences ; et concevoir ensemble des ressources. Anaïs constate que le temps passé dans le travail pour digiTex fait évoluer sa propre pratique ; il est également une composante de son propre temps d'enseignement. En résumé, Anaïs investit du temps dans les collectifs pour concevoir des ressources pour son propre travail d'enseignement.

Nous dégageons de l'analyse de ce questionnaire la synthèse suivante : les élèves sont au centre du travail documentaire d'Anaïs, elle renforce la place d'un enseignement favorisant l'interaction enseignant/élèves ; les représentations graphiques des fonctions constituent des outils de conjectures, mais aussi des outils de vérification ; elle considère toujours le travail collectif

engagé dans des communautés comme une composante de son propre travail d'enseignement (autrement dit, piloté par l'intérêt professionnel de l'enseignant).

Entretien de synthèse sur le travail de digiTex

Cet entretien à domicile était synthétique, il portait plus particulièrement sur le travail d'Anaïs dans le cadre de digiTex tout au long de l'année.

Nous avons demandé à Anaïs de s'exprimer sur son implication dans les projets de Sésamath. Sa réponse est la suivante : *« Moi je suis très enthousiaste. Dès qu'il y a une nouvelle idée, je m'inscris dans la liste. Mais ensuite, le temps… finnn moi je fais essentiellement des relectures, ça ne me pose pas de problème. Les créations des ressources ben ça c'est ça ne me pose pas de souci dans la mesure où ça je le fais …ça correspond au travail que je fais en seconde… Mais j'aime bien relire, les discussions et tout ça m'intéressent »*. Nous remarquons dans ses propos que sa participation à Sésamath est motivée par un intérêt professionnel, ce que justifie la présence des ressources de digiTex parmi ses propres ressources. Les rapports entre le système de ressources d'Anaïs et les systèmes de ressources de digiTex sont plus complexes ; le travail documentaire dans digiTex pourrait constituer une extension du processus de conception de ressources pour son enseignement :

> **HS :** *Comment tu justifies les propositions que tu fais sur la liste pour le projet manuel Seconde ?*
>
> **Anaïs :** *On prend des idées pour ce qu'on est en train de faire là* //dans le projet digiTex// *et on les modifie pour la classe. En même temps souvent, on se rend compte que je prends des fiches que nous avons faites au Lycée et je les propose pour Sésamath pour les améliorer, parce qu'il y a plein de personnes qui les relisent, qui nous donnent des idées où on pourrait les améliorer ou les détourner autrement. Ce qui constitue un espace de réflexion sur ce que nous faisons ici* //au Lycée//.

Un des processus de conception de ressources pour son propre enseignement passe par digiTex. Nous classons cette activité dans la famille [C/O Découverte], ainsi que dans la famille [C/O Réflexion]. Cette activité renforce l'articulation entre le système de ressources d'Anaïs et le système de ressources de digiTex.

Nous avons déjà souligné la vision du travail collectif d'Anaïs qui lie l'engagement dans un travail collectif à un intérêt professionnel. Nous avons repéré cette vision encore dans ce qu'elle dit à propos de son engagement dans la conception des ressources dans digiTex : *« Par exemple, des ressources pour les secondes, j'en ai et j'en fais dans le cadre du projet. Maintenant ce qui me pose souci c'est tout ce qui est animation flash et tout ça au niveau informatique. Ça me prendrait trop de temps de me lancer là-dedans. J'avais essayé de faire un stage ou deux avec Sésabac justement. Il me faudrait trop de temps pour m'y mettre, fin… il faut être rapide. J'ai pas envie disons de passer du temps à apprendre ça. Mais on peut proposer des scénarii et ensuite les développeurs le font. Mais j'aime bien relire, les discussions et tout ça m'intéressent »*. Ce qu'elle dit à propos de son rôle dans la conception des ressources au format .odt et dans la conception des ressources interactives, est justifié par son intérêt professionnel.

Anaïs a souligné son intérêt d'échanger sur ses propres pratiques : *« Dans Sésamath, on échange avec des gens qui ont envie d'échanger… Et l'intérêt de Sésamath c'est que, on trouve des personnes, ils ne pensent pas tout pareil, mais on est tous ouverts et on a envie de partager de réfléchir et de… c'est ça un peu disons la magie d'internet. Ça permet de regrouper les gens qui sont très éloignés les uns des autres mais proches au niveau de la façon de penser et tout ça.*

Localement, quand on est dans un lycée, on va avoir deux ou trois personnes, mais pas plus quoi ». Elle souligne bien qu'il existe des éloignements dans les visions des mathématiques et de l'enseignement des mathématiques entre les membres (§ 8.1, § 8.2 ; et § 8.5) mais associés à une convergence de visions du travail collectif (selon Anaïs caractérisée par l'expression « réfléchir ensemble »).

Nous remarquons, dans ses propos, l'existence d'une relation forte entre le système de ressources de digiTex et le système de ressources d'Anaïs, cette relation forte s'illustre par une articulation touchant les différents aspects du système de ressources d'Anaïs. Même en effet de l'incident documentaire individuel, il a eu des imbrications entre le processus de conception de ressources pour ses classes et la conception de ressources dans le cadre de la réalisation du projet digiTex.

La RSIC d'Anaïs (figure 41, § 8.5.6)

Les interactions d'Anaïs avec digiTex sont liées à son intérêt général pour le projet commun. Anaïs souligne, dans son RSCI, que les membres réunis autour de chaque projet sont constitués par les enseignants qui sont intéressés par le sujet du projet. Nous inférons donc que sa participation à digiTex est motivée par un intérêt professionnel : sa participation à digiTex, constitue, pour elle, une occasion de chercher des ressources pour son propre travail d'enseignement, pour ses cours dans ses propres classes. Ceci reflète en partie sa vision du travail collectif.

Nous inférons de cette représentation schématique une vision du développement du travail de digiTex : on part d'une idée de projet, qui conduit à la création d'une équipe par les personnes intéressées par le projet, laquelle induit la création d'une liste avec un responsable (membres de Sésamath). Dans cette liste, il y a un « partage des tâches » pour la conception des ressources et leur relecture.

La RSIM d'Anaïs (figure 45)

Elle a positionné dans la RSIM deux interactions quotidiennes, de façon diamétralement opposée :

- avec les collègues au lycée (en particulier Arnaud). Mais sa relation avec Arnaud est une relation d'émetteur plus que récepteur. Les retours de ce travail lui permettent de modifier ses ressources en fonction des réactions des élèves après discussion avec les collègues. En ce qui concerne les collègues au lycée, elle a noté trois expressions : « progression » pour désigner l'élaboration des progressions avec les collègues (nous inférons de ceci une activité de la famille d'activité [C/O Planification]) ; « création des fichiers » qui désigne la conception des ressources pour leurs classes (nous inférons de ceci une famille d'activité [C/O découverte] ; et la troisième expression « retour sur le déroulement des activités », lié à la famille d'activité [Suivi] (dans cette famille d'activité, le collectif a formé un support pour Anaïs par un changement de cette famille d'activité) ;
- avec les différents projets de Sésamath dans lesquels elle est impliquée : dans ce cercle, elle a noté des expressions comme : « réflexion » :nous inférons de ceci le retour réflexif qu'assure le travail de Sésamath sur son propre travail d'enseignement ; « amélioration et approfondissement du travail quotidien », ce qui indique que les activités font partie intégrante de son travail d'enseignement (elle s'investit pour ce travail dans tout ce qui

est activité hors classe, c'est le domaine qui donne une légitimité de son propre travail d'enseignement, c'est un domaine de justification de son travail).

Ensuite, elle a noté la liste math lycée (dans un seul sens vers sa tête) : cette liste lui fournit des informations variées.

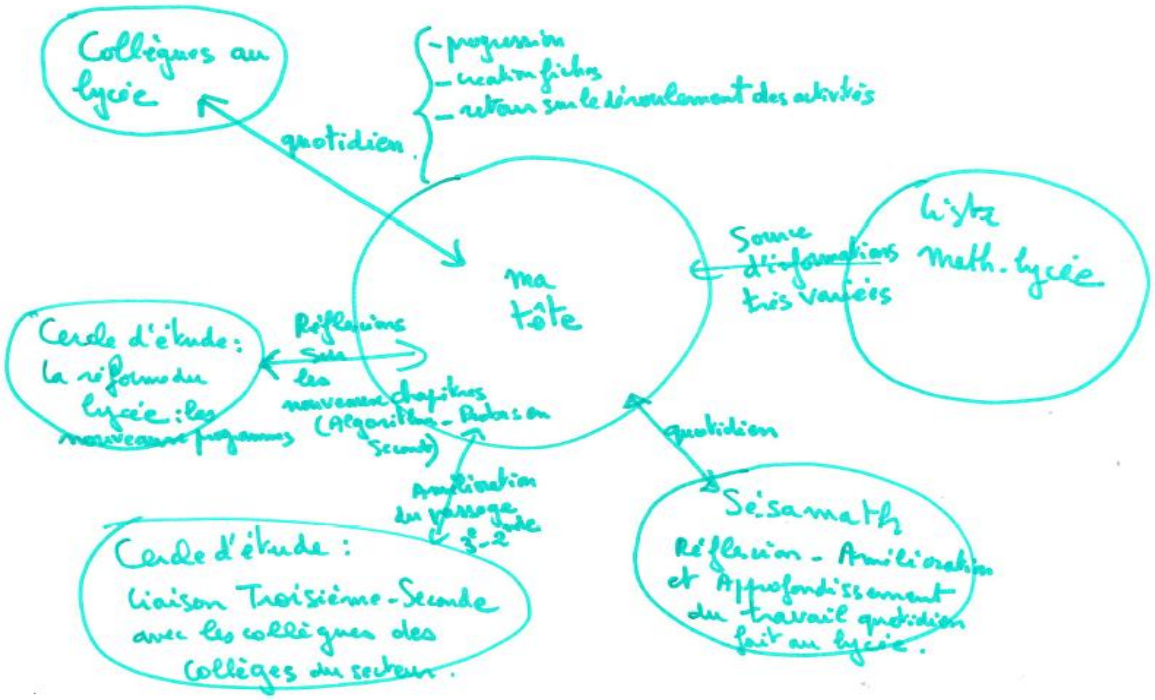


Figure 45. Représentation Schématique des Interactions mathématiques d'Anaïs

En résumé, nous notons que, pour Anaïs, l'implication dans un collectif est liée à un intérêt professionnel (une illustration de sa vision du travail collectif). Cet intérêt professionnel détermine son rôle dans le développement du projet. Elle souligne que l'intérêt professionnel avec l'idée d'avoir envie de partager des ressources avec les autres, conduit à une richesse dans la documentation communautaire, bien qu'il existe des divergences dans les visions des mathématiques et de l'enseignement des mathématiques.

Observation de classe d'Anaïs (avril 2011)

Contexte de l'observation et exercices dont nous avons observé la mise en œuvre en classe

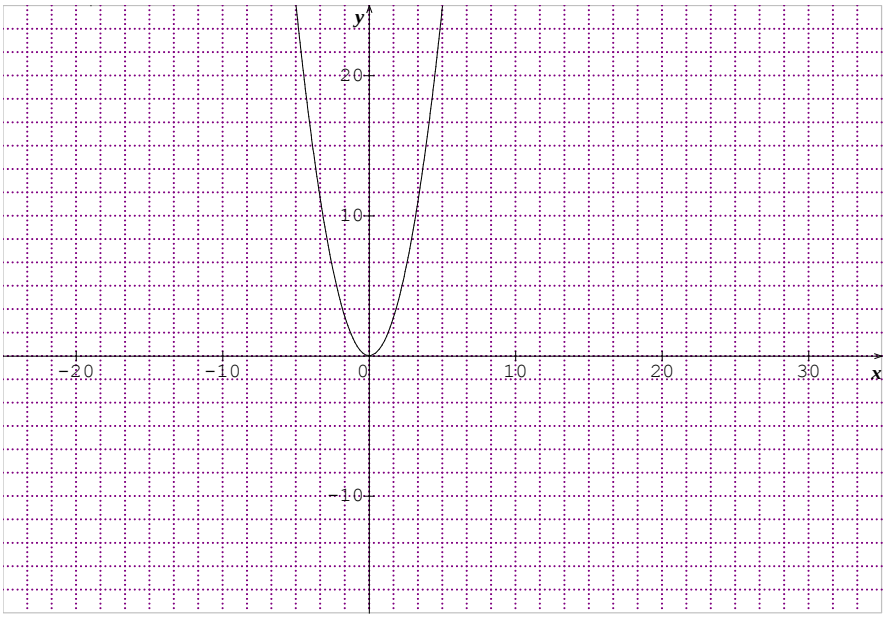
L'observation s'est déroulée dans une classe de seconde d'Anaïs (Année scolaire 2010/2011), en avril. C'était la période où Anaïs donnait le chapitre « fonctions de référence, formes canoniques ». La séance observée est composée de deux parties. La première partie contenait des petits exercices à corriger de la séance précédente autour de l'influence des paramètres a, α et β sur la variation de la courbe représentative des fonctions de la forme

$$f(x) = a(x-\alpha)^2 + \beta \qquad \text{(Annexe 19, a)}$$

La deuxième partie de la séance portait sur un problème ayant pour objectif de pousser l'élève à faire des conjectures à l'aide de la calculatrice en proposant une « mauvaise fenêtre », puis de faire douter les élèves pour les amener à percevoir la nécessité de faire une preuve (Annexe 19, b).

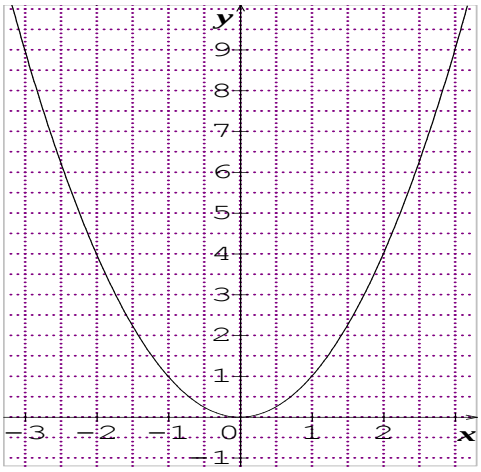
Anaïs considère le premier exercice comme une application directe d'une activité mathématique donnée dans une séance précédente. Dans la séance précédente, Anaïs avait donné une activité avec GeoGebra où elle préparait une représentation graphique d'une fonction avec trois curseurs (chacun représentant l'un des paramètres a, α et β de la forme canonique). Par manipulation directe des curseurs, les élèves devaient interpréter les rapports entre les variations des valeurs des paramètres et les variations du comportement de la fonction. Le premier exercice observé consistait à compléter un tableau de variations en fonction de la forme algébrique canonique d'une équation du second degré (l'élève devait interpréter les paramètres de la fonction donnée pour compléter le tableau de variations). Dans cet exercice, Anaïs mettait en relation la forme de l'expression, sa représentation graphique et son tableau de variations (avec les extremums).

Le deuxième exercice « conjectures et preuves », a pour objectif l'étude des caractéristiques de la fonction $f(x) = x^2 + 0{,}02x - 0{,}0003$ (signe, variations et extrema). La représentation graphique de la fonction à large échelle est la suivante :



Dans la partie conjecture de l'exercice, Anaïs demande de tracer la courbe suivant un fenêtrage précisé dans la ressource : $X_{min} = -3, X_{max} = 3$; $Y_{min} = -1, Y_{max} = 10$.

Ce qui donne la fenêtre suivante :



L'observation de la représentation graphique de cette fonction, suivant ce fenêtrage, conduit les élèves à tracer un tableau de signes où la fonction est positive pour toute valeur de *x*, sauf pour $x = 0$ où elle s'annule. Dans le tableau de variations créé à partir de l'observation de la représentation graphique de la fonction, on indique que le point $(0; 0)$ est un minimum de la fonction.

Après avoir conjecturé un tableau de signes et un tableau de variations, Anaïs demande de dresser un tableau de valeurs avec le choix d'un « pas adapté ». En dressant un tableau de valeurs avec un pas de 10^{-2} ou 10^{-3}, on découvre que la fonction admet des images négatives au voisinage de zéro (voir figure 46). Après le zoom, il s'agit que les élèves dressent un tableau de valeurs et ajustent leur tableau de variation. Par ce problème, Anaïs vise à transmettre une KM aux élèves : l'observation des représentations graphiques est un outil de vérification et non un outil de démonstration. C'est pourquoi le passage par des démonstrations algébriques ou formelles est indispensable.

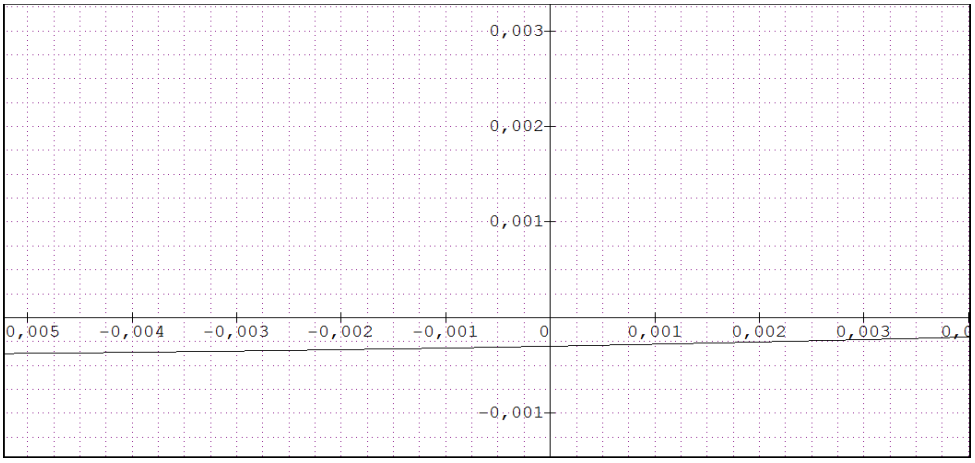


Figure 46. Zoom sur le voisinage de zéro de la représentation graphique de f(x).

Nous présentons, dans ce qui suit, une analyse de la mise en œuvre des exercices en classe.

Analyse de la séance de classe observée

De cette analyse, nous allons inférer des KM et KE d'Anaïs, déjà repérées dans sa réaction sur l'observation des vidéos d'Irvin. Nous faisons référence ici à la transcription de l'observation de la séance de classe (elle se trouve dans son intégralité à l'annexe 19, c).

Nous avons remarqué à plusieurs reprises dans l'observation de la séance de classe, qu'Anaïs gérait la discussion avec les élèves en fonction de ce qu'ils donnaient comme réponse ou des résultats qu'ils trouvaient. Nous illustrons ceci par trois exemples de la séance de classe que nous avons repérés. Le premier exemple est pris lors de la construction de la figure suivant le fenêtrage donné par Anaïs ; les élèves demandaient une vérification de la courbe obtenue :

Elève 1 : *Madame, vous pouvez venir me voir ?*

Anaïs : *Oui*

Elève 1 : *J'avais zoomé beaucoup et j'ai obtenu ça.*

Anaïs : *Remets-toi dans ta fenêtre.*

Elève 6 : *Est-ce que c'est exact ce qu'on va obtenir ?*

Anaïs : *Est-ce que ça va être précis ? Non, c'est l'allure du graphique obtenu…*

Elève 4 : *Est-ce que ça donne ça ?* // Le graphique obtenu sur sa calculatrice//

Anaïs : *Oui, bien sûr ça donne ça*

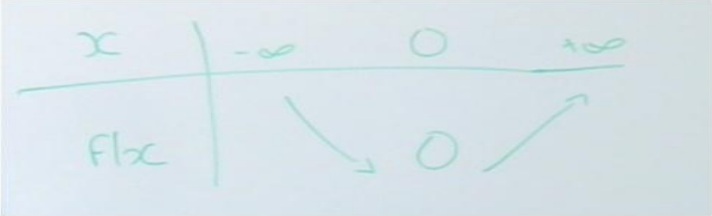
Anaïs : // elle remarque qu'il y a un élève qui n'a pas obtenu la bonne courbe// *c'est quoi ça ? C'est bizarre. Montre-moi comment tu as obtenu cette fonction ?* //elle regarde sa calculatrice// *il y a une chose qui ne va pas là ! Vas-y refais* […] *attends* […] *ce n'est pas possible ça* […] *il y a quelque chose qui ne va pas là dedans. Essaie de refaire comme il faut le x puissance 2* (Phrases 61→69).

Dans cet extrait, on voit comment Anaïs réagit en fonction de chacune des courbes (représentations graphiques) obtenues par les élèves, sans dévoiler ce qu'elle attend comme résultat. À un autre moment de la séance, un élève (Quentin) a dressé le tableau de variations en fonction de ce qu'il a interprété de la représentation graphique, tandis qu'un autre élève (Mathieu) a essayé de remplacer la valeur de $x = 0$ dans l'expression algébrique de *f(x)* et il a trouvé l'image négative $f(0) = -0{,}0003$. Quelle a été la réaction d'Anaïs devant les deux comportements différents de deux élèves en même temps ? Quentin est passé au tableau pour présenter son interprétation de la représentation graphique de la fonction :

Quentin : *Madame, est-ce que le tableau de variations c'est de zéro …*

Anaïs : *Vas au tableau pour nous faire ton tableau de variations* […]. *Tu vas nous faire les deux, le tableau de variations et le tableau de signes.*

Quentin passe au tableau et commence à dresser le tableau de variations suivant :



Mathieu : *Mais si on prend l'image de 0, ça donne - 0,0003.*

Anaïs : *Oui tu as raison, mais là Quentin est cohérent avec le graphique, mais ce que tu dis c'est juste aussi. Si on prend l'image de 0, on va trouver - 0,0003.*

Quentin //en train de dresser son tableau de signes// *mais il n'y a qu'une seule valeur à mettre dans ce tableau.* (Extrait des phrases entre 95 et 102)

Nous voyons qu'Anaïs a jonglé entre les deux élèves pour laisser chacun d'eux en cohérence avec lui-même, suivant la méthode suivie. Elle a mobilisé la KE « gérer le déroulement de la séance en fonction de la réaction des élèves ». Cette KE, nous l'avons repérée dans la réaction d'Anaïs sur la séance d'Irvin observée (§ 8.6.3). Cette connaissance est l'illustration par Anaïs de la vision de l'enseignement des mathématiques selon laquelle la prise en compte de l'élève est centrale dans la préparation de l'enseignement d'Anaïs.

Tout au long de la séance, Anaïs comptait sur les observations des élèves. Elle a fait un débriefing au début de la séance sur le déroulement de la séance précédente. Anaïs dit : *« La dernière fois, on avait fait une observation avec le logiciel GeoGebra. C'est-à-dire on avait pris une famille de fonction comme ça, puis on a fait trois curseurs avec GeoGebra, puis on avait fait varier. Puis, vous aviez fait le dessin. Et qu'est-ce qu'on avait observé finalement ? On avait observé tout ce qui se passait dans cette première colonne* //en variant les paramètres de la fonction// *»* (phrase 1). En continuant avec le premier exercice, elle dit : *« Et puis, donc à l'aide de l'observation, vous allez venir compléter les tableaux. Alors mettons, Matthieu, tu viens*

compléter. Tu vas compléter les cases vite fait. Tu ne vas pas beaucoup te fatiguer. Tu complètes tes tableaux. Puis, on essayera de trouver une explication » (phrase 2). Dans un premier temps, les élèves devaient interpréter la représentation graphique d'une fonction et dans un deuxième temps, ils devaient interpréter, après observation, la forme canonique de la fonction du second degré. À un autre moment de la séance, elle pousse les élèves à interpréter la représentation graphique de la fonction pour élaborer la conjecture :

> **Anaïs :** *Bon, alors une fois qu'on a fait ça, on nous dit : A l'aide de cette courbe, dressez un tableau de signe de la fonction f, puis un tableau de variations qui mettra en évidence les extrema. Donc, vous faites en-dessous de la courbe le tableau de signes correspondant et le tableau de variations correspondant. On se rappelle qu'est-ce que c'est qu'un tableau de signes et qu'est-ce que c'est qu'un tableau de variations.*
>
> **Mathieu :** *Est-ce que c'est pas le même ?*
>
> **Anaïs :** *Non, ce n'est pas le même. Réfléchis en fonction de ce que tu observes*
>
> (phrases 71, 72 et 73)

Dans cet extrait, on voit comment Anaïs incite les élèves à faire des interprétations. Dans un autre extrait, on voit comment Anaïs les pousse à s'appuyer uniquement sur les représentations pour faire des conjectures :

> **Mathieu :** *Comment on peut déterminer là quand est-ce que la fonction est nulle ?*
>
> **Anaïs :** *Là pour l'instant c'est uniquement graphiquement. C'est uniquement des conjectures. On est dans la partie conjecture. A l'aide du graphique, quel tableau de signes on peut dresser…* // S'adressant à toute la classe// *Vous avez fait votre graphique, il vous indique quelque chose.*
>
> **Elève 4 :** *Mais ce n'est pas toute la courbe… comment je dresse le tableau de signes ?*
>
> **Anaïs :** *Ben, on fait ce qu'on voit pour l'instant… c'est vrai qu'on va dire que ce ne sont que des conjectures, qu'il va falloir après réfléchir. Mais le graphique comme ça nous indique quel type de tableau* (phrases 86 →89).

Tout le travail d'Anaïs dans ces extraits consiste à pousser les élèves à faire des observations graphiques pour effectuer des conjectures. Nous inférons de ceci une KE d'Anaïs, que nous avons repérée dans ses réactions sur l'observation de classe d'Irvin : laisser à la charge des élèves d'interpréter les observations effectuées pour élaborer des conjectures (qui ne sont pas forcément les mêmes pour tous les élèves).

Après avoir dressé le tableau de signes et le tableau de valeurs après conjectures, Anaïs dit : *« Et on voit bien ce qu'avait suggéré Quentin avec moins entre les deux c'est tellement ça … Alors maintenant, c'est à vous de faire la suite, c'est-à-dire dresser un tableau de valeurs, retrouver une bonne fenêtre pour pouvoir afficher justement ce qui nous manque. Parce qu'il nous manque quelque chose. Alors à vous maintenant de prendre l'initiative de choisir une bonne fenêtre, jusqu'à ce que vous voyez bien ce qu'on imagine* […] *retrouvez bien ce qu'on veut voir* […] *on veut voir la partie négative. A vous de modifier et trouver d'abord : tableau de valeur, parce que c'est avec le tableau de valeurs qu'on choisit la bonne fenêtre. ; A vous de choisir comme il faut la valeur de départ et la valeur de fin. Et retrouver une bonne fenêtre »* (phrase 111). Pour Anaïs, les observations des représentations graphiques ne se limitent pas à élaborer des conjectures, mais elles sont des outils de vérification. Les représentations graphiques sur la calculatrice ou le logiciel GeoGebra sont des outils de vérification, par un aller–retour entre

calcul (numérique ou algébrique) et représentation graphique. Elle a projeté sur le tableau la représentation graphique de la fonction faite avec GeoGebra, et elle voit ce que les élèves font :

Anaïs : //s'adressant à toute la classe// *Alors ce n'est pas facile de trouver une bonne fenêtre. Si ce n'est pas facile, on peut réfléchir aussi.*

Elève 8 : *Madame j'ai trouvé ça*

Anaïs : *Ça franchement c'est moche*

Elève 4 : *Je vois là, ça ne descend pas …*

Anaïs : *Ah ben oui, mais il faudrait le voir. Nous on veut voir nettement …*

Elève 4 : *On va faire un zoom alors …*

Anaïs : *Ah oui, c'est qu'on demande de faire en fait !* (phrases 112→118)

Ensuite, elle a demandé à un élève de passer au tableau pour faire un zoom :

Anaïs : *Qu'est-ce qu'il faut faire au tableau avec GeoGebra ?* //Elle choisit un élève// *tu veux le faire ? Vas-y… tu zoomes, c'est plus facile avec GeoGebra qu'avec la calculatrice.*

//Elèves au tableau, en train de zoomer//

Anaïs : *Là c'est un repère orthonormé … là tu laisses le repère orthonormé, il faut que tu modifies sur l'axe …*

Elèves : *Mais là on voit qu'elle passe dessous.*

Anaïs : *Là on voit qu'elle passe dessous, mais il faut quand même avoir une jolie parabole.*

//L'élève en train de retravailler l'observation de la représentation graphique//

Anaïs : *Là ..stop stop stop … c'est très bien ça ! voilà … bon… du coup avec ça, on peut savoir comment avec votre calculatrice choisir la fenêtre. Alors, qu'est ce qu'on peut choisir comme Xmin ?*

Elèves : *-1,004*

Anaïs : *Voilà ! -1,004. Et Xmax ? …ben par exemple là il est à 0,002. Et puis le Ymin ben c'est ici... qu'est-ce qu'on lit … ben c'est approximative … c'est –* 4×10^{-4}*. Ben en haut, vous pouvez mettre* 2×10^{-3}

Elève 9 : *Je ne comprends pas*

Anaïs : *Tu ne comprends pas quoi ?*

Elève 9 : *Comment on fait …*

Anaïs : *Tu choisis ton Xmin… regarde au tableau c'est – 0,0004. Et ensuite …*

Elèves 9 : *Ah ça y est ça y est …*

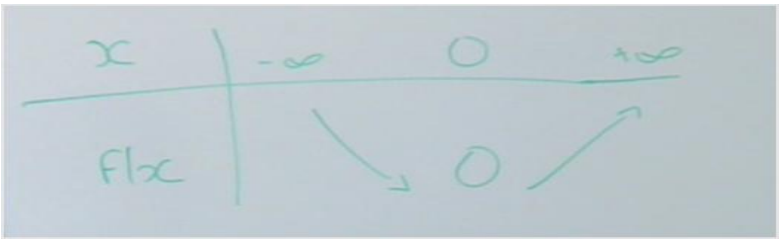
Anaïs : *Qu'est-ce qu'on fait après ? Le but maintenant c'est de refaire … on vous dit « que pensez-vous des conjectures faites en b » ?*

Elèves : *Les conjectures faites en b ne sont pas bonnes*

Nous voyons là un aller-retour entre tableau de valeurs et représentation graphique pour vérifier ce qu'on a obtenu avec la calculatrice et pour fixer le fenêtrage. Nous inférons de ceci une KE nous avons déjà relevée d'après la réaction d'Anaïs sur l'observation de classe d'Irvin (§ 8.6.2) : « les représentations graphiques sont des outils de vérification pour les élèves ».

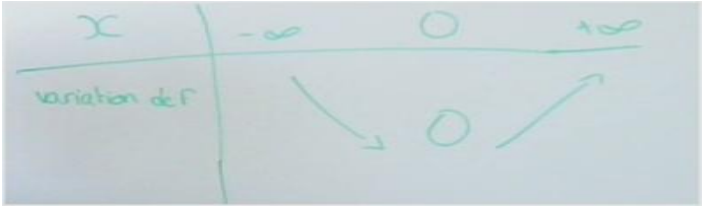
Comme nous l'avons déjà constaté lors de notre analyse de la deuxième partie de suivi (§ 8.6.2), Anaïs attire l'attention vers les termes qu'elle utilise et les expressions mobilisées par les élèves.

Par exemple, quand Quentin (élève) était au tableau en train de dresser un tableau de variations, Anaïs a commenté les expressions qu'il a mises dans le tableau de variations ; Au départ, Quentin a dressé le tableau suivant :



> **Anaïs :** *Alors on a dit, qu'est-ce qu'il allait mieux écrire pour qu'on soit bien sur un tableau de variations ?*
>
> **Quentin :** *On met variation de f*
>
> **Anaïs :** *Voilà, j'aime mieux que vous marquiez variation de f. parce que si non, après vous vous trompez. Je sais bien que dans le livre, on voit f(x) comme ça mais…il vaut mieux mettre « variation de f »* (phrases 97→99).

Après cette discussion, l'élève ajuste son tableau de variations comme suit :



De même pour le tableau de signes : *« Normalement pour faire comme il faut un tableau de signes, on met x et au lieu de variation, on met signe de f(x) ou de f* […] *là, ça n'a pas d'importance. Voilà ! Et il y a juste un zéro avec des petits traits //elle est au tableau pour retoucher le tableau dressé par Quentin// C'est comme ça qu'on fait un tableau de signes. D'accord ? »* (phrase 111). Ceci s'inscrit dans la même vision d'Anaïs de l'enseignement de mathématiques que les expressions et termes utilisés par le professeur et par l'élève déterminent la conceptualisation des notions mathématiques.

Cette analyse de l'observation de la séance de classe une année après la période de suivi nous a permis de repérer des connaissances que nous avons inférées d'après les réactions d'Anaïs sur l'observation de classe d'Irvin. Nous avons également pu mettre en évidence les KE d'Anaïs avec sa vision de l'enseignement des mathématiques.

Comparaisons diverses

La progression d'Anaïs une année après le suivi comprend cinq parties, étalées sur l'année (encadré 15). Anaïs met les équations et les inéquations dès le début de la progression ; elles fourniront des outils pour l'enseignement des caractéristiques des fonctions (signes, variations, extrema). Comparons cette progression avec, d'une part, la progression du thème fonction dans digiTex (§ 8.2.3) et, d'autre part, la progression de ce thème dans les années précédentes d'Anaïs (2007/2008, 2008/2009 et 2009/2010).

Octobre : Image, antécédent, courbe représentative ; Lecture et calcul d'images, lecture d'antécédents. Résolution graphique d'équations.
Décembre : Équations. Calculs d'antécédents. Résolution graphique et algébrique d'équations.
Janvier : Inéquations. Résolution graphique et algébrique d'inéquations. Tableaux de signes.
Février : Premier bilan sur les fonctions de référence. Variations ; Fonction croissante, fonction décroissante ; maximum, minimum d'une fonction sur un intervalle.
Avril : Fonctions polynômes de 2° degré et fonctions homographiques : autour de la forme canonique

Encadré 15. Progression du thème fonction en classe de seconde en 2010/2011

Dans la progression de l'année 2010/2011, Anaïs introduit très tôt les résolutions graphiques des inéquations. Cette nouvelle place occupée par les inéquations dans sa progression de la classe de seconde leur donne le statut d'outils pour l'enseignement des caractéristiques de la fonction. Ce statut de la résolution graphique des équations et inéquations dans l'enseignement des fonctions est le même dans digiTex (précisément dans le chapitre 2N2). Ce changement nous semble dû à digiTex pour deux raisons :

- la première, c'est que dans la progression d'Anaïs au cours des trois dernières années la résolution des inéquations était introduite à la fin (Encadré 16). Ces progressions figurent dans les textes en ligne d'Anaïs. Elles correspondent aux progressions effectives du thème fonction ;
- la deuxième, c'est l'engagement d'Anaïs dans des discussions fournies avec les membres (voir l'analyse de la documentation communautaire aux § 8.2 et § 8.3) ; ces discussions ont été accompagnées d'une participation d'Anaïs à la conception des ressources pour ce thème.

Nous avons demandé à Anaïs la raison de ce changement ; elle a répondu que *« Le travail sur les inéquations est difficile pour les élèves, les lectures graphiques ne sont pas si "naturelles" que cela, donc prendre le temps d'y revenir tout au long de l'année »*. Ceci reflète la même vision adoptée dans digiTex en ce qui concerne le statut des équations et inéquations.

Progression du thème fonction d'Anaïs année scolaire 2007/2008
Notion de fonction : Introduction à la notion de fonction, vocabulaire, représentation graphique, images et antécédents.
Fonctions : Fonctions affines. Taux de variation. Représentation graphique. Sens de variation.
Fonctions de référence : Fonction de références (fonction carré, fonction inverse). Utilisation des fonctions de référence pour étudier le sens de variation d'une fonction. Croissance, décroissance et extremums.
Equations : Equations du premier degré, du deuxième degré, équations produit, équations quotient.
Inéquations : Signe d'un produit, méthodes pour les produits et les quotients
Progression du thème fonction d'Anaïs année scolaire 2008/2009
Fonctions : lectures et calculs d'images
Fonctions et équations : résolution graphique des équations
Fonctions de référence : fonctions carré, fonctions inverses, fonctions affines, fonctions linéaires et représentations graphiques, sens de variation d'une fonction
Inéquations

Progression du thème fonction d'Anaïs année scolaire 2009/2010
F1 : fonctions : définition, vocabulaire, lecture d'image et d'antécédents.
F2 : fonctions et équations : résolution graphique des équations.
F3 : fonctions de référence
F4 : fonctions et inéquations

Encadré 16. Progression du thème fonction dans l'enseignement d'Anaïs dans les trois dernières années

Après l'incident documentaire individuel, la proposition de ressources par Anaïs pour le projet digiTex a augmenté. Ces propositions s'inscrivent dans le cadre d'un processus de conception de ressources pour son propre enseignement ; nous pouvons dire qu'Anaïs s'est investie dans la documentation de digiTex pour développer sa documentation individuelle. Nous qualifions par *symbiose* les rapports entre la documentation d'Anaïs et la documentation dans digiTex (articulations entre les différents aspects du système de ressources ; imbrication des processus de conception de ressources, § 8.6.3).

A la fin de la période de suivi (avril 2011), nous avons regardé comment Anaïs se présentait sur le site de Sésamath *: « J'ai enseigné au lycée xxx de Nîmes de 2001 à 2010. A partir de la rentrée 2010, je suis au lycée polyvalent yyy de Saint-Christol-les -Alès. J'ai rejoint l'équipe de Sésabac au printemps 2006 et je fais partie des listes qui travaillent sur le niveau seconde. Projet(s) : Lycée »*. En comparant ce qu'elle notait au début de la période de suivi (§ 8.6.1), nous remarquons que sa participation à Sésamath est restreinte aux projets du niveau Lycée, plus particulièrement à la classe de seconde, ce qui peut-être un indicateur de son intérêt professionnel particulier à ce niveau de seconde ; cet intérêt s'est renforcé après l'incident documentaire individuel.

8.6.5 Conclusion du suivi de la documentation d'Anaïs.

On peut qualifier de relation de *symbiose* le rapport entre la documentation d'Anaïs et la documentation de digiTex. Cette relation de symbiose s'est renforcée après l'incident documentaire individuel. Après cet incident, nous avons identifié chez Anaïs des KE qui illustrent des formes constitutives de KM et KE identiques à celles repérées dans le monde de la communauté de digiTex, ce qui a renforcé l'articulation entre la documentation d'Anaïs et la documentation dans digiTex.

L'implication d'Anaïs dans digiTex est liée à un intérêt professionnel. Cet intérêt professionnel s'est renforcé après l'incident documentaire individuel, par un intérêt à la documentation communautaire : concevoir des ressources pour son enseignement, discuter des terminologies des mathématiques et du langage utilisé ainsi que de leur valeur dans la documentation. Lorsqu'Anaïs perçoit que les discussions didactiques coïncident avec son intérêt, elle participe largement à la documentation communautaire sans tenir compte des éventuelles convergences ou divergences de visions qu'elles peuvent susciter.

Trois facteurs semblent stimuler la participation active d'Anaïs à la documentation communautaire : l'articulation locale, au départ de la période de suivi, entre son système de ressources et le système de ressources de digiTex ; l'éloignement, dans certains segments temporels, entre sa vision de l'enseignement des mathématiques et l'organisation de ces visions dans le monde de digiTex ; un intérêt commun pour le sujet de discussion à l'origine de cet éloignement.

8.7 Conclusion du chapitre

Lors du déroulement du projet digiTex, nous avons repéré quatre incidents documentaires communautaires. Nos analyses nous ont permis d'établir que ces moments d'incidents documentaires communautaires révèlent de nouveaux aspects du système de ressources et des nouvelles formes d'activités communautaires. A la suite de chaque incident, le processus de participation a subi une reconfiguration, inhérente à la reconfiguration des rôles de membres. Le système de ressources communautaires s'est alors systématiquement développé autour de la ressource à l'origine de l'incident documentaire communautaire. Nous en concluons que la structure du système de ressources communautaires intègre les résultats de dynamiques composées et motivées par les incidents documentaires communautaires. Le système de ressources communautaires semble s'être en effet développé autour des quatre ressources à l'origine des incidents documentaires communautaires.

Certains incidents documentaires communautaires ont provoqué une réorganisation des rôles des membres : certains membres se sont écartés vers la périphérie de l'activité communautaire, d'autres ont fait évoluer leur rôle en fonction de l'incident documentaire, et des rôles de nouveaux membres ont émergé. Cette organisation variable de la communauté a induit une certaine dynamique dans son monde, tout au long de la période de suivi et après chaque incident documentaire communautaire. Nous montrons également que la reconfiguration de l'organisation de la communauté en fonction de l'incident documentaire communautaire a aussi fortement contribué à équilibrer les processus de participation et de documentation. Par conséquent, notre étude met en évidence le fait que la divergence et l'éloignement des visions ont conduit à la construction des KM ou KE communautaires, renforçant cet équilibre.

Notre analyse des rapports entre la documentation d'Anaïs et la documentation de digiTex a mis en évidence une certaine articulation entre la documentation d'Anaïs et la documentation de digiTex. Nous parlons d'un équilibre local recherché et entretenu par l'enseignante. Un incident documentaire individuel provoque une relation de symbiose entre la documentation de l'enseignante et la documentation de digiTex. Son système de ressources s'est en effet articulé globalement avec le système de ressources de digiTex et la dimension collective du système d'activité d'Anaïs s'est accrue. Nous avons alors pu identifier que le monde de l'enseignante avait subi une reconfiguration en fonction des KM et KE construites dans la communauté. Ces KM et KE ont engendré, ultérieurement, des visions convergentes avec celles du monde de digiTex. De ce fait, ce monde a constitué un point d'appui pour les articulations entre la documentation d'Anaïs et la documentation de digiTex.

Partie D. Conclusion générale

Chapitre 9. Conclusion et perspectives

Ce chapitre est consacré à la conclusion générale de notre recherche. Nous commençons par une présentation des résultats en fonction de nos questions et hypothèses de recherche (§ 9.1), nous discutons ensuite les limites et le domaine de validité de ces résultats (§ 9.2). Nous continuons par le questionnement de nos contributions aux niveaux théorique et méthodologique (§ 9.3). Enfin, nous présentons quelques perspectives issues de notre recherche (§ 9.4).

9.1 Contribution à l'étude du travail documentaire des enseignants de mathématiques

Après un retour sur les deux terrains d'étude et nos questions de recherche (§ 9.1.1), nous synthétisons nos principaux résultats de recherche sur chacun de ces deux terrains. Nous confrontons ensuite les résultats obtenus sur les deux terrains en questionnant nos hypothèses de recherche.

9.1.1 Retour sur notre recherche

Notre questionnement initial portait sur les rapports entre les documentations individuelle et communautaire des enseignants de mathématiques.

Notre travail a pris pour objet d'étude l'enseignement de l'analyse. Nous avons mené nos expérimentations dans le cadre de deux communautés d'enseignants de mathématiques contrastées. La première est une communauté institutionnelle réunie autour du projet que nous avons appelé « comTec ». La seconde est une communauté associative réunie autour du projet que nous avons appelé « digiTex ». Un premier regard comparatif sur ces deux terrains nous a amené à repérer un certain nombre de points communs et de différences. Points communs : ces deux projets sont liés au travail documentaire des enseignants de mathématiques, ils se situent au niveau du lycée, et nous avons pu les suivre dès le début de leur développement. Différences : le projet comTec se déroule dans un établissement scolaire, tandis que digiTex se déroule hors établissement scolaire ; l'implication des enseignants dans comTec découle d'une sollicitation institutionnelle, tandis que l'implication dans digiTex relève du seul choix de l'enseignant ; la communauté comTec est une communauté limitée, c'est-à-dire que les participants au cours du projet restent exactement les participants initiaux, tandis que la communauté digiTex est une communauté ouverte à l'implication de nouveaux membres. Les interactions dans le projet comTec s'effectuent principalement en présence des membres, tandis que les interactions dans le projet digiTex sont principalement à distance et via des listes de diffusion.

Notre travail se veut une contribution à l'étude du travail documentaire des enseignants de mathématiques, plus particulièrement des aspects collectifs de ce travail. Nous souhaitons saisir les effets d'évènements particuliers, que nous avons appelé *incidents documentaires* sur les documentations individuelle et communautaire, et sur leurs articulations. Dans ce cadre, nous avons formulé quatre questions de recherche (§ 3.9.1) :

Q1. Quels sont les effets des incidents documentaires communautaires sur la documentation des enseignants de mathématiques impliqués ?

Q2. En quoi les visions des membres d'une communauté conditionnent-elles leur travail documentaire ?

Q3. Quels sont les effets des incidents documentaires individuels sur la documentation d'un enseignant de mathématiques engagé dans une communauté de pratique ?

Q4. Comment comprendre les relations entre la documentation d'un enseignant et la documentation de la communauté dans laquelle il est inséré ?

Nous présentons nos résultats de recherche en fonction de ces quatre questions sur chacun des deux terrains expérimentaux.

9.1.2 La communauté du projet comTec, effet local de l'incident documentaire

Les effets de l'incident documentaire communautaire sur la documentation des enseignants impliqués dans le projet comTec

Lors du déroulement du projet comTec, l'intégration de la ressource « sujets de l'épreuve pratique expérimentale » dans le système de ressources communautaires est considérée comme un incident documentaire communautaire. Nos analyses nous permettent d'interpréter cet incident documentaire communautaire comme un catalyseur des activités communautaires. En effet, alors qu'avant l'incident, les membres participaient à la réalisation du projet par des co-activités individuelles, le processus de participation s'est étendu à la suite de l'incident et nous avons pu identifier une alternance entre activités individuelles et communautaire pour la réalisation du projet commun. L'incident documentaire communautaire a donc donné lieu à une amplification du processus de participation.

Plus encore, le système de ressources de comTec s'est développé sous la forme de sous-systèmes. Cette structure du système de ressources communautaire est intrinsèquement liée à la forme même du processus de participation, principalement fruit des activités individuelles des membres. Notre étude montre que l'incident communautaire a induit une articulation entre ces sous-systèmes de ressources. En effet, le système de ressources communautaires s'est développé, à la suite de l'incident communautaire, autour de la ressource « sujets de l'épreuve pratique des mathématiques », qui est à l'origine de l'incident : les membres conçoivent des ressources sur le modèle des sujets de l'épreuve pratique expérimentale (situations mathématiques, articulation entre partie expérimentale et partie théorique, organisation d'un enseignement, interactive entre élèves et enseignant) ; et les membres échangent ces ressources pour la préparation de l'EPM.

Les visions des membres de la communauté du projet comTec conditionnent leur travail documentaire

Nous avons pu identifier, avant l'incident, des éloignements dans les visions des membres de comTec, renforçant un déséquilibre entre participation et documentation. L'organisation même de la communauté, réalisant le projet par des activités individuelles qui se côtoyaient, a accentué cet éloignement des visions. A la suite de l'incident documentaire communautaire, nos analyses mettent en évidence une convergence et un rapprochement locaux – c'est-à-dire dans le contexte du projet – des visions des TICE et des visions de l'enseignement des mathématiques. Nous avons montré que ces convergences et rapprochements locaux des visions ont renforcé l'équilibre entre participation et documentation communautaire.

Les effets des incidents documentaires individuels sur la documentation d'un enseignant de mathématiques engagé dans la communauté du projet comTec

Nous avons étudié cette question par le biais d'une étude de cas d'un enseignant impliqué dans comTec, Alexis. A l'origine, l'implication de l'enseignant dans le projet constituait une réponse à une sollicitation institutionnelle. La nature institutionnelle de l'incident documentaire communautaire nous a conduit à considérer l'incident documentaire communautaire comme, en même temps, un incident documentaire individuel.

A la suite de l'incident documentaire, le système de ressources d'Alexis a subi une réorganisation. La réorganisation est liée : à une combinaison de ses ressources propres avec la technologie *n*spire (enseignement des méthodes mathématiques liées à la capacité de la technologie *n*spire) ; et à la conception des ressources pour son enseignement au modèle des sujets de l'EPM (démarche expérimentale par exemple). Les connaissances construites par Alexis d'après l'usage de la technologie *n*spire sont entrées en conflit avec certaines de ses visions. Ce conflit cognitif a été résolu à la suite de l'incident documentaire par une reconfiguration de sa vision de l'enseignement des mathématiques, d'une vision visant à mettre l'élève dans des situations d'auto-construction du savoir vers une vision visant à favoriser l'enseignement des mathématiques par interaction enseignant/élève.

Les relations entre la documentation d'un enseignant et la documentation de la communauté dans laquelle il est impliqué

L'étude de cas a montré que, à la suite de cet incident, le système de ressources de l'enseignant s'est en effet articulé localement – c'est-à-dire dans le contexte du projet comTec – avec le système de ressources communautaires, et son système d'activité d'enseignant a subi une réorganisation autour des activités communautaires. Le monde du professeur a également subi une reconfiguration locale – c'est-à-dire dans le contexte de comTec – et cette reconfiguration a constitué un point d'appui pour les articulations entre les documentations individuelle et communautaire.

L'incident documentaire sur le terrain comTec est apparu ainsi comme accélérateur de la documentation communautaire, et il a mis en évidence une potentialité d'articulation locale entre les documentations individuelle et communautaire.

9.1.3 La communauté du projet digiTex, effet global des incidents documentaires

Les effets des incidents documentaires communautaires sur la documentation des enseignants impliqués dans le projet digiTex

Lors du déroulement du projet digiTex, nous avons repéré quatre incidents documentaires communautaires. Nos analyses nous ont permis d'établir que ces moments d'incidents documentaires communautaires ont révélé de nouveaux aspects du système de ressources et des nouvelles formes d'activités communautaires. A la suite de chaque incident documentaire communautaire, le processus de participation a en effet subi une reconfiguration, inhérente à la reconfiguration des rôles de membres. Le système de ressources communautaire s'est alors systématiquement développé autour de la ressource à l'origine de l'incident documentaire communautaire. Nous analysons donc la structure du système de ressources communautaires comme le résultat de dynamiques composées et motivées par les incidents documentaires communautaires. Le système de ressources communautaires semble s'être en effet développé autour des quatre ressources à l'origine des incidents documentaires communautaires.

Les visions des membres de la communauté du projet digiTex conditionnent leur travail documentaire

A la suite de certains incidents documentaires communautaires, le caractère ouvert de la communauté a permis des réorganisations des rôles des membres : certains membres se sont écartés vers la périphérie de l'activité communautaire, d'autres ont fait évoluer leur rôle en fonction de l'incident documentaire, et des rôles de nouveaux membres émergent. Cette organisation variable de la communauté a induit une certaine dynamique dans son monde, tout au long de la période de suivi et après chaque incident documentaire communautaire. Nous montrons également que la reconfiguration de l'organisation de la communauté en fonction de l'incident documentaire communautaire a aussi fortement contribué à équilibrer les processus de participation et de documentation. Par conséquent, notre étude met en évidence le fait que l'éloignement (ou même la divergence) des visions peuvent conduire à la construction des KM ou KE communautaires, renforçant cet équilibre.

Les effets des incidents documentaires individuels sur la documentation d'un enseignant de mathématiques engagés dans la communauté du projet digiTex

A l'instar de comTec, nous avons étudié cette question par le biais d'une étude de cas d'une enseignante impliquée dans digiTex. A la suite de l'incident documentaire individuel, l'enseignante s'accroche à deux collectifs : le premier formé de ses collègues au lycée et le deuxième de la communauté du projet digiTex. L'implication d'Anaïs dans digiTex était motivée par un intérêt professionnel. Cet intérêt professionnel s'est renforcé après l'incident documentaire individuel, en couvrant plusieurs aspects de la documentation de l'enseignante : concevoir des ressources pour son enseignement, discuter les terminologies des mathématiques, le langage utilisé dans les ressources conçues et leurs valeurs dans la documentation pour l'enseignement des mathématiques.

Les relations entre la documentation d'un enseignant et la documentation de la communauté dans laquelle il est impliqué

Nous avons étudié le rapport entre les documentations individuelle et communautaire à travers le cas d'une enseignante, Anaïs. Notre analyse pointe, dans un premier temps, une certaine articulation entre la documentation individuelle de cette enseignante et la documentation de digiTex : nous parlons d'un équilibre local recherché et entretenu par l'enseignante. Un incident documentaire individuel provoque une relation de symbiose entre la documentation de l'enseignante et la documentation de digiTex. Son système de ressources s'est en effet articulé globalement avec le système de ressources de digiTex et la dimension collective de système d'activité d'Anaïs s'est accrue. Nous avons alors pu identifier que le monde de l'enseignante a subi une reconfiguration en fonction des KM et KE construites dans la communauté. Ces KM et KE construites ont engendré, ultérieurement, des visions convergentes avec celles du monde de digiTex. De ce fait, ce monde a constitué un point d'appui pour les articulations entre la documentation d'Anaïs et la documentation de digiTex.

L'incident documentaire sur le terrain digiTex est apparu comme accélérateur de la documentation communautaire, et il a mis en évidence aussi une potentialité d'articulation locale entre les documentations individuelle et communautaire.

9.1.4 Comparaison des résultats des analyses des deux terrains

Dans les deux cas étudiés, les moments d'incidents documentaires (individuels ou communautaires) semblent constituer des moments critiques pour l'observation des genèses

documentaires individuelles et communautaires. Notre travail relève que ces incidents documentaires rendent observables des nouveaux aspects du système de ressources et des nouveaux aspects d'activités. Les incidents documentaires se sont non seulement révélés constituer des indices d'une grande richesse des rapports entre les documentations individuelle et communautaire mais aussi comme des accélérateurs de la documentation communautaire. La considération des incidents documentaires semble ainsi être cruciale pour la compréhension de la dynamique de développement de la documentation communautaire. Plus précisément, notre étude met en évidence qu'un incident documentaire communautaire provoque un développement de la documentation communautaire : un accroissement du processus de participation et une réorganisation du système de ressources communautaires autour de la ressource à l'origine de l'incident. Par conséquent nous soutenons notre première hypothèse confirmée par les résultats des deux cas étudiés : « **H1.** Les *incidents documentaires communautaires* semblent être des *accélérateurs* des documentations individuelle et communautaire ».

La convergence (ou rapprochement), locale ou globale, de certaines visions déterminantes vis-à-vis du projet commun assure alors le maintien de l'équilibre entre participation et documentation. L'éloignement (ou même la divergence) des visions des membres peut cependant se révéler constituer une véritable richesse pour la documentation, si l'organisation de la communauté est adéquate : projet commun articulé avec les intérêts professionnels des enseignants impliqués dans la communauté ; marge de manœuvre qui donne la possibilité à l'enseignant de participer à la définition (et la redéfinition) du projet commun ; et des rôles variés des membres pour la réalisation du projet commun. Par conséquent, notre deuxième hypothèse lancée : « **H2.** Les *visions* des membres d'une communauté de pratique semblent conditionner les relations entre les processus de participation et de documentation », est à reformuler. Il nous a paru par l'expérimentation que ce n'est pas seulement l'organisation des visions des membres qui conditionne les relations entre participation et documentation, mais encore l'organisation de la communauté. L'interaction entre l'organisation des visions dans une communauté et l'organisation de la communauté détermine le monde de la communauté (§ 3.4.4). Nous reformulons alors la deuxième hypothèse comme suit : « **H'2.** Le monde d'une communauté de pratique semble conditionner les relations entre les processus de participation et de documentation ».

Il s'avère que l'incident documentaire individuel induit un rapprochement très fort des genèses documentaires individuelle et communautaire. Du coup, nous soutenons notre troisième hypothèse lancée : « **H3.** Les *incidents documentaires individuels* semblent induire un rapprochement de la documentation individuelle de l'enseignant concerné et de la documentation communautaire », qui a été validée dans les deux cas étudiés.

Enfin, à la suite des incidents documentaires, le système de ressources de l'enseignant vient en effet s'articuler, globalement ou localement, avec le système de ressources communautaires. Le système d'activité de l'enseignant subit alors une réorganisation inhérente à la nouvelle relation qu'entretiennent activités individuelle et communautaire. Le monde du professeur subit ainsi une reconfiguration en fonction des KM et KE construites dans la communauté. Il peut en conséquence constituer un point d'appui pour des articulations potentielles entre les documentations individuelle et communautaire. Par conséquent, notre quatrième hypothèse : « **H4.** Le *monde* du professeur de mathématiques semble refléter les rapports construits au cours du temps entre la documentation communautaire et celle d'un enseignant », est validée dans les deux cas étudiés.

9.2 Limite de l'étude et domaine de validité des résultats

Cette étude ne peut être appréhendée comme un produit fini : les résultats présentés ici doivent être situés dans la dynamique d'une réflexion sur la documentation des enseignants.

Le suivi des deux projets nous a permis de recueillir un ensemble important de données, grâce à nos outils méthodologiques ou, de façon plus naturelle, lors de nos interactions avec les terrains expérimentaux. Toutefois, l'élargissement temporel et spatial de notre terrain expérimental peut nous amener à questionner, dans une certaine mesure, ces données.

Lors de notre travail autour du projet comTec, notre méthodologie était en cours de construction. Les données recueillies n'ont alors pu être aussi suffisantes que souhaité. Nous avons perçu la complexité de suivre les activités communautaires en continu et à long terme ; à n'importe quel moment du développement de projet, un phénomène significatif peut arriver qu'il faille capter et analyser, ce qui dépassait la portée d'observation de notre méthodologie. En outre, les membres de la communauté étaient réticents en regard de notre participation à leurs réunions, et de notre observation de la mise en œuvre des ressources en classe. Le cas du projet digiTex est différent puisque la grande majorité des activités communautaires avait lieu à distance et que nous y avions accès via les listes de diffusion. Ceci nous a permis d'inférer des KM et KE communautaires. En revanche, le fait que les interactions entre les membres se font à distance ne nous donnait pas accès aux échanges pouvant avoir lieu hors la liste de diffusion, qu'ils s'agissent d'échanges entre deux membres ou entre davantage de membres. Or, bien que nous ayons considéré que ce que notait un membre reflétait son propre monde et ses propres connaissances, les échanges hors liste de diffusion ont pu influer sur la dynamique des échanges sur la liste de diffusion. N'ayant pas accès directement aux échanges au sein des différents projets de Sésamath, nous avons dû nous restreindre aux résultats des interactions via la revue MathemaTice ou les lettres Sésaprof et des discussions générales entre les membres. Comprendre directement le processus de développement de la documentation dans plusieurs projets interreliés aurait sans nul doute permis une meilleure compréhension de la documentation dans un projet donné.

Pour l'étude des rapports entre la documentation individuelle et la documentation communautaire, nous avons fait le choix du suivi de la documentation individuelle d'un enseignant sur chaque terrain. Cette étude se serait certainement enrichie si nous avions pu suivre le travail de deux ou trois enseignants aux mondes contrastés, et jouant des rôles différents au sein des projets en mouvement. De plus, nous avons fait le choix de réaliser l'étude dans le cas de l'enseignement de l'analyse. Ce choix s'est avéré fructueux, tant l'analyse offre un terrain mathématique riche pour la conception de ressources (variété de registres de représentations, questions de modélisation). L'étude pourrait être prolongée en considérant d'autres domaines mathématiques, pour étudier la structure des systèmes de ressources des enseignants à partir de la structure des mathématiques qu'elles intègrent.

Cette étude limitée nous a cependant permis de dégager des pistes pour étudier les rapports entre documentations individuelle et communautaire :

- l'analyse du langage mathématique (terminologie, expressions, vocabulaire) mobilisé par l'enseignant membre de la communauté et de celui mobilisé par la communauté, dans/pour leur travail de conception de ressources pour l'enseignement de l'analyse. L'étude de cet aspect langagier nous a paru crucial dans le cas de l'enseignement de l'analyse où il y a une multiplicité de représentations (graphique, algébrique, formelle, tableaux) ;

- l'épistémologie sous-jacente à la construction des objets d'enseignement de l'analyse, en lien étroit avec le monde du professeur dans la documentation individuelle et avec le monde de la communauté dans la documentation communautaire ;
- la stratégie d'enseignement d'une notion donnée.

Nous avons fait le choix de deux formes de communautés particulières (communauté institutionnelle et communauté associative). Nos résultats pourraient être mis à l'épreuve d'autres types de communautés (par exemple les communautés d'enseignants-chercheurs engagés dans des projets de recherche sur les mathématiques ou sur l'enseignement des mathématiques).

9.3 Développements théoriques et méthodologiques

La démarche d'étude des rapports entre individuel et communautaire dans la documentation des enseignants de mathématiques est, d'une certaine façon, « coûteuse » tant au niveau théorique qu'au niveau méthodologique. Nous présentons dans ce qui suit les développements théoriques que nous avons proposés, nous poursuivant en avançant de nouvelles propositions.

L'étude des communautés d'enseignants de mathématiques à partir de la dynamique de leur documentation suppose l'étude des structures, des dynamiques et des interactions au sein de cette communauté. Elle nécessite de mobiliser des notions issues de cadres très différents : didactique, mathématiques, ergonomique et sociologique. Ce travail nous a amené à définir deux notions théoriques, *vision* et *monde*, notions que nous avons utilisées en tant qu'outils d'étude. Cette étude appelle de nouveaux développements, articulant niveau d'activité (Margolinas 2002) et Communauté de Pratiques (CoP), approfondissant les relations entre visions et connaissances et les interactions dans le triplet connaissances, ressources et activités.

Cette étude a également nécessité un travail méthodologique important, et en particulier le développement d'outils méthodologiques favorisant la réflexivité sur les activités communautaires, articulés avec les besoins des acteurs sur le terrain expérimental, et permettant un suivi dans le temps. La méthodologie adoptée dans ce travail, notamment pour le suivi de la documentation communautaire, reste à tester sur le suivi d'autres formes de communauté. Nous avons mis à l'épreuve un outil méthodologique particulier (le Petit Agenda de Suivi, PAS). Cet outil nous a semblé crucial, en particulier pour l'analyse des incidents documentaires communautaires. La mise à l'épreuve du PAS a été motivée par un principe méthodologique : l'incitation à une réflexivité sur l'activité communautaire. Nous avons également mis à l'épreuve d'autres outils méthodologiques incitant à une réflexivité sur les activités individuelle et communautaire : les représentations schématiques. Celles-ci ont constitué un point d'appui méthodologique important pour instancier les visions des membres, notamment dans le suivi de la documentation individuelle. Le travail d'ordre méthodologique entrepris nous paraît donc ouvrir des pistes prometteuses, L'élargissement temporel et spatial de notre terrain expérimental, ainsi que le principe méthodologique consistant à « inciter une réflexivité sur les activités communautaires », nous ont conduit à éprouver la nécessité d'expliciter le « contrat méthodologique » établi avec les acteurs sur le terrain expérimental. Le concept de « contrat méthodologique » est une proposition que nous faisons pour clarifier la place de l'acteur du terrain expérimental vis-à-vis la place du chercheur dans la méthodologie de recueil de données. Nous avons cherché à travers nos analyses à reconstruire l'activité telle que pensée par l'acteur du terrain : ces analyses sont fonction de ce contrat.

9.4 Perspectives

La nature de nos résultats et certaines limites de notre travail nous semblent offrir des perspectives pour de nouvelles recherches. Nous présentons ces perspectives au niveau d'une utilité éventuelle de ce travail dans le cadre de la formation des enseignants de mathématiques, puis aux niveaux méthodologique, théorique et épistémologique.

Ce travail pourrait donner des pistes pour la conception de dispositifs de formations des enseignants de mathématiques reposant sur l'idée de conception de ressources collaboratives pour l'enseignement des mathématiques. Assurer une marge de manœuvre à l'enseignant pour la définition du projet de formation (ce qui lui donne la possibilité d'articuler ses intérêts professionnels avec le projet de formation) nous semble crucial, car la documentation communautaire ne s'inscrit pas dans la documentation individuelle à partir d'une relation linéaire. C'est un phénomène de propagation complexe qui ne prend forme qu'en fonction de l'activité de l'enseignant dans la communauté.

Au niveau méthodologique, la richesse des données recueillies ne nous semble pas avoir été complètement exploitée. Par exemple, nous n'avons pas fait d'analyse des données textuelles qui nous auraient permis de dégager des éléments autour du langage mathématique mobilisé dans le cadre de la communauté : langage mathématique dans les ressources, dans le discours des membres ou dans les échanges communautaires. En outre, et dans le même niveau méthodologique, la limite de temps a constitué un facteur fort qui nous a empêché de suivre les communautés sur des durées assez longues (plus de deux ans). Cette question du temps est décisive, pour suivre les genèses documentaires qui sont des processus longs et complexes. La localisation du regard sur des incidents documentaires permet de résoudre, d'une certaine façon, cette question, puisque les incidents, révélateurs et accélérateurs documentaires, permettent d'observer, en peu de temps, des phénomènes importants. Mais il serait certainement très utile de pouvoir suivre, sur le long terme, tout au long de leurs stades de développement, des communautés d'enseignants « ordinaires », dans les conditions « ordinaires » de leur travail documentaire consistant à concevoir les ressources de leur enseignement.

Par ailleurs, l'analyse de la documentation communautaire dans un projet de Sésamath a révélé le mouvement systémique des différents projets de l'association. Quel est alors l'effet de la dynamique de documentation dans un projet de Sésamath sur les autres projets qui y sont rattachés ?

Au niveau théorique, nous avons analysé le processus de participation dans la communauté sous la forme d'activités s'inscrivant dans des niveaux allant de (+3) à (0). Il serait sans doute pertinent de compléter cette analyse par des analyses ascendantes et descendantes, suivant les niveaux d'activités, pour analyser plus finement les rapports entre visions et KM et KE des enseignants.

Tout au long de notre cheminement à travers ce travail de recherche, un ensemble de questions nous est apparu, qu'il nous semblerait intéressant de développer. Durant la dernière année de travail sur cette thèse, nous avons par exemple découvert une archive de Bourbaki (numérisée et mise en ligne en 2007), qui nous a permis de prendre conscience de la portée didactique importante de son projet, dès son origine. Nous avons cité des extraits de cette archive dans le chapitre 3, pour appuyer le choix de certains concepts théoriques. En revanche, la consultation de l'archive de Bourbaki et les critères pour l'étude des rapports entre documentations individuelle et communautaire nous ont amené à soulever les questions suivantes : est-il pertinent d'analyser le processus de conception de ressources dans la communauté Bourbakiste – ou dans n'importe

quelle communauté de chercheurs en mathématiques – en vue de le mettre en perspective avec celui de communauté d'enseignants de mathématiques ? Comment analyser le processus de conception de ressources d'une communauté de chercheurs ? Quels éléments comparatifs peut-on observer entre les deux documentations d'un enseignant et d'un chercheur-enseignant ?

Nous pensons avoir donné des éléments de réponses au questionnement initial, celui des rapports entre documentations individuelle et communautaire des enseignants de mathématiques. Ce travail constitue un premier abord à ce questionnement, auquel nous souhaitons donner suite à travers des recherches ultérieures.

Bibliographie

Adler, J. (2010), la conceptualisation des ressources. Apports pour la formation des professeurs de mathématiques, In Gueudet G. et Trouche L. (dir.), *Ressources vives. Le travail documentaire des professeurs en mathématiques*, pp. 23-40. Presses Universitaires de Rennes et INRP.

Aldon, G. (2011), *Interactions didactiques dans la classe de mathématiques en environnement numérique : construction et mise à l'épreuve d'un cadre d'analyse exploitant la notion d'incident*, Thèse de doctorat (dir. L. Trouche), soutenance prévue le 6 décembre 2011.

Aldon, G., Artigue, M., Bardini, C., Baroux-Raymond, D., Bonnafet, J.-L., Combes, M.-C., Guichard, Y., Herault, F., Nowak, M., Salles, J., Trouche, L., Xavier, L., & Zuchi, I. (2008), Nouvel environnement technologique, nouvelles ressources, nouveaux modes de travail : le projet e-coLab, *Repères-IREM*, 72, pp. 51-78.

Aldon, G., Sabra, H. (2009), *Intégration des calculatrices dans l'enseignement des mathématiques : nouvelle étape technologique, nouvelles formes d'intégration, nouveau type d'expérimentation*. Institut National de Recherche Pédagogique.

Artigue, M. (2002), Learning mathematics in a CAS environment: The genesis of a reflection about instrumentation and the dialectics between technical and conceptual work, *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, *7*, pp. 245–274.

Artigue, M. (2009), Articulations entre cadres théoriques : le cas de la TAD, *Recherches en Didactiques des Mathématiques*, 29/3, pp. 305-334.

Assude, T. (2007), changements et résistances à propos de l'intégration des nouvelles technologies dans l'enseignement mathématiques au primaire, *ISDM*, 29. En ligne http://isdm.univ-tln.fr/PDF/isdm29/ASSUDE.pdf.

Audra, G., & Hache, S. (2009), Kidimath : genèse et perspectives, *Mathematice*, 16. En ligne : http://revue.sesamath.net/spip.php?article236

Balacheff, N., & Margolinas, C. (2005), Ckc modèle de connaissances pour le calcul des situations didactiques, In Mercier A. & Margolinas C. (Eds.), *Balises pour la didactique des mathématiques*, pp. 75-106. La pensée sauvage.

Ball, D. L., Thames, M. H. & Phelps, G. (2007), *Content knowledge for teaching: What makes it special?*, In Bloch I. (dir.), *Peut-on analyser la pertinence des réactions mathématiques des professeurs dans leur classe ? : Comment travailler cette pertinence dans des situations à dimension a-didactique ?* Texte présenté au Séminaire du DAEST, Université Victor Segalen Bordeaux 2.

Béguin, P. (2005), Concevoir pour les genèses professionnelles, In Rabardel P. et Pastré P. (dir.), *Modèles du sujet pour la conception. Dialectiques activités développements*, pp. 31-52. Octarès.

Béguin, P. (2004), Monde, version des mondes et mondes communs, *Bulletin de Psychologie*, 57/1(469), pp. 45-59.

Blanchard-Laville, C., Chevallard, Y., & Schubauer-Léoni, M.L. (1996), *Regards croisés sur la didactique, un colloque épistolaire*. La Pensée Sauvage.

Bloch, I. (2002), Un milieu graphique pour l'apprentissage de la notion de fonction au lycée, *Petit x*, 58, pp. 25-46.

Bloch, I., (2000), L'enseignement de l'analyse à la charnière lycée/université. *Thèse de doctorat*. Université Bordeaux 1.

Bloch I. (1997), Les connaissances mathématiques de l'enseignant, pour l'enseignement, *Petit x, 45*, pp. 5-24.

Bolly, P., Chevalier, A., Citta, M., Hauchart, C., Krysinska, M., Legrand M., Rouche, N., & Schneider, M. (1999), *Vers l'infini pas à pas, approche heuristique de l'analyse, manuel pour l'élève*. De Boeck.

Bourdieu, P. (1980), *Le sens pratique*. Editions de minuit.

Brousseau, G. (1998), *Théorie des situations didactiques.* La pensée sauvage.

Brousseau, G. (1988), Le contrat didactique : le milieu, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 9/3, pp. 309-336.

Brousseau, G., & Centeno, J. (1991), Rôle de la mémoire didactique de l'enseignant. *Recherche en Didactique des Mathématiques*, 11/2(3), pp. 167-210.

Brousseau, G., & Sarrazy, B. (2002), *Glossaire de quelques concepts de la théorie des situations didactiques en mathématiques* [Glossary of some concepts of the theory of didactical situations in mathematics.]. DAEST. En ligne http://daest.pagesperso-orange.fr/guy-brousseau/textes/Glossaire_Brousseau.pdf

Bucciarelli, L. (1994), *Designing Engineers*. MIT Press.

Buisson, F. (dir.) (1911), *Nouveau dictionnaire de pédagogie et d'instruction primaire*. Hachette. Edition numérique INRP, en ligne http://www.inrp.fr/edition-electronique/lodel/dictionnaire-ferdinand-buisson/

Caraës, M.-H., & Marchand-Zanartu, N. (2011), *Images de pensée*. Editions de la Réunion des musées nationaux.

Cassirer, E. (1991), *Logique des sciences de la culture*. Cerf.

Chevallard, Y. (2003), Approche anthropologique du rapport au savoir, In Maury S. & Caillot M. (éds), *Rapport au savoir et didactiques*, pp. 81-104. Editions Fabert.

Chevallard, Y. (2002), Organiser l'étude 3. Ecologie et régulation, In Dorier J.-L., Artaud M., Artigue M., Berthelot R., Floris R. (dir.), *Actes de la XIe École d'Été de Didactique des Mathématiques*, pp. 41-56. La Pensée Sauvage.

Chevallard, Y. (1997), Familière et problématique, la figure du professeur, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 17/3, pp. 17-54.

Chevallard, Y. (1992a), Intégration et viabilité des objets informatiques, le problème de l'ingénierie didactique, In Cornu B. (dir.), *L'ordinateur pour enseigner les mathématiques,* pp. 183-203. PUF.

Chevallard, Y. (1992b), Concepts fondamentaux de la didactique : perspectives apportées par une approche anthropologique, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 12/1, pp. 73-112.

Chevallard, Y. (1988), *Sur l'analyse didactique, deux études sur les notions de contrat et de situation*. IREM d'Aix-Marseille.

Chevallard, Y., & Johsua, M.-A. (1982), Un exemple d'analyse de la transposition didactique : la notion de distance, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 2/3, pp.159-239.

Coen, P.-F. & Gurtner, J.-L. (1998), Analyse des processus cognitifs en jeu dans une tâche d'écriture, In Depover C. & Noël B. (dir.), *L'évaluation des compétences et des processus cognitifs : modèles, pratiques et contextes*, pp. 239-254. De Boeck.

Cohen-Azria, C., & Sayac, N. (2009), *Questionner l'implicite, Les méthodes de recherche en didactiques (3).* Presses universitaires Septentrion.

Conne, F. (1997), L'activité dans le couple enseignant/enseigné, In Bailleul M. (dir.) *Actes de la IXè Ecole d'Eté de Didactique des Mathématiques*, pp. 15-24. ARDM.

Conne, F. (1992), Savoir et connaissance dans la perspective de la transposition didactique, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 12/2(3), pp.221-270.

Coppé, S. (2007), Les connaissances antérieures des professeurs de mathématiques à travers la préparation de séances de classe. Cas de stagiaires en fin de formation initiale, In Gueudet G. et Matheron Y. (dir.), *Actes du séminaire national de didactique des mathématiques*, pp. 136-168. IREM Paris 7.

Daina, A., Mathé, A.-C., Pelay, N., Sabra, H. (à paraître), *Expérimentation et position du chercheur en didactique des mathématiques : réflexion autour du thème du IVème séminaire des jeunes chercheurs de l'ARDM*, Acte du séminaire national de didactique des mathématiques.

D'Atabekian, C., Jouneau-Sion, C., & Vanroyen, J.-P. (2009), Associations d'enseignants et travail collaboratif, quels modèles ?, *Dossiers de l'ingénierie éducative*, 66, pp. 72-75.

Dieudonné, J. (1970), The work of Nicholas Bourbaki, *The American Mathematical Monthly*, 77, pp. 134-145.

Douglas, M. (1999), *Comment pensent les institutions*. La Découverte.

Douglas, M. (1986), *Risk Acceptability According to the Social Sciences*. Routledge and Kegan Paul.

Eloi, S., Uhlrich, G. (2011), La démarche technologique en STAPS : analyse conceptuelle et mise en perspective pour les sports collectifs, *e Journal de la Recherche sur l'Intervention en Éducation Physique et Sport*, 23, pp. 20-45. En ligne http://www.fcomte.iufm.fr/ejrieps/ejournal23/3%20Eloi%20Uhlrich%20eJ23.pdf

Filloux, J. (1974), *Du contrat pédagogique ou comment faire aimer les mathématiques à une jeune fille qui aime l'ail*. Dunod.

Flanagan, J.C. (1954), The critical incident technique, *Psychological bulletin*, 51/4, pp. 327-358.

Flavell, J. H. (1976), Metacognitive aspects of problem solving, In Resnick L. B. (Ed.), *The nature of intelligence*, pp. 231-235. Lawrence Erlbaum Associates.

Fleck, L (1935/2005), *Genèse et développement d'un fait scientifique*, (Traduit de l'allemand par N. Jas). Les Belles Lettres.

Folcher, V. (2005), De la conception pour l'usage au développement de ressources pour l'activité, In Rabardel P. et Pastré P. (dir.), *Modèles du sujet pour la conception, dialectiques activités développements*, pp. 189-210. Octarès.

Fort, M. (2007), Expérimentation d'une épreuve pratique de mathématiques au baccalauréat scientifique, *Ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche*. En ligne http://media.education.gouv.fr/file/98/3/4983.pdf.

Foucault, M. (2001), *Dits et écrits II, 1976-1988*. Gallimard.

George, S. (2001), *Apprentissage collectif à distance. SPLACH : un environnement informatique support d'une pédagogie de projet*, Thèse de doctorat. Université du Maine.

Grossman, P. L. (1990), *The making of a teacher : Teacher knowledge and teacher education*. Teachers College Press.

Gueudet, G. (2008), Entrée à l'université / Ressources en ligne. Éclairages théoriques et actions didactiques dans deux champs de recherche en didactique des mathématiques, *note de synthèse pour l'habilitation à diriger des recherches*. Université Paris 7. En ligne http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/34/92/54/PDF/HDR_GGueudet.pdf

Gueudet, G., & Trouche, L. (2010a), Des ressources aux documents, travail du professeur et genèses documentaires, In Gueudet G. et Trouche L. (dir.) *Ressources vives. Le travail documentaire des professeurs en mathématiques*, pp. 57-74. Collection Paideia, Presses Universitaires de Rennes et INRP.

Gueudet, G., & Trouche, L. (2010b), *Genèses communautaire, genèses documentaires : histoire en miroir*, In Gueudet G. et Trouche L. (dir.), *Ressources vives. Le travail documentaire des professeurs en mathématiques*, pp. 129-146. Collection Paideia, Presses Universitaires de Rennes et INRP.

Gueudet, G., & Trouche, L. (2009a), Vers de nouveaux systèmes documentaires des professeurs de mathématiques, In Bloch I. et Conne F. (dir.), *Nouvelles perspectives en didactique des mathématiques*, pp. 109-133. La Pensée Sauvage.

Gueudet, G., &Trouche, L. (2009b), Towards new documentary systems for mathematics teachers? *Educational Studies in Mathematics*, 71/3, pp. 199-218.

Gueudet, G., & Trouche, L. (2009c), Conception et usages de ressources pour et par les professeurs : Développement associatif et développement professionnel, *Dossiers De l'Ingénierie Educative*, 65, pp. 78-82.

Gueudet, G., & Trouche, L. (2008), Du travail documentaire des enseignants : genèses, collectifs, communautés. Le cas des mathématiques, *Éducation et didactique*, 2/3, pp. 7-33.

Guin, D., Ruthven, K., & Trouche, L. (eds) (2005), *The didactical challenge of symbolic calculators: turning a computational device into a mathematical instrument*. Springer.

Guin, D., Trouche, L. (2008), Un assistant méthodologique pour étayer le travail documentaire des professeurs : le cédérom SFoDEM 2008, *Repères*, 72, pp. 5-24.

Guin, D., & Trouche, L. (dir.) (2002), *Calculatrices symboliques : transformer un outil en un instrument du travail mathématique, un problème didactique*. La Pensée Sauvage.

Guin, D., & Trouche L. (1999), The Complex Process of Converting Tools into Mathematical Instruments. The Case of Calculators, *The International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 3/3, pp. 195-227.

Hache, S. (2009a), Nativement numérique : les manuels Sésamath, *Dossiers De l'Ingénierie Educative*, 66, pp. 57-59.

Hache, S. (2009b), Jouer dans Kidimath, *MathemaTice*, 15. En ligne http://revue.sesamath.net/spip.php?article219

Hammoud, R. (2009), Penser les rapports entre conception et usages des ressources en ligne. Etude dans le cas du site Pégase dédié à l'enseignement de la physique et de la chimie, *mémoire de master 2 recherche* (dir. Trouche L.). Université Lyon 1.

Jackson, A. (1999), Interview with Henri Cartan, *Notices American Mathematical Society*, 46/7, pp.782-788. http://www.ams.org/notices/199907/fea-cartan.pdf

Jermann, P., & Dillenbourg P. (1999), An analysis of learner arguments in a collective learning environment, *Actes de la conférence Computer Support for Collaborative Learning (CSCL)*, pp. 265-273. Stanford University.

Krainer, K. (2003), Teams, Communities & Networks, *Journal of Mathematics Teacher Education*, 6/2, pp. 185-194.

Kuntz, G., Clerc, B., & Hache, S. (2010), Questions à l'association Sésamath : un modèle crédible pour créer, éditer et apprendre des mathématiques ?, In Kuzniak A. et Sokhna M. (dir.), *Enseignement des mathématiques et développement:enjeux de société et de formation.* Revue internationale francophone, numéro spécial, pp. 867-880. En ligne http://fastef.ucad.sn/EMF2009/Groupes%20de%20travail/GT6/kuntz,%20Clerc%20et%20Hache.pdf

Lafortune L., Deaudelin C., Doudin P.-A., Martin D. (Eds.), (2004), *Conceptions, croyances et représentations en mathématiques, sciences et technos*. Presses de l'Université du Québec.

Laferrière, T., Martel, V., & Gervais, F. (2005), *Une communauté de pratique en réseau (CoPeR) dans le domaine de l'insertion socioprofessionnelle des jeunes (ISPJ) : Nouvelles voies de transfert de connaissances et perspectives futures*. CEFRIO & CTREQ. En ligne http://www.ctreq.qc.ca/medias/pdf-word-autres/CTREQ-CEFRIO2006-02-21.pdf

Lave, J., & Wenger, E. (1991), *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge: Cambridge University Press.

Legrand, M. (1991), Les compétences scientifiques des étudiants sont-elles indépendantes de la façon dont nous leur présentons la science ?, *Gazette des Mathématiciens*, Supplément n° 48, pp. 44-58.

Le Maréchal, J.-F., & Mercier& A. (2006), L'intervention et le devenir des connaissances antérieures des élèves dans la dynamique des apprentissages scolaires, *Rapport de recherche*. En ligne http://halshs.archives-ouvertes.fr/hal-00375074/

Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999), Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching, In Julie Gess-Newsome N. G. L. (Ed.), *Examining Pedagogical Content Knowledge*, pp. 95-132. Kluwer.

Margolinas, C., Canivenc, B., De Redon, M.-C., Rivière, O., & Wozniak, F. (2004), Que nous apprend le travail mathématique hors classe pour la formation des maîtres. Actes de *30ème colloque Inter-IREM des formateurs et professeurs chargés de la formation des maîtres*.

Margolinas, C. (2002), Situations milieux, connaissances: Analyse de l'activité du professeur, In Dorier J.-L., Artaud M., Artigue M., Berthelot R. et Floris R. (dir.), *Actes de la 11e école d'été de didactique des mathématiques*, pp. 141-155. La pensée sauvage.

Margolinas, C. (1995), La structuration du milieu et ses apports dans l'analyse a posteriori des situations, In Margolinas C. (dir.), *Les débats de didactique des mathématiques*, pp. 89-103. La pensée Sauvage. En ligne http://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00418815/fr/

Margolinas, C. et Wozniak, F. (2010), Rôle de la documentation scolaire dans la situation du professeur : le cas de l'enseignement des mathématiques à l'école élémentaire, In Gueudet G. et Trouche L. (dir.), *Ressources vives, le travail documentaire des professeurs, le cas des mathématiques*, pp. 233-249. Presses Universitaires de Rennes et Institut National de Recherche Pédagogique.

Oddone I., Re A., & Briante G. (1981), *Redécouvrir l'expérience ouvrière : vers une autre psychologie du travail ?* Messidor.

Pastré, P. (2005), Genèse et identité, In Rabardel P. et Pastré P. (dir.), *Modèles du sujet pour la conception, Dialectiques activités développement*, pp. 231-260. Octarès.

Piaget, J. (1967), *Biologie et connaissance*. Gallimard.

Prieto L. (1975), *Pertinence et pratique*. Minuit.

Quentin, I. (2009), Fonctionnement et impact de Sésamath : une étude exploratoire, *mémoire de master 2 recherche* (dir. E. Bruillard), Ecole Normale Supérieure de Cachan.

Quentin, I., Bruillard, E. (2011), Le fonctionnement de Sésamath : une étude exploratoire, In Nissen E., Poyet F., Soubrié T. (dir.), *Interagir et apprendre en ligne*, pp.°171-188. Ellug, Université Stendahl-Grenoble 3.

Rabardel, P., & Bourmaud, G. (2005), Instruments et systèmes d'instruments, In Rabardel P. et Pastré P. (dir.), *Modèles du sujet pour la conception. Dialectiques activités développement*, pp. 211-229. Octarès.

Rabardel, P. (1999), Éléments pour une approche instrumentale en didactique des mathématiques, In Bailleul M. (dir.), École d'été de didactique des mathématiques, pp. 202-213, IUFM de Caen.

Rabardel, P. (1995), *Les Hommes et les technologies : une approche cognitive des instruments contemporains*. Armand Colin.

Rameau, G., & Samyn, E. (2006), le Travail Collaboratif Assisté par Ordinateur (TCAO) exemple d'une solution technologique avec x-tek, *23ème congrès de l'AIPU*, Monastir.

Richardson, V. (1996), The role of attitudes and beliefs in learning to teach, In Sikula J. (Ed). *Handbook of Research on Teacher Education*, pp. 102-119. MacMillan.

Robert, A. (2008), Problématique et méthodologie commune aux analyses des activités mathématiques des élèves en classe et des pratiques des enseignants de mathématiques, In Vandebrouck F. (Ed.) *La classe de mathématiques : activités d'élèves, pratiques des enseignants*, pp. 31-59. Octarès.

Robert, A., & Robinet, J. (1996), Prise en compte du méta en didactique des mathématiques, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 16/2, pp. 145-176.

Rocher, G. (1968), *Introduction à la sociologie générale*. HMH.

Roditi, E. (2003), Régularité et variabilité des pratiques ordinaires d'enseignement. Le cas de la multiplication des nombres décimaux en Sixième, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 23/2, pp. 183-216.

Roschelle, J., & Teasley S. D. (1995), The construction of shared knowledge in collaborative problem solving, In O'Malley C. (dir.), CSCL, pp. 69-97. Springer-Verlag.

Rousseau, J.-J. (1762/2001), *Du contrat social*. Flammarion.

Sabra, H. (2009), Entre monde du professeur et monde du collectif : réflexions sur la dynamique de l'association Sésamath, *Petit x*, 81, pp. 55-78.

Sabra, H. (2008), Interaction entre les systèmes individuels et communautaires. Etude dans le cadre du projet e-CoLab, *Mémoire de master 2 recherche* (dir. Trouche L.). Université Lyon1. En ligne http://educmath.inrp.fr/Educmath/recherche/approche_documentaire/memoirehs.pdf

Sabra, H., & Trouche, L. (dir.) (2009), Enseignement des mathématiques et TICE, Revue de la littérature de recherche francophone (2002 – 2008), 153 p., INRP. En ligne http://www.inrp.fr/editions/editions-electroniques/enseignement-des-mathematiques-et-tice

Sensevy, G. (2007), Des catégories pour décrire et comprendre l'action didactique conjointe, In Sensevy G. et Mercier A. (dir.), *Agir ensemble. L'action didactique conjointe du professeur et des élèves*, pp. 13-49. Presses Universitaires de Rennes.

Shulman, L. S. (1987), Knowledge and teaching : foundations of the new reform, *Harvard Educational Review,* 57/1, pp. 1-22,.

Shulman, L. S. (1986), Those who understand: Knowledge growth in teaching, *Educational Researcher*, 15/2, pp. 4-14.

Soury-Lavergne, S., Trouche, L., Loisy, C., & Gueudet, G. (2011), *Parcours de formation, de formateurs et de stagiaires: suivi et analyse*, rapport à destination du MESR. INRP-ENSL. En ligne http://eductice.inrp.fr/EducTice/equipe/PRF-2010/

Stewart, T.A. (1999), *Intellectual capital: the new wealth of organizations*. Doubleday.

Trouche, L. (2007), Environnements informatisés d'apprentissage : quelle assistance didactique pour la construction des instruments mathématiques ?, In Floris R. et Conne F. (dir.), *Environnements informatiques, enjeux pour l'enseignement des mathématiques. Intégrer des artefacts complexes, en faire des instruments au service de l'enseignement et de l'apprentissage*, pp. 19-38. De Boeck.

Trouche, L. (2005), Construction et conduite des instruments dans les apprentissages mathématiques : nécessité des orchestrations, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 25/1, pp. 91-138.

Trouche, L. (1997), *A propos de l'enseignement des limites de fonctions dans un « environnement calculatrice », étude des rapports entre processus de conceptualisation et processus d'instrumentation*, Thèse de doctorat. IREM, Université Montpellier 2.

Trouche, L. (1994), Calculatrices graphiques, la grande illusion, *Repères-IREM*, 20, pp. 39-55.

Trouche, L., & Guin, D. (2006), *Des scénarios pour et par les usages*, In Godinet H. et Pernin J.-P. (dir.), *Scénariser l'enseignement et l'apprentissage : une nouvelle compétence pour le praticien* ?, pp. 77-82, INRP.

Trouche, L., Gueudet, G., Sabra, H. (Gupten à paraître), *Le collectif ressort du travail documentaire des professeurs.*

Vergnaud, G. (2002), Forme opératoire et forme prédicative de la connaissance, In Portugais J. (dir.) ? *La notion de compétence en enseignement des mathématiques, analyse didactique des effets de son introduction sur les pratiques et sur la formation*, Actes du colloque GDM 2001, pp. 6-27.

Vergnaud, G. (1994), Le rôle de l'enseignant à la lumière des concepts de schème et de champ conceptuel, In Artigue M., Gras R., Laborde C. et Tavignot P. (dir.), *Vingt ans de didactiques des mathématiques en France*, pp. 177-191. La Pensée Sauvage.

Vergnaud, G. (1990), La théorie des champs conceptuels, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10/23, pp. 133-170.

Vermersch, P. (1994), *L'entretien d'explicitation en formation initiale et en formation continue*. ESF.

Weil, A. (1992), The apprenticeship of a mathematician, *Birkhäuser Verlag*, pp. 93-122.

Wenger, E. (2005), *La théorie des communautés de pratique, apprentissage, sens et identité*, Traduction de (Wenger 1998) par Fernand Gervais. Les presses de l'Université Laval.

Wenger, E. (1998), *Communities of practice. Learning, meaning, identity*. Cambridge University Press.

Wolfs, J.-L. (2005), Métacognition et réflexivité dans le champ scolaire : origines des concepts, analyse critique et perspectives, In Derycke M. (dir.) *Culture(s) et réflexivité*, pp. 21-31. Publications de l'Université de St.-Etienne.