HAL
open science

Une étude des effets du travail documentaire et collectif sur le développement professionnel des enseignants de mathématiques : apport des concepts d'expérience et de trajectoire documentaires

Katiane de Moraes Rocha

To cite this version:

Katiane de Moraes Rocha. Une étude des effets du travail documentaire et collectif sur le développement professionnel des enseignants de mathématiques : apport des concepts d'expérience et de trajectoire documentaires. Education. Université de Lyon, 2019. Français. NNT : 2019LYSEN014 . tel-02399664

HAL Id: tel-02399664

https://theses.hal.science/tel-02399664

Submitted on 9 Dec 2019

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

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

Numéro National de Thèse : 2019LYSEN014

THESE de DOCTORAT DE L'UNIVERSITE DE LYON

opérée par

l'Ecole Normale Supérieure de Lyon

Ecole Doctorale N° 485
École Doctorale Education, Psychologie, Information et Communication

Spécialité de doctorat : Didactique des mathématiques
Discipline : Sciences de l'éducation

Soutenue publiquement le 25/06/2019, par :

Katiane DE MORAES ROCHA

Une étude des effets du travail documentaire et collectif sur le développement professionnel des enseignants de mathématiques : apport des concepts d'expérience et de trajectoire documentaires

---

Devant le jury composé de :

Marilena BITTAR, Professeure à l'Universidade Federal do Mato Grosso do sul, Examinatrice
Hamid CHAACHOUA, Professeur à l'Université Grenoble Alpes, Rapporteur
Ghislaine GUEUDET, Professeure à l'Université de Bretagne Occidentale, Examinatrice
Catherine LOISY, Maîtresse de conférences HDR à l'ENS de Lyon, Examinatrice
Birgit PEPIN, Professeure à Eindhoven University of Technology, Rapporteure
Hussein SABRA, Maître de conférences à l'Université de Reims Champagne Ardenne, Examinateur
Jana TRGALOVA, Maîtresse de conférences à l'Université Claude Bernard – Lyon 1, Examinatrice
Luc TROUCHE, Professeur à l'École Normale Supérieure de Lyon, Directeur de thèse

La connaissance s'acquiert par l'expérience, tout le reste n'est que de l'information

Albert Einstein

Remerciements

Le manuscrit final de la thèse ne représente qu'une petite partie de ce qui s'est passé durant les quatre ans et quatre mois du doctorat. Le processus vécu dans cette période a inclus un ensemble de rencontres, de moments difficiles, de moments de bonheur et d'apprentissages. Dans ces divers moments j'ai eu le support et l'encouragement de plusieurs personnes sans lesquelles j'aurais difficilement pu arriver jusqu'ici et que je tiens à remercier.

Je remercie d'abord la famille scientifique :

- Mon directeur de thèse Luc Trouche qui a été présent, réactif et un vrai générateur de bonnes idées. Sa vision méta de la recherche et ses réflexions profondes m'ont toujours aidé à avancer théoriquement et méthodologiquement. Par ailleurs, son soutien est allé au-delà du travail dans une vision humaine, en s'adaptant aux changements personnels de ma vie, comme gérer une grossesse pendant la thèse. Alors, mon méta-merci ! Tu as marqué fortement ma trajectoire !
- Merci à mes collègues de doctorat qui ont beaucoup participé à mon travail. Merci en particulier à Mohamad et Chongyang qui m'ont suivi pendant toute cette période en m'aidant à plusieurs moments ;
- Sophie et Véronique qui font un travail merveilleux dans leurs collèges et qui m'ont inspiré tout au long de ma thèse. Nous avons eu plusieurs moments de travail qui m'ont permis de connaître les professeurs français et l'enseignement en France, mais aussi plusieurs moments informels sympathiques ;
- Les gens que j'ai rencontré dans l'équipe et les projets dont j'ai fait partie : le soutien de mes collègues d'équipe EducTice[1] qui ont été très chaleureux dans l'accueil en France et dans mon intégration ; les collègues du projet ANR-ReVEA (§ 3.3.1) qui ont beaucoup apporté pour mon travail ; mes collègues du projet PREMaTT (§ 3.3.1) qui ont été très important pour la conceptualisation proposée dans mon travail et qui ont créé une ambiance très chaleureuse de travail. Les moments de réunion de projet, les repas ensemble, les pauses café, etc… C'est un ensemble très large de moments informels et formels qui m'ont fait vivre une ambiance de travail sympathique et très riche. Donc, merci à tous pour le soutien !

[1] http://eductice.ens-lyon.fr/EducTice/front-page/view?set_language=fr.

- Les membres du jury qui ont lu attentivement la thèse, mais qui aussi ont participé à mon travail de différentes façons.
- Les collègues brésiliens que j'ai rencontré en France, mais aussi ceux du Brésil qui ont aussi une grande importance en me donnant la base – le master - pour arriver ici. Je profite ici pour remercier spécialement ma directrice de master qui est devenue aussi une amie et quelqu'un qui a beaucoup contribué à cette réussite, mille mercis prof. Marilena, tu as été fondamentale et notre rencontre a été un événement très important dans ma trajectoire.

Je remercie ensuite ma famille et mes amis :

- Les amis que je me suis fait en France, qui ont été ma famille et qui m'ont soutenue pendant tout ce temps. J'ai fait des sœurs et frères qui feront partie de ma vie pour toujours. Je ne peux pas citer tous les noms, par peur d'oublier quelqu'un puisque j'ai eu la chance d'avoir de très nombreux amis. Alors, merci pour les apéros, pour les jeux de sociétés, pour les voyages, pour partager des moments divers avec moi, je vous aime !
- Les amis que je me suis fait au Brésil et que même la distance n'a pas empêché d'avoir un rôle important sur cette aventure qu'était le doctorat. Merci pour divers moments en présence et à distance où vous m'avez patiemment écoutée et soutenue.

Je remercie enfin ma famille :

- Merci à ma belle-famille qui a fait un effort extraordinaire pour m'aider, soit en s'occupant de Francisco, soit en lisant la thèse pour corriger le français. Vous êtes très gentils et extraordinaires, j'ai de la chance !
- Merci à ma famille au Brésil qui m'a aidée et motivée à poursuivre ce rêve de faire un séjour à l'étranger. Merci à ma mère qui a beaucoup souffert de la distance, mais qui m'a toujours envoyé des messages d'amour et de motivation. Mes sœurs Catilene et Karine qui sont mes inspirations de force et de courage pour surmonter les moments difficiles. Merci aussi à mes petits neveux et ma nièce pour les petites photos et vidéos qui m'ont donné l'énergie pour continuer. Vous êtes ma source d'inspiration !
- Merci enfin à ma petite famille formée par mon mari Corentin et par mon fils Francisco. Corentin qui est un mari, ami, relecteur, l'amour de ma vie… tout un ensemble de rôles qui ont été fondamentaux pour l'aboutissement de cette thèse. Francisco qui est la lumière de nos jours, un petit ange qui est venu pour équilibrer

notre univers. Merci pour toute la compréhension des absences et de temps partagé. Merci pour les moments de Chicothèrapie qui m'ont re-sourcé pour finir ce travail. Merci pour tout. Je vous aime avec toutes mes forces, sans vous rien ne fait sens.

Enfin, la fin ! La fin de la thèse est marquée par ce manuscrit, mais le travail est toujours en cours. Je souhaite aux lecteurs de cette thèse qu'ils puissent trouver dans ce travail des idées, et puissent contribuer à de nouveaux développements avec leurs réflexions. Et si vous êtes thésard, je vous souhaite courage dans ce voyage complexe qu'est une thèse.

Resumé

La thèse traite de la construction d'expérience, en France, par les professeurs de mathématiques quand ils interagissent avec les ressources de leur enseignement tout au long de leur carrière. Elle s'intéresse plus particulièrement à l'impact de l'introduction de l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation au collège - proposée par la réforme de 2016 – sur leur travail documentaire.

Pour cette étude, nous proposons un cadre théorique qui s'appuie sur l'approche documentaire du didactique et sur la didactique professionnelle. Nous nous intéressons aux événements (liés au travail individuel et/ou collectif) qui sont porteurs de transformation sur le travail documentaire des enseignants au cours du temps, en introduisant les concepts de *trajectoire* et *d'expérience documentaires*.

Nous avons développé un cadre méthodologique inspiré des principes de *l'investigation réflexive*. Nous avons ainsi suivi deux enseignantes (à mi-carrière) au collège : Anna et Viviane. Les deux enseignantes ont été choisies pour leurs profils contrastés par rapport au travail collectif. L'étude met en évidence que les enseignantes interagissent de façon très différente avec les ressources et leurs trajectoires documentaires aident à comprendre ce qui est sous-jacent à ces différences. Enfin, elle met en évidence le potentiel du travail collectif pour le développement professionnel des enseignants, en particulier pour faire face aux changements curriculaires.

Abstract

The thesis deals with the construction of experience, in France, by mathematics teachers when they interact with the resources of their teaching throughout their career. It is particularly interested in the impact of the introduction of algorithmics and programming - proposed by the 2016 reform - on their documentational work.

For this study, we propose a theoretical framework based on the documentational approach to didactics and on the professional didactics. We are interested in events (related to individual and / or collective work) that have the potential to transform teachers' documentational work over time, introducing the concepts of documentational trajectory and experience.

We have developed a methodological framework inspired by the principles of reflective investigation. We followed then two middle schools mid-career teachers: Anna and Viviane. The two teachers were chosen for their contrasted profiles in relation to the collective work. The study highlights that teachers interact in a very different way with resources and their documentational trajectories help to understand what is behind these differences. Finally, it highlights the potential of collective work for the professional development of teachers, in particular to cope with curriculum changes.

Resumo

A tese trata da construção da experiência por professores de matemática, na França, quando eles interagem com os recursos para preparar o seu ensino durante toda carreira profissional. Ela se interessa particularmente pelo impacto da introdução do ensino de algoritmo e da programação no ensino fundamental - proposta pela reforma de 2016 – sobre o trabalho documental dos professores.

Para este estudo, propomos um referencial teórico baseado na abordagem documental do didático e da didática profissional. Estamos interessados em eventos (relacionados ao trabalho individual e/ou coletivo) que transformam o trabalho documental dos professores

ao longo do tempo, introduzindo para isso os conceitos de trajetória e experiência documentais.

Desenvolvemos um quadro metodológico inspirado nos princípios da investigação reflexiva. Nós seguimos assim duas professoras (em meio de carreira) do ensino fundamental: Anna e Viviane. As duas professoras foram escolhidas por seus perfis diferentes em relação ao trabalho coletivo. O estudo mostra que as professoras interagem de forma diferente com os recursos e que suas trajetórias documentais ajudam a entender o que está por trás dessas diferenças. Finalmente, a tese destaca o potencial do trabalho coletivo para o desenvolvimento profissional dos professores, em particular para lidar com as mudanças curriculares.

Table de matières

Introduction 19

Partie A : Questions de recherche, construction théorique et méthodologique 25

Chapitre 1. Problématique 27

1.1 L'enseignement des mathématiques en France : un regard sur le travail des enseignants 27

1.2 Le développement professionnel des enseignants : une constante création et mise à jour de ressources 29

1.3 Les évolutions dans l'enseignement des mathématiques au collège 31

1.4 La dimension collective du travail des enseignants 34

1.5 Conclusion 36

Chapitre 2. Cadre théorique 37

2.1 Le développement professionnel des enseignants de mathématiques au travers de l'action 37

2.1.1 Les apports de la didactique professionnelle à l'analyse du développement professionnel des enseignants 37

2.1.2 L'apport de la notion de schème à l'analyse de l'activité des enseignants 39

2.1.3 Une modélisation des niveaux de l'activité des enseignants 44

2.1.4 Les niveaux de codétermination et les décisions des enseignants 47

2.1.5 Synthèse 48

2.2 La conception et les usages de ressources au cœur de l'activité des enseignants de mathématiques 49

2.2.1 Approche instrumentale : quelques concepts fondateurs 49

2.2.2 Approche documentaire du didactique : le travail documentaire au cœur de l'activité des enseignants 51

2.2.3 Système de ressources des enseignants de mathématiques : identification et caractérisation 53

2.2.4 Synthèse 56

2.3 La dimension collective du travail des enseignants de mathématiques 56

2.3.1 Les communautés de pratique et les objets frontière 57

2.3.2 Collectifs de pensée et style de pensée..... 60

2.3.3 Synthèse..... 63

2.4 Le processus longitudinal d'apprentissage des enseignants de mathématiques : jeux entre histoire, identité, trajectoire et expérience 63

2.4.1 Un point de vue historique de la vie du sujet 64

2.4.2 Relations entre identité et profession..... 64

2.4.3 Trajectoire construite au travers de la participation à plusieurs communautés 65

2.4.4 Didactique professionnelle : activité et construction d'expérience..... 66

2.4.5 Une approche psychologique : expérience vécue d'une expérience vécue 68

2.4.6 Synthèse..... 69

2.5 L'introduction des concepts de trajectoire documentaire et d'expérience documentaire des enseignants des mathématiques..... 69

2.5.1 Les origines et raisons d'être des concepts de trajectoire et d'expérience documentaires 70

2.5.2 Les dimensions historique et sociale de la trajectoire et de l'expérience documentaire 71

2.5.3 Une définition des concepts de trajectoire et d'expérience documentaires... 72

2.5.4 Synthèse..... 77

2.6 Conclusion et questions 78

Chapitre 3. Méthodologie..... 79

3.1 Principes méthodologiques..... 79

3.1.1 La réflexivité des enseignants sur leur activité : un moteur du développement professionnel 79

3.1.2 Un regard quantitatif et qualitatif : panorama du travail documentaire des enseignants au collège 81

3.1.3 La méthodologie d'investigation réflexive du travail documentaire des enseignants..... 82

3.1.4 L'action et la verbalisation de l'action : un enjeu pour comprendre l'expérience et la trajectoire documentaire 85

3.1.5 Les principes méthodologiques pour l'analyse de la dimension collective du travail documentaire des enseignants de mathématiques 87

3.2 Les outils méthodologiques de recueil des données 88

3.2.1 Recueil de données pour l'analyse longitudinale du travail documentaire..... 88

3.2.2 Recueil de données pour l'analyse du travail documentaire pour l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation 92

3.3 Le terrain de recherche 95

3.3.1 Présentation de spécificités de cette recherche : un développement conceptuel et méthodologique dans plusieurs collectifs 95

3.3.2 Présentation des cas d'étude 97

3.4 Les choix d'analyse des données 105

3.4.1 Méthodologie d'analyse du travail documentaire au fil du temps 105

3.4.2 Méthodologie d'analyse du travail documentaire pour l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation 116

3.5 Conclusion 125

Partie B : Une enquête nationale sur les ressources utilisées par les enseignants de mathématiques 127

Chapitre 4. Un questionnaire sur les ressources des enseignants de mathématiques au collège 129

4.1 Présentation du questionnaire et de l'échantillon des répondants 129

4.1.1 La création et diffusion du questionnaire 129

4.1.2 Description générale du questionnaire 131

4.1.3 Description de la méthode d'analyse 133

4.1.4 Caractéristiques de la population de répondants 134

4.2 Une vision panoramique du travail documentaire des enseignants des mathématiques au collège en France 135

4.2.1 Ensemble des ressources utilisées 136

4.2.2 Choix de manuel scolaire 138

4.2.3 Ressources Sésamath 143

4.2.4 Travail collectif et les renouvellements de vos ressources 145

4.2.5 Changement curriculaire de 2016 148

4.2.6 Conclusion partielle 159

4.3 Conclusion 160

Partie C : Analyse des données relatives à Anna 163

Chapitre 5. Analyse des transformations du travail documentaire d'Anna au long du temps 165

5.1 Une vision panoramique de la trajectoire documentaire d'Anna 165

5.1.1 Composantes de la trajectoire documentaire d'Anna 166

5.1.2 L'ensemble d'événements et de ressources cartographier par Anna 169

5.2 Analyse de la trajectoire documentaire à travers ses événements 172

5.2.1 Période 1 : création de ressources 172

5.2.2 Période 2 : réflexion et renouvellement de ressources 176

5.2.3 Période 3 : raffinement et diffusion des ressources 178

5.2.4 Résultats partiels 183

5.3 Les transformations dans le système de ressources de l'enseignant au long du temps 184

5.3.1 Période 1 : création de ressources 184

5.3.2 Période 2 : réflexion et renouvellement des ressources 187

5.3.3 Période 3 : raffinement et diffusion des ressources 189

5.3.4 Résultats partiels 194

5.4 L'impact du travail collectif sur le travail documentaire d'Anna 195

5.4.1 Période 1 : création et accumulation des ressources 195

5.4.2 Période 2 : réflexion et consolidation des ressources 198

5.4.3 Période 3 : raffinement et diffusion des ressources 202

5.4.4 Résultats partiels 207

5.5 Les connaissances professionnelles d'Anna : traits d'expérience documentaire . 208

5.5.1 Période 1 : création et accumulation des ressources 208

5.5.2 Période 2 : réflexion et consolidation des ressources 210

5.5.3 Période 3 : raffinement et diffusion des ressources 211

5.5.4 Résultats partiels 213

5.6 Conclusion 214

Chapitre 6. Analyse du travail documentaire d'Anna pour un contenu donné : les relations entre travail collectif et individuel 217

6.1 L'algorithmique et la programmation dans l'expérience documentaire d'Anna . 217

6.1.1 Les événements qui nourrissent l'enseignement de l'algorithmique et programmation 217

6.1.2 Le système de ressources pour l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation 219

6.1.3 Les influences du travail collectif des enseignants sur l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation 221

6.1.4 Les connaissances professionnelles qui impactent la préparation de l'enseignement de l'algorithmique et la programmation 222

6.2 La production collective des ressources pour l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation : le partenariat entre Anna et Cindy 223

6.2.1 Préparation de la progression pour l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation (année scolaire 2016-2017) 223

6.2.2 Le recul réflexif sur la mise en œuvre de la progression (année scolaire 2016-2017) 230

6.2.3 Renouvellement de la progression pour l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation (année scolaire 2017-2018) 233

6.2.4 Récapitulatif du travail du collectif de pensée Anna et Cindy 242

6.3 La mise en œuvre d'une leçon par Anna 246

6.3.1 Les ressources utilisées pour la situation didactique 246

6.3.2 L'organisation de la mise en œuvre de la leçon 248

6.3.3 Des éléments de schème 251

6.4 Conclusion 258

Partie D : Analyse des données relatives à Viviane 261

Chapitre 7. Analyse des transformations du travail documentaire de Viviane au long du temps 263

7.1 Une vision panoramique de la trajectoire documentaire de Viviane 264

7.1.1 Composantes de la trajectoire documentaire de Viviane 264

7.1.2 L'ensemble des événements et des ressources cartographiées par Viviane. 266

7.2 Analyse de la trajectoire documentaire au travers de ses événements 270

7.2.1 Période 1 : Création des ressources 270

7.2.2 Période 2 : Découverte de nouvelles ressources 273

7.2.3 Résultats partiels 277

7.3 Les transformations du système de ressources de l'enseignant au long du temps 277

7.3.1 Période 1 : Création des ressources 278

7.3.2 Période 2 : Découverte de nouvelles ressources 280

7.3.3 Résultats partiels 284

7.4 L'impact du travail collectif sur le travail documentaire de Viviane 284

7.4.1 Période 1 : Création des ressources 285

7.4.2 Période 2 : Découverte de nouvelles ressources 287

7.4.3 Résultats partiels 292

7.5 Les connaissances professionnelles de Viviane : traits d'expérience documentaire 292

7.5.1 Période 1 : Création des ressources 292

7.5.2 Période 2 : Découverte de nouvelles ressources 294

7.5.3 Résultats partiels 296

7.6 Conclusion 296

Chapitre 8. Analyse du travail documentaire de Viviane pour un contenu donné : les relations entre travail collectif et individuel 299

8.1 L'algorithmique et la programmation dans l'expérience documentaire de Viviane 299

8.1.1 Les événements qui nourrissent l'enseignement de l'algorithmique et programmation 299

8.1.2 Le système de ressources pour l'enseignement de l'algorithmique et la programmation 300

8.1.3 Les influences du travail collectif des enseignants sur l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation 301

8.1.4 Les connaissances professionnelles qui impactent la préparation de l'enseignement de l'algorithmique et la programmation 302

8.2 La production collective des ressources pour l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation : le partenariat entre Viviane et Jessica 303

8.2.1 Préparation de la progression pour l'enseignement de l'algorithme et de la programmation pour l'année scolaire 2016-2017 303

8.2.2 Le recul réflexif sur la mise en œuvre de la progression (année scolaire 2016-2017) 309

8.2.3 Récapitulatif du travail du collectif de pensée Viviane et Jessica 313

8.3 La mise en œuvre d'une leçon par Viviane 315

8.3.1 Les ressources utilisées pour la situation didactique 316

8.3.2 L'organisation de la mise en œuvre de la leçon 318

8.3.3 Des éléments du schème 320

8.4 Conclusion 326

Partie E : Considérations finales et perspectives 329

Chapitre 9. Considérations finales 331

9.1 Un retour réflexif sur les analyses des deux études de cas 331

9.1.1 Croisement des analyses du suivi longitudinal des enseignantes (dimension A) 331

9.1.2 Croisement des analyses pour l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation (dimension B) 339

9.2 Un retour réflexif sur nos questions de recherche 343

9.2.1 Trajectoire documentaire et transformations du système de ressources 344

9.2.2 Interaction avec les ressources et expérience documentaire 346

9.2.3 Travail collectif et expérience documentaire 347

9.3 Un retour réflexif sur les développements théorique et méthodologique 348

9.3.1 Développement théorique 349

9.3.2 Développement méthodologique 352

9.4 Perspectives 354

9.4.1 Du point de vue du développement des enseignants 354

9.4.2 Du point de vue de la recherche 355

9.4.3 Du point de vue d'une implication plus personnelle 356

Références 357

Introduction

Cette thèse représente l'aboutissement d'un ensemble d'événements et de questions de recherche construites tout au long de ma trajectoire professionnelle depuis le début de ma formation comme enseignante de mathématiques au Brésil (2008). Tout comme l'étude de la « trajectoire » d'un enseignant cherche à nous aider à comprendre son activité, je pense que certains aspects de ma « trajectoire » peuvent éclairer l'origine et l'intérêt de cette thèse.

Pendant ma formation de professeure de mathématiques au Brésil (2008-2011), j'ai pu suivre des modules de cours dédiés à la réflexion sur l'enseignement des mathématiques. J'ai eu aussi l'opportunité de participer à un projet coordonné par la chercheuse Marilena Bittar qui s'intéressait aux enseignants en formation initiale pour le niveau collège. C'est ainsi que j'ai rencontré un ensemble de cadres théoriques (les registres de représentation sémiotique de Duval (1993), ou encore la théorie des situations de Brousseau (1997)). Ce projet et les différents cours suivis à la faculté ont motivé ma réflexion sur l'enseignement des mathématiques en relation avec la recherche.

Ainsi j'ai décidé de faire un mémoire de licence (dirigé par Marilena Bittar) en concevant des situations qui mobilisaient différents registres pour apprendre les propriétés des figures géométriques planes aux élèves de sixième. Dans mon analyse, j'ai constaté les difficultés des élèves avec les propriétés des figures géométriques, ce qui m'a amené à penser la nécessité de l'enseignement de ce contenu avant la sixième. Au même moment, je prenais connaissance des études sur les potentialités des nouvelles technologies pour l'enseignement des mathématiques, ce qui m'a motivée pour continuer la recherche dans cette voie.

Ainsi, j'ai participé au concours pour accéder au Master avec un projet pour concevoir et analyser une formation pour les enseignants d'école primaire. J'ai été acceptée à ce concours et j'ai eu l'opportunité de faire deux ans de recherche sous la direction de Marilena Bittar. Nous avons créé une formation pour les futurs enseignants de l'école primaire en utilisant le langage *Logo*. Dans l'analyse des données issues de cette formation, les questions liées à l'appropriation et aux usages des logiciels ont été analysées à la lumière des travaux de Rabardel (1999). Ainsi, pendant mon Master, l'intérêt pour comprendre les ressources utilisées par les enseignants et leurs impacts sur leurs pratiques a été de plus en plus fort, tout comme l'envie personnelle de me rapprocher de la communauté française de recherche. L'idée de faire un doctorat en France est venue (en 2014) au moment où je découvrais le cadre de l'approche documentaire du didactique. Tout de suite, la richesse de la problématique des usages des ressources par l'enseignant m'a intéressée ce qui m'a amené à travailler avec un des chercheurs au cœur de la création de l'approche, Luc Trouche. Ainsi,

nous avons eu une convergence entre mes intérêts de recherche et ceux développés par Luc Trouche et la communauté des chercheurs avec qui il travaille.

C'est ainsi qu'en 2015 cette thèse a débuté dans le but de comprendre comment les interactions des enseignants avec les ressources, tout au long de leur carrière impactent leurs activités. Nous avons comme objet de recherche le croisement entre, d'une part, le développement professionnel des enseignants, et d'autre part, leurs interactions avec les ressources. Ce travail est né aussi en interaction avec les questions de recherche du projet ReVEA (§ 3.3.1) centré sur les questions de conception et usages des ressources par les enseignants. Cette thèse est le résultat du travail d'une enseignante de mathématiques qui cherche à comprendre le travail des enseignants de mathématiques, ainsi nous situons cette thèse dans le cadre de la didactique des mathématiques. Nous espérons que cette thèse pourra aider les institutions intéressées par la formation des enseignants, ainsi que les professionnels qui réfléchissent à la création des ressources pour et par les enseignants.

Cette thèse est organisée en cinq parties :

- La première partie est composée de la problématique de recherche, de la construction théorique et méthodologique ;
- La deuxième partie est dédiée à l'analyse d'un questionnaire visant une analyse plus générale des ressources utilisées par les enseignants du collège ;
- La troisième partie se concentre sur l'analyse du cas d'une enseignante du collège - Anna - qui est impliquée dans plusieurs collectifs différents hors de son collège. ;
- La quatrième partie est centrée sur l'analyse du cas d'une autre enseignant du collège - Viviane – qui ne participe à aucun travail collectif hors de son établissement. ;
- La dernière partie présente les conclusions et nos considérations finales.

Dans le volume d'annexes, on trouvera :

- Un glossaire, pour soutenir la lecture de la thèse en définissant un ensemble de termes (à leur première occurrence, on précise Annexe 1, glossaire) ;
- Les grilles d'entretiens qui ont été conçues pour les besoins de notre étude ;
- Des extraits de transcriptions utiles pour comprendre nos inférences ;
- Le questionnaire qui sera étudié au chapitre 4.

Avant tout, je présente une caractéristique importante et particulière liée à cette thèse qui est le partenariat documentaire avec ma collègue de doctorat Chongyang Wang qui a eu des conséquences importantes dans le travail développé. Ainsi, est présenté ci-dessous un texte coécrit (qui est aussi dans la thèse de Chongyang Wang) qui situe les relations établies entre nos deux thèses.

Deux travaux de thèse en parallèle : le partenariat entre deux doctorantes

Katiane de Moraes Rocha et Chongyang Wang

Nous exposons dans cette section les relations entre deux thèses développées en parallèle entre 2015-2019.

En mars 2015, nous (Chongyang Wang et Katiane De Moraes Rocha) sommes arrivées à Lyon en même temps, toutes les deux doctorantes du professeur Luc Trouche. Nous avions obtenu toutes les deux des bourses de nos propres pays (Chine et Brésil) après un processus de sélection très exigeant : du Conseil des Bourses chinoises (Chongyang), et du Conseil National pour le Développement Scientifique et Technologique du Brésil (Katiane). Quatre ans plus tard, en 2019, nos soutenances ont lieu en avril (Chongyang) et juin (Katiane). En fait, nos trajectoires de recherche ont partagé bon nombre d'événements et de ressources.

Pour mieux connaître le système éducatif français et ajuster nos propositions de recherche, nous avons passé nos trois premiers mois en France à suivre ensemble une enseignante de mathématiques, Anna (§ 3.3.2), qui est ensuite devenue notre cas commun de recherche. Nous avons observé collectivement son enseignement en classe et ses activités professionnelles, en particulier son travail sur et pour les ressources dans divers collectifs. Voyant le monde de l'école française à travers nos aprioris culturels et contextuels, par exemple, les professeurs de collège ont plus de 30 heures d'enseignement par semaine avec les élèves au Brésil, alors que les professeurs chinois n'ont que 10 à 12 heures. L'observation contrastée nous a toujours apporté quelques points inattendus à débattre. Entre-temps, grâce au suivi d'Anna, nous avons eu l'occasion d'observer son interaction étroite avec un autre enseignant de son collège, et cette situation a inspiré certaines de nos propositions théoriques, particulièrement en ce qui concerne la dimension collective du développement professionnel des enseignants.

Nous étions impliquées dans un même laboratoire, S2HEP[2], une même équipe de recherche, EducTice[3]. Nous avons partagé le même bureau dans l'institut français de l'éducation pendant quatre ans. En de nombreuses occasions au cours de ces années, nous avons partagé des séjours pour participer à diverses conférences. Nous avons participé ensemble à ICME-13 à Hambourg (2016), et nous avons écrit chacune un chapitre dans

[2]https://s2hep.univ-lyon1.fr/.

[3]http://eductice.ens-lyon.fr/EducTice/front-page/view?set_language=fr.

le même livre (Rocha 2018a ; Wang 2018a) ; nous avons participé ensemble à ICMT-2 à Rio (2017) et écrit une contribution pour ces travaux (Rocha, Trouche et Gueudet 2018 ; Wang, Trouche et Pepin 2018). Nous avons travaillé en tant que volontaires locaux et avons fait des présentations collectives pour ICTMT-13 à Lyon (2017) (Rocha, Wang & Trouche 2017), et pour la Conférence Internationale Res(s)ources 2018 à Lyon (Rocha 2018c, Wang 2018b). Nous avons situé notre collecte de données dans le cadre du projet national français ReVEA (§ 3.3.1) et les analyses de données sur la plateforme AnA.doc (§ 3.3.1).

Nous nous sommes appropriées un cadre théorique commun (Approche Documentaire du Didactique, § 2.2.2) avec des intérêts de recherche différents mais proches sur le travail de documentation des professeurs de mathématiques : *expérience* et *trajectoires* (§ 2.5.3) pour Katiane, et *expertise* pour Chongyang. Nous avons essayé de proposer des contributions théoriques et méthodologiques pour développer ce cadre, par exemple le concept de partenariat documentaire (en anglais, documentation-working mate, § 3.1.4) pour Chongyang, et les concepts de *cartographie réflexive* et *inférée* (§ 3.1.2) pour Katiane, et nous profitons chacune des contributions de l'autre.

Au-delà de ces points communs, nos doctorats sont très différents : Chongyang contraste un cas chinois et un cas français et écrit en anglais, tandis que Katiane oppose deux cas français différents et écrit en français. Au cours des quatre années, nous avons rédigé des articles et fait des présentations en quatre langues : anglais, français, portugais (pour Katiane) et chinois (pour Chongyang). Venant de deux cultures différentes (Asie et Amérique du Sud), nous avons toutes les deux des bagages culturels et des caractères personnels très distincts, l'une est plus introvertie et conservatrice, l'autre est plus ouverte et aventureuse. Nous avons exploré et essayé de nous adapter ensemble à la culture française, nous avons influencé et nous avons été influencés par l'aide mutuelle, et finalement nous voyons un autre monde dans la fenêtre de l'autre. En une expression, nous nous considérons comme deux partenaires de doctorat et des amies proches. Nous aimerions en profiter et intégrer nos expériences dans notre propre thèse de doctorat, en mémoire du lien direct entre le Brésil, la France et la Chine, mais aussi pour notre amitié et notre coopération. Nous aimerions aussi pouvoir continuer notre exploration, ensemble après l'obtention de notre diplôme.

Références

Rocha, K. M. (2018a). Uses of Online Resources and Documentational Trajectories : The Case of Sésamath. In L. Fan, L. Trouche, S. Rezat, C. Qi, & J. Visnovska (Éds.), *Research on Mathematics Textbooks and Teachers' Resources : Advances and issues*. (p. 235 258). Cham: Springer.

Rocha, K. M. (2018b). Les trajectoires documentaires, une proposition de modèle pour analyser les interactions des enseignants avec les ressources au fil du temps : la plateforme AnA.doc, un outil d'instrumentation de cette analyse. In *SHS Web of Conferences*, 52, 02004, 1–10. Consulté à l'adresse : https://www.shs-conferences.org/articles/shsconf/abs/2018/13/shsconf_icodoc2017_02004/shsconf_icodoc2017_02004.html.

Rocha, K. M. (2018c). Documentational trajectory as a means for understanding teachers' interactions with resources over time : the case of a French teacher. In V. Gitirana, T. Miyakawa, M. Rafalska, S. Soury-Lavergne, & L. Trouche (Eds.), *Proceedings of the Re(s)sources conference* (pp. 163-166). Lyon : ENS de Lyon, consulté le 8 nov. 2018 à https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01764563.

Rocha, K. M., Trouche, L., & Gueudet, G. (2017). Documentational trajectories as a means for understanding teachers' engagement with resources: the case of French teachers facing a new curriculum. In G. Schubring, L. Fan, & V. Geraldo (Eds.), *Proceedings of the Second International Conference on MathematicsTextbooks, Research and Development* (p. 400-409). Rio de Janeiro : Instituto de Matemática, Universidade Federal do Rio de Janeiro, http://www.sbembrasil.org.br/files/ICMT2017_.pdf.

Rocha, K. M. & Wang, C. (2017). Documentation expertise and its development with documentation experience in collectives: a French case of collective lesson preparation on algorithmic. In G. Aldon, & J. Trgalova, *Proceedings of the 13th International Conference on Technology in MathematicsTeaching* (p.285-292). Lyon : ENS de Lyon.

Wang, C. (2018). Mathematics teachers' expertise in resources work and its development in collectives. A French and a Chinese Cases. In L. Fan, L. Trouche, S. Rezat, C. Qi, & J. Visnovska (Éds.), *Research on MathematicsTextbooks and Teachers' Resources: Advances and issues*. (pp. 193 213). Cham : Springer.

Wang, C. (2018b). An exploration of Documentation Expertise through a collective lesson preparation : A Chinese case of two mathematics teachers. In V. Gitirana, T. Miyakawa,

M. Rafalska, S. Soury-Lavergne, & L. Trouche (Eds.) *Proceedings of the Re(s)sources conference* (pp. 243-246). Lyon : ENS de Lyon, consulté le 8 nov. 2018 à https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01764563

Wang, C., Trouche, L., & Pepin, B. (2018). An investigation of Chinese mathematics teachers' resources work and their professional development in collectives. In G. Schubring, L. Fan, & V. Giraldo (Eds.). *Proceeding of the second International Conference on Mathematics Textbooks, Research and Development* (pp. 144-157). Rio de Janeiro : Instituto de Matemática, Universidade Federal do Rio de Janeiro http://www.sbembrasil.org.br/files/ICMT2017.pdf

Partie A : Questions de recherche, construction théorique et méthodologique

Chapitre 1. Problématique

Nous présentons dans ce chapitre notre problématique de recherche. Tout d'abord, nous situons notre intérêt pour l'analyse du travail des enseignants en mathématiques en présentant certaines études emblématiques en France (§ 1.1). Ensuite, nous abordons la question du développement professionnel des enseignants et la création des ressources (§ 1.2). Puis nous mettons en évidence l'impact des changements curriculaires en France sur l'enseignement des mathématiques (§ 1.3). Ensuite, nous soulignons l'importance de la dimension collective du travail des enseignants (§ 1.4). Enfin, nous présentons nos questions générales de recherche (§ 1.5).

1.1 L'enseignement des mathématiques en France : un regard sur le travail des enseignants

De nombreux travaux en France se sont intéressés à l'enseignement des mathématiques. Nous présentons brièvement dans cette section quatre approches qui soulignent la complexité de l'analyse de cet enseignement.

La première approche est celle de Duval (1993), qui s'intéresse aux objets mathématiques et à leurs représentations : pour lui « les objets mathématiques ne sont pas directement accessibles dans la perception, ou dans une expérience intuitive immédiate, comme le sont les objets communément dits « réels » ou « physiques » ! Il faut donc pouvoir en donner des représentations » (p. 38). Les études de Duval (1993) nous permettent de voir le rôle des différentes représentations dans l'enseignement des mathématiques. Nous retenons le rôle des enseignants comme responsables du choix de différentes situations mobilisant différentes représentations sémiotiques[4].

La deuxième approche est celle de Chevallard (2003, voir aussi § 2.1.4) qui a comme objet d'étude les conditions et les contraintes pour qu'un savoir vive dans une institution[5]. Les études de Chevallard (2003) mettent en évidence l'enjeu des influences sur le savoir enseigné dans une institution. Selon lui, la transposition du savoir savant au savoir enseigné dans le système scolaire est influencée par un ensemble de contraintes de plusieurs niveaux (société,

[4] Qui « sont des productions constituées par l'emploi de signes appartenant à un système de représentation qui a ses contraintes propres de signifiance et de fonctionnement » (Duval, 1993., 39).

5Selon Chevallard (2003, p. 81) « une institution I est un dispositif social « total », qui peut certes n'avoir qu'une extension très réduite dans l'espace social (il existe des « micro-institutions »), mais qui permet – et impose – à ses sujets, c'est-à-dire aux personnes x qui viennent y occuper les différentes positions p offertes dans I, la mise en jeu de manières de faire et de penser propres ».

école, pédagogique, entre autres). Nous retenons l'impact sur le travail des enseignants des contraintes et conditions des institutions qui les hébergent.

La troisième approche est celle de Brousseau (1997, p. 2) qui s'est intéressé aux relations entre *l'élève* et le *milieu* dans une situation didactique. Selon lui,

> Une situation est l'ensemble des circonstances dans lesquelles une personne se trouve, et des relations qui l'unissent à son milieu. Prendre comme objet d'étude les circonstances qui président à la diffusion et à l'acquisition des connaissances conduit donc à s'intéresser aux situations. Les situations didactiques sont, dans la langue française, des situations qui servent à enseigner.

L'objet d'étude de Brousseau est « la diffusion et l'acquissions de connaissances » par les sujets, il développe ainsi un cadre théorique pour analyser les conditions du milieu de l'élève pour que l'apprentissage ait lieu. C'est en se basant sur les réflexions de Brousseau (1997) que Margolinas (2004) a étudié l'activité des enseignants et des situations qui sont issues de situations didactiques mises en œuvre en classe. Margolinas (2004), (voir aussi § 2.1.3) a mis en évidence qu'une situation didactique est juste une partie de l'activité de l'enseignant, mais qu'il y a aussi plusieurs autres critères qui vont influencer l'interaction avec les élèves. Elle a mis en lumière le rôle des enseignants dans la préparation et la mise en œuvre des situations didactiques ou la façon de favoriser les situations a-didactiques[6].

La quatrième approche est celle de Rabardel (1999, voir aussi § 2.2.1)) pour qui les « artefacts » dans l'activité humaine, en particulier pour l'enseignement, ne sont pas neutres. Il souligne que « les instruments sont très souvent considérés comme de simples auxiliaires, neutres, n'intervenant pas en tant que tels sur la construction des savoirs par les élèves et sur les conceptualisations qui en résultent. » (1999, p. 203). Gueudet et Trouche (2008, voir aussi § 2.2.2) prolongent ces réflexions pour analyser la conception et les usages de ressources par les enseignants de mathématiques. Ils mettent en évidence la complexité de ce travail de conception qui est au cœur de l'enseignement des mathématiques.

Notre intérêt n'est pas ici de faire une présentation exhaustive des études liées à l'enseignement des mathématiques, mais de souligner certains cadres emblématiques qui nous permettent de comprendre l'importance du rôle de l'enseignant. Tout ce qui a été exposé souligne que l'étude de l'activité des enseignants de mathématiques est fondamentale pour comprendre et chercher à améliorer l'enseignement des mathématiques. En particulier, notre travail cherche à comprendre le développement professionnel des enseignants en

[6]Selon Brousseau (1997, p. 41), une situation a-didactique est celle dont l'élève fait la dévolution qui est définie comme « 'acte par lequel l'enseignant fait accepter à l'élève la responsabilité d'une situation d'apprentissage (a-didactique) ou d'un problème et accepte lui-même les conséquences de ce transfert. »

mathématiques en interaction avec leurs ressources. Nous reprenons l'analyse de Gueudet et Trouche (2008, p. 7, souligné par nous) sur : « le travail documentaire des enseignants : collecter des ressources, les sélectionner, les transformer, les recomposer, les mettre en œuvre, les partager, les réviser… La documentation désigne simultanément ce travail et ce qu'il produit ; elle est au cœur de l'activité professionnelle des enseignants ». C'est pour ce travail documentaire que les enseignants cherchent des ressources et prennent en compte différentes représentations d'objets mathématiques. Ils prennent en compte un ensemble de contraintes par rapport au savoir à enseigner et conçoivent des situations didactiques pour travailler avec leurs élèves. Ainsi, dans la section suivante, nous abordons les questions des ressources utilisées et créées par les enseignants en relation avec leur développement professionnel.

1.2 Le développement professionnel des enseignants : une constante création et mise à jour de ressources

Les changements curriculaires et la recherche par l'innovation sont devenus de plus en plus courants dans le système scolaire (Brodeur, Deaudelin & Bru, 2005). Brodeur, Deaudelin et Bru (2005) soulignent que les « enseignants se voient confrontés à des problèmes pour lesquels ils n'ont pas toujours été formés initialement » (2005, p. 5). Ils arguent aussi que la question du développement professionnel des enseignants est très présente dans le domaine de l'éducation. Les auteurs dégagent, dans ce domaine, deux perspectives de recherches : la *perspective développementale* et la *perspective professionnalisante* : la perspective développementale regarde le chemin fait par l'enseignant dans sa carrière en relation avec les positions qu'il occupe et sa la relation avec cette carrière ; la perspective professionnalisante « définit le développement professionnel sous l'angle de l'apprentissage, considéré le plus souvent comme processus et produit, en formation initiale ou continue » (Brodeur, Deaudelin & Bru, 2005, p. 5). Notre recherche s'appuie sur la deuxième perspective en essayant d'analyser le processus d'apprentissage des enseignants pour et à travers leurs activités.

Un changement qui a mis en lumière l'importance de chercher à comprendre le processus de développement des enseignants de mathématiques est l'intégration de nouvelles technologies dans l'enseignement de mathématiques (Hoyles & Lagrange, 2010). Artigue (2010) a mis en évidence qu'au début de l'intégration des technologies, les changements dans les *orchestrations* des enseignants ont été négligés. Le concept d'orchestration a été développé par Trouche (2003) pour modéliser la gestion par les enseignants des technologies disponibles dans la cadre de la mise en œuvre de situations didactiques. Ainsi, dans les trente dernières années,

un ensemble de travaux ont été réalisés pour étudier ces phénomènes liés à l'intégration des technologies (Hoyles & Lagrange, 2010). Le développement du numérique a accéléré les réflexions sur les modalités de cette intégration susceptibles de soutenir l'enseignement des mathématiques.

Adler (2000) propose un regard plus large que celui des seules technologies, en s'intéressant aux *ressources* des enseignants mathématiques (§ 2.2.2). Elle met en évidence que les réformes du système éducatif, parmi d'autres changements, font que « les professeurs de mathématiques éprouvent un besoin de davantage des ressources » (2010, p. 24). Elle souligne aussi que l'enseignant est un producteur de ses ressources. Le regard se porte alors sur l'enseignement comme un processus de conception de ressources, ce regard est relativement récent dans la recherche sur la recherche en éducation (Brown et Edelson, 2003). Le mot ressource est compris dans un sens très large, comme tout ce que nourrit l'activité de l'enseignant (Adler, 2000). Dans ce sens, la thématique des ressources des enseignants de mathématiques a donné matière à un ensemble de recherches (Sabra & Trouche, 2009).

Sabra et Trouche (2009) soulignent que l'émergence de la thématique 'ressources' peut être liée à deux raisons : les questions, d'un côté, de l'intégration de nouvelles technologies et d'un autre côté de la diversification des types de nouvelles technologies. Nous pouvons citer dans cette diversification : les réseaux sociaux, les plateformes de partage de ressources, les différents logiciels, tout un ensemble d'espaces disponibles pour les enseignants. Ainsi, toute l'activité de l'enseignement peut être affectée par la présence du numérique. Par ailleurs, Fluckiger, Boucher et Daunay (2016) notent que les nouvelles ressources numériques impactent *le temps* de préparation du cours par les enseignants, puisque le temps de recherche de ressources a augmenté. Nous retenons de ces deux derniers travaux qu'ils nous permettent de mettre en évidence que le foisonnement du numérique peut impacter le travail des enseignants.

Les changements curriculaires ont aussi mis en évidence l'importance des ressources des enseignants (Remillard, 2005 ; Adler, 2000 ; Brown et Eldesen, 2003). Remillard (2005) souligne que les enseignants ne font pas que transmettre ce qui est proposé dans les ressources curriculaires, mais ils créent aussi leurs propres curriculums basés sur des connaissances et des intérêts personnels ; d'ailleurs différents enseignants utilisent les mêmes ressources curriculaires de façons différentes. Ainsi, Remillard (2005) souligne la différence entre le curriculum qui est préconisé dans les ressources curriculaires et celui qui est mis en acte par les enseignants. De ce fait, il peut y avoir une grande distance entre ce qui est prévu

par exemple, dans les programmes scolaires, et ce qui est travaillé en classe. Cependant, les programmes curriculaires exercent une force sur le travail des enseignants et un changement des programmes peut générer de forts impacts sur le travail des enseignants, principalement dans leurs productions de ressources. Notre recherche se situe à un moment de changement de programme scolaire au collège, ainsi nous profitons de ce phénomène pour analyser comment leur expérience et leur trajectoire vont impacter la production et l'utilisation des ressources par les enseignants. Dans la section suivante nous traitons les évolutions dans l'enseignement des mathématiques dans les collèges en France.

1.3 Les évolutions dans l'enseignement des mathématiques au collège

L'enseignement des mathématiques apparaît très tôt dans le système éducatif français, en 1802, à côté de l'enseignement du latin, comme fondamental dans les lycées (Gueudet *et al.*, 2017). Depuis plus de deux cents ans, divers changements se sont enchaînés, concernant les contenus et sur la manière d'enseigner cette discipline à tous les niveaux : collèges, lycées et universités. Nous nous intéressons en particulier aux changements réalisés au niveau du collège, puisque notre recherche a eu lieu au cours d'une période de changement à ce niveau : la réforme du collège en 2016.

Plusieurs changements ont précédé cette réforme. Nous en citons brièvement trois parmi les plus récents et significatifs : la réforme des mathématiques modernes, la contreréforme qui l'a suivie, et le socle commun (Alves *et al.*, 2013). Les deux premiers mettent en évidence le passage d'un enseignement très formel à un enseignement basé sur la résolution de problèmes (Alves *et al.*, 2013). Mais c'est surtout le troisième qui nous intéresse, car il est la base du programme de 2016. Celui-ci a mis en place deux grands changements par rapport à l'apprentissage des mathématiques : l'apprentissage par les démarches d'investigation (DI) et le socle commun de compétences. En ce qui concerne la démarche d'investigation (DI), elle vise à rendre les élèves plus actifs, responsables et autonomes dans leur processus d'apprentissage en réalisant des tâches plus ouvertes (Hammould, 2012). Cette démarche est proposée pour les disciplines scientifiques (sciences et mathématiques). En ce qui concerne le socle commun de compétences, il promeut l'aptitude, les attitudes et connaissances des élèves pour faire face à des besoins identifiés (Bodin, 2008). Ces changements visent le développement d'un enseignement qui s'adapte à chaque élève pour développer des mathématiques vivantes au collège (Gueudet *et al.*, 2017).

Ces nouvelles perspectives sont sans doute en relation avec les résultats de l'évaluation PISA (Gueudet *et al.*, 2017). Bodin (2008) précise que ce sont les réussites très moyennes des

étudiants français dans cette évaluation qui ont entraîné des changements de programme scolaire en France. Par ailleurs, Gueudet *et al.* (2017) mettent en évidence le rôle de la recherche en didactique sur certaines réformes de l'enseignement des mathématiques. Pour avoir un point de vue plus global sur la nature des réformes à engager, a été créé en 2013 le Conseil Supérieur des Programmes (CSP). Ce conseil est formé par des inspecteurs, des universitaires, des éducateurs et des enseignants. C'est ce conseil qui a été en charge de la réforme des programmes de 2006, pour la scolarité obligatoire (de la maternelle à la fin du collège) et dans toutes les disciplines. Pour ce qui concerne les mathématiques, le conseil a rencontré la Commission Française pour l'Enseignement des Mathématiques (CFEM), ainsi que des enseignants de terrain, avant de décider des changements à mettre en œuvre.

Basé sur ces principes du socle commun, en 2016, un nouveau programme curriculaire a été mis en place proposant de profonds changements. Nous allons exploiter ces changements par rapport à deux de leurs aspects : les aspects généraux et les aspects propres à la discipline de mathématiques. Pour le premier aspect, nous présentons les changements au niveau de la structure et des relations entre les disciplines. Pour le deuxième, nous présentons l'introduction d'un nouveau sujet « algorithmique et programmation » et les outils numériques pour l'enseignement des mathématiques.

Pour les aspects généraux :

- Auparavant, le programme était présenté par discipline : mathématiques, physique-chimie, sciences de la vie et de la Terre, technologie, etc. Et il était divisé en deux sections. Dans la première section, il y avait une introduction commune et des thèmes convergents entre les disciplines qui appartenaient à un même groupe (par exemple, un groupe était formé par mathématiques, physique-chimie, sciences de la vie et de la Terre, et technologie). Dans la deuxième section, il y avait un préambule pour chaque discipline qui présentait des contenus, des contributions pour le socle commun, des objectifs, les connaissances et des capacités devant être travaillées pour chacune des années du collège. Dans le cas des mathématiques cette section présentait ces aspects en quatre parties : l'organisation et la gestion de données, les fonctions ; les nombres et le calcul ; la géométrie ; et les grandeurs et les mesures.

- Le document de la réforme de 2016 présente une autre structure. D'abord, toutes les disciplines sont présentées dans un document unique, celui-ci étant partagé en trois cycles : cycle 2, cycle 3 et cycle 4 (nous ne parlons pas ici du cycle 1, correspondant à l'école maternelle, qui avait été modifié un an auparavant). Cette nouvelle structure

suppose un travail continu au sein de chaque cycle de trois ans et non plus annuellement. De ce fait, une nouvelle structure est constituée : le cycle 2 (âge 6 à 8 ans) est composé par le cours préparatoire, le cours élémentaire 1 et le cours élémentaire 2 ; le cycle 3 (âge de 9 à 11 ans) intègre le cours moyen 1, le cours moyen 2 et la sixième (et donc il fait le pont entre l'école primaire et le collège) ; et le cycle 4 (âge de 12 à 14 ans) intègre les trois dernières années du collège : la cinquième, la quatrième et la troisième. Chaque unité contient trois sections : les spécificités du cycle, les contributions pour le socle commun et les propositions curriculaires pour chaque discipline. Le travail en cycle vise à ouvrir une marge de manœuvre pour que l'enseignement puisse s'adapter aux besoins des étudiants, en laissant plus de flexibilité au curriculum (Gueudet *et al.*, 2017). Ce changement exige une coordination entre les enseignants de chaque cycle, en particulier, entre les enseignants du collège et de l'école primaire pour le cycle 3. De ce fait, ce changement vise également à établir une continuité entre l'enseignement de l'école primaire au collège.

Dans cette réforme, l'articulation entre disciplines est organisée dans des dispositifs spécifiques, les Enseignements Pratiques Interdisciplinaires (EPI). Ces dispositifs concernent toutes les disciplines, chacune les intégrant dans son programme propre sous l'étiquette « croisements entre enseignements ». Par exemple, en mathématiques, six EPI sont présents pour travailler l'interdisciplinarité dans le cycle 4 : (1) Corps, santé, bien-être et sécurité ; (2) Culture et création artistique ; (3) Transition écologique et développement durable ; (4) Information, communication, citoyenneté ; (5) Langues et cultures de l'Antiquité ; et (6) Sciences, technologie et société. Ce travail va exiger une coordination entre les enseignants des disciplines concernées. Il est ainsi prévu un créneau pour la mise en œuvre des classes co-animées par les enseignants des différentes disciplines. Ce changement vise une meilleure articulation des différents enseignements.

Au niveau du changement des contenus, en mathématiques, un nouveau thème a été intégré : l'algorithmique et la programmation. Ce contenu avait déjà été intégré au niveau du lycée, dans une approche aussi bien technique que théorique : apprendre certains algorithmes, apprendre le langage de certains programmes et la notion d'affectation de variable (BO HS n° 30 du 23 juillet 2009, p. 9). Les recherches en didactique (Gueudet *et al.*, 2017) ont mis en évidence les liens forts entre la « pensée mathématique » et la « pensée algorithmique ». L'algorithmique comme « outil » des mathématiques *donne* de nouvelles méthodes pour

résoudre des problèmes[7]. L'algorithmique comme « objet » *mobilise* les raisonnements de preuves en mathématiques afin de montrer leurs efficacités et leurs niveaux d'optimisation (Modeste, Gravier & Ouvrier-Buffet, 2010). Au collège, l'intégration de ce thème vise une introduction des langages de programmation et de la notion d'algorithmique comme base d'un approfondissement qui aura lieu ultérieurement au lycée. Ce contenu est aussi une occasion d'interdisciplinarité entre technologie et mathématiques.

Les outils numériques interviennent dans le programme de mathématiques au-delà du thème algorithmique et programmation. Gueudet *et al.* (2017) signalent le travail proposé avec une calculatrice depuis le cycle 3 pour l'enseignement des nombres et du calcul. Ils notent aussi la présence de logiciels de mathématiques dans le thème espace et géométrie, par exemple comme un logiciel pour travailler le déplacement, ou pour le travail avec la géométrie dynamique. D'ailleurs, sur le site du ministère français de l'éducation (http://eduscol.education.fr/), on trouve des ressources pour l'accompagnement de la mise en œuvre du programme dans lesquels d'autres ressources numériques sont présentées. Dans la section d'algorithmique et de programmation du cycle 4, par exemple, plusieurs situations utilisant le logiciel Scratch (Annexe 1 – Glossaire, https://scratch.mit.edu/) sont proposées.

Il apparaît ainsi que la réforme du collège propose de profonds changements dans l'enseignement en général et, en particulier, dans l'enseignement des mathématiques. Ainsi, ces changements peuvent impacter l'organisation de l'activité collective des enseignants (Amigues, 2009). Les résultats de plusieurs recherches mettent en évidence l'importance du travail collectif des enseignants (Amigues, 2009 ; Grangeat, 2008 ; Gueudet & Trouche, 2008 ; Robutti & al, 2016 ; Sabra, 2011). Nous évoquons dans la section suivante la dimension collective du travail des enseignants.

1.4 La dimension collective du travail des enseignants

Le travail collectif des enseignants apparaît dans plusieurs recherches comme un point critique pour soutenir leur pratique (Maubant, 2014 ; Grangeat, 2008 ; Gueudet & Trouche, 2008 ; Robutti et al, 2016 ; Sabra, 2011). Maubant (2014) souligne ainsi que le travail collectif des enseignants est influencé par les changements des institutions éducatives, dans une perspective d'ouverture de l'école sur le monde. Thomazet et Mérini (2014) soulignent aussi

[7] Le concept d'outil et objet est emprunté des études de Douady (1986, p. 9) « nous disons qu'un concept est outil lorsque nous focalisons notre intérêt sur l'usage qui en est fait pour résoudre un problème. Un même outil peut être adapté à plusieurs problèmes, plusieurs outils peuvent être adaptés à un même problème. Par objet, nous entendons l'objet culturel ayant sa place dans un édifice plus large qui est le savoir savant à un moment à un moment donné, reconnu socialement. »

que les politiques internationales poussent à ce type de travail. Grangeat (2008) souligne que, dans le contexte français, les textes officiels incitent de plus en plus au travail collectif entre les enseignants. Grangeat souligne aussi que l'étude de ce thème est assez récente et que les recherches montent que les enseignants abordent « peu le travail collectif car ils sont essentiellement tournés vers ce qui fait le cœur du métier : la mise en œuvre des compétences à l'occasion d'un cours, avec un contenu à transmettre à un groupe-classe. » (2008, p. 3)

Toutefois, le travail collectif des enseignants et leurs pratiques sont deux dimensions très imbriquées. En effet, nous savons que la profession d'enseignant prend naissance dans un milieu de travail partagé avec d'autres acteurs (Amigues, 2009) : les élèves, les collègues dans l'établissement, les parents d'élèves, le personnel du collège, entre autres. Nous savons aussi que certains enseignants de mathématiques cherchent à travailler avec d'autres pour réfléchir ensemble à leurs enseignements : collectifs de recherche, collectifs liés à la formation, associations professionnelles, entre autres. Ainsi, les enseignants participent parfois à plusieurs collectifs de différentes natures : des collectifs informels dans lesquels ils interagissent avec des collègues, des collectifs formels qui ont un statut bien précisé, des collectifs temporaires, entre autres…

Ces natures différentes de collectifs ont aussi été influencées par le foisonnement numérique, comme l'ont montré Gueudet et Trouche (2008), puisqu'un ensemble de nouvelles ressources favorise cette dimension de l'activité des enseignants : des outils de partage de données en ligne, des plateformes de collaboration ou encore des réseaux.

Gueudet et Trouche (2008, p. 7) ont aussi mis en évidence le rôle de la dimension collective dans le travail documentaire des enseignants :

> [C]e qui comprend l'activité du professeur, c'est un ensemble de contraintes et de ressorts institutionnels et sociaux : la société elle-même, plus particulièrement l'institution scolaire, mais aussi des collectifs, constitués naturellement par un professeur et ses élèves, ou par des professeurs entre eux, ou impliquant d'autres acteurs de l'éducation. […] Nous sommes donc particulièrement attentifs aux aspects numériques, y voyant des éléments précurseurs, et accélérateurs, des changements du travail enseignant ;

Rocha (2018a) et Sabra (2011) ont montré par ailleurs l'effet d'une association, Sésamath, qui rassemble des enseignants de mathématiques qui travaillent à distance sur une plateforme pour créer et partager des ressources pour l'enseignement des mathématiques (plus de détails § 3.1.2 et chapitre 4). Ce collectif propose un ensemble vaste de ressources pour l'enseignement des mathématiques, et constitue aussi une source de formation pour ses membres (Sabra, 2011 ; Rocha, 2018 ; Quentin et Bruillard, 2009).

S'intéresser au travail documentaire des enseignants suppose donc de prendre en compte, à différents niveaux, leur travail collectif. Dans la section suivante, nous concluons ce chapitre, en reliant ce qui a été exposé avec notre objet de recherche et avec les questions associées.

1.5 Conclusion

Notre recherche s'inscrit dans le domaine de la didactique des mathématiques, cherchant à contribuer à la compréhension et à l'amélioration du travail des enseignants des mathématiques. Nous nous sommes particulièrement intéressée à comprendre les relations existantes entre le développement professionnel des enseignants et leur travail documentaire, tel que l'ont défini Gueudet et Trouche (2008). Notre travail, en particulier, cherche à analyser les évolutions du travail documentaire tout au long de la carrière des enseignants. Nous situons ce travail dans un contexte institutionnel, historique et collectif : le moment où se situe notre recherche correspond à un de changement de programme ce qui constitue une belle opportunité pour notre analyse. Nous nous intéressons à l'expérience que les enseignants construisent, sur le long terme, quand ils interagissent avec les ressources de leur enseignement. Nous avons trois questions de recherches :

Q1. Comment les événements professionnels importants pour les enseignants agissent-ils sur leur expérience ?

Q2. Comment des ressources nouvelles qu'ils rencontrent agissent-elles sur leur expérience ?

Q3. Comment le travail collectif qu'ils développent en interagissant avec des ressources nouvelles agit-il sur leur expérience ?

Traiter cet ensemble de questions suppose de se doter d'outils théoriques et méthodologiques, ce qui est l'objet des chapitres qui suivent.

Chapitre 2. Cadre théorique

Nous développons dans ce chapitre — présenté en cinq sections — notre cadre théorique pour analyser les interactions des enseignants de mathématiques avec les ressources. Nous situons ces interactions dans un contexte social et historique, où la dimension collective du travail des enseignants est vue comme un composant essentiel de leur pratique. D'une manière générale, ce cadre sert de loupe pour analyser leur développement professionnel à travers leur action au fil du temps et dans une période déterminée.

Nous présentons d'abord notre vision du développement professionnel pour et à travers l'activité des enseignants de mathématiques (§ 2.1). Ensuite, nous mettons en évidence la place de la conception et des usages des ressources au cœur de cette activité, au sein de l'approche documentaire du didactique (ADD) (§ 2.2). Nous soulignons ensuite (§ 2.3) la dimension collective du travail des enseignants, empruntant le modèle de Fleck (1934) : *collectif de pensée* et *style de pensée* et quelques éléments du cadre théorique de Wenger (1998) sur les *communautés de pratique*. Nous présentons ensuite quatre concepts au cœur de l'analyse longitudinale de l'activité, individuelle et collective, des enseignants : *histoire*, *identité*, *trajectoire* et *expérience* (§ 2.4). Nous finissons le chapitre en proposant notre modélisation des concepts d'expérience et de trajectoire documentaires (§ 2.5).

2.1 Le développement professionnel des enseignants de mathématiques au travers de l'action

Dans cette section, nous présentons les approches qui fondent notre analyse du travail des enseignants : la didactique professionnelle (§ 2.1.1) ; ensuite le concept de schème (§ 2.1.2) ; puis un modèle de l'activité des enseignants (§ 2.1.3) ; enfin les niveaux des codéterminations de cette activité (§ 2.1.4).

2.1.1 Les apports de la didactique professionnelle à l'analyse du développement professionnel des enseignants

Dans cette section, nous abordons le cadre théorique de la didactique professionnelle en présentant quelques principes fondateurs de cette approche. Ensuite, nous présentons la place du sujet dans ce cadre théorique, suivi par la notion d'activité et une définition du développement professionnel.

Nous ne prétendons pas ici faire une présentation exhaustive de la didactique professionnelle, mais nous voulons présenter quelques éléments qui sont centraux dans ce cadre théorique et qui soutiennent notre analyse du développement professionnel des enseignants. Pastré (2011)

présente les principes fondateurs de la didactique professionnelle qui proviennent de deux autres courants théoriques : la didactique des disciplines et la psychologie ergonomique. D'abord, il souligne l'intérêt commun de ces deux champs pour « comprendre comment les connaissances sont construites par les sujets » (Pastré, 2011, p. 20). Ensuite, il relève que la didactique professionnelle et la psychologie ergonomique partagent le même intérêt pour « l'analyse de l'activité des hommes au travail en se situant du point de vue du sujet de l'activité » (Pastré, 2011, p. 38). Dans ce cadre, il propose l'analyse de l'apprentissage des sujets à travers leur propre activité, i.e. leur *travail réel*, ce qui est le point de départ de notre travail avec les enseignants.

Cette notion de travail réel est importante, puisque c'est « *pour faire* » et « *en faisant* » son travail que le sujet développe ses connaissances. Dans cette perspective, le sujet est considéré comme quelqu'un qui s'adapte, au fil du temps, en faisant face à un ensemble de situations. Reprenant le cadre de Rabardel (2005), Pastré (2011, p. 124) situe le sujet comme un *sujet capable*, c'est-à-dire un sujet qui dit d'abord « *je peux* » avant de dire « *je sais* ». Cela situe le savoir comme quelque chose qui oriente l'action. Cet apprentissage acquis par l'exercice du travail est important et difficile à analyser « car on ne peut pas complètement dissocier l'activité et l'apprentissage *de* et *dans* l'activité ». Par conséquent, il est très difficile de dissocier complètement l'analyse de l'activité et l'analyse de l'apprentissage *de* et *dans* l'activité (Pastré, 2011).

L'activité, dans cette perspective, n'est pas vue comme une séquence d'actions, mais plus que cela, comme la transformation que le sujet fait sur le réel et aussi sur lui-même. Ce point de vue rejoint celui de Rabardel (2005) sur l'activité *productive* et l'activité *constructive*. L'activité constructive concerne le « développement », la « transformation », et la « mise en forme » de l'organisation de sa propre activité par le sujet (Rabardel, 2005, p. 17). L'activité productive, quant à elle, permet au sujet d'agir sur le réel. Ainsi l'activité humaine contient toujours ces deux dimensions qui permettent d'agir dans différentes situations, mais aussi de s'adapter et d'apprendre à travers celles-ci. Dans cette perspective, Pastré (2011, p. 48) propose une « centration sur l'activité au sens large, c'est-à-dire incluant l'apprentissage ; […] une centration sur l'importance de la dimension cognitive présente dans l'activité notamment sous la forme de la conceptualisation dans l'action ». Dans ce cadre, le sujet est considéré comme quelqu'un qui s'adapte, au fil du temps, en faisant face à plusieurs situations. Et le développement est compris « comme [la] construction de soi, comme appropriation de l'ensemble des événements vécus par un sujet pour leur donner du sens pour soi » (Pastré,

2011, p. 118). Ces événements vont constituer l'expérience du sujet, qui est définie comme l'accumulation et l'appropriation du passé par lui-même (Pastré, 2011).

Par conséquent, pour les professions dans lesquelles le niveau de prescription de l'activité est faible, c'est seulement à travers l'analyse de l'activité des sujets qu'on peut repérer les situations auxquelles les professionnels font face et les connaissances qui sont mises en jeu. C'est le cas de la profession des enseignants en général, des enseignants de mathématiques en particulier, qui gèrent un ensemble de situations différentes dans leur travail quotidien : élèves en difficultés, organisation du temps, organisation du contenu, etc.. C'est l'analyse de son travail qui peut nous aider à comprendre comment ce professionnel se développe. Cette vision de la conceptualisation à travers l'action nous amène à la notion de *schème* qui fonde notre analyse de l'activité des enseignants interagissant avec les ressources, que nous présentons dans la section suivante.

2.1.2 L'apport de la notion de schème à l'analyse de l'activité des enseignants

Dans cette section, nous présentons la notion de *schème*, centrale dans notre analyse du développement professionnel des enseignants. Nous présentons d'abord quelques éléments clés de la contribution de Vergnaud (1994, 2011) au développement de ce concept à partir des études de Piaget. Nous abordons ensuite la relation dialectique entre *schème* et *situation*. Nous présentons ensuite les composants d'un schème. Nous continuons en présentant la mobilisation de cette notion dans les travaux de didactique professionnelle. Nous situons enfin l'importance de ce concept dans notre recherche en mettant en évidence son rôle pour l'analyse de l'activité des enseignants.

Pastré (2011, p. 38) souligne que « l'analyse du travail est un préalable à toute construction d'un dispositif de formation ». Ceci nous amène à mettre en évidence l'analyse de l'activité des enseignants comme un moyen de comprendre leurs pratiques. Nous cherchons à comprendre l'organisation de cette activité, autrement dit, nous analysons les *schèmes* (Vergnaud, 1994, 2009) développés par les sujets. La notion de schème est centrale dans la didactique professionnelle et par conséquent dans notre travail, car sa prémisse est que, au fond de l'action, se trouve la conceptualisation. Dans ce sens, nous cherchons « à repérer les concepts qui organisent l'action, c'est-à-dire […] des "connaissances-en-acte" qui, à l'intérieur de la pratique elle-même, assurent son organisation […] » (Pastré, 2011, p. 33). Ce sont les schèmes qui nourrissent l'activité productive et constructive des enseignants, puisque ces connaissances permettent aux sujets de se développer et aussi d'agir sur le réel.

Vergnaud (1994) s'inspire des études de Piaget qui part de la prémisse que « l'intelligence et la connaissance sont essentiellement des adaptations » (Vergnaud & Récopé, 2000, p. 41). Vergnaud (2011, p. 275) caractérise l'action comme une « activité adaptative d'un être dans son environnement ». C'est à travers l'action que la pensée se développe. Cette action, organisée et intelligible, est guidée par des schèmes développés par les sujets pour la réaliser. Autrement dit, les schèmes sont responsables de l'action et de notre capacité à la réaliser et à la réussir. Vergnaud et Récopé (2000, p. 42) revisitent plusieurs auteurs qui ont développé ce concept, ils notent un manque « d'opérationnalisation de la notion de schème » notamment « sur les composants du schème, sur les caractéristiques de l'assimilation, sur l'évocation et l'implémentation du schème en situation ». Ce manque motive les réflexions de Vergnaud (2011).

Vergnaud (2011) souligne une relation très importante dans la conceptualisation au travers de l'action, la relation dialectique *schème-situation*. Il n'existe pas de schème sans situation ni de situation sans schème : « ce sont les schèmes qui s'adaptent et qui s'adaptent à des situations » (Vergnaud, 2002, p. 111). La notion de *situation*, essentielle pour l'analyse de l'action du sujet est complexe. Vergnaud (2002) la considère en effet dans un sens très large, intégrant divers objets et différents types de relations. D'ailleurs, un schème n'est pas lié à une seule situation, mais à une classe de situations. Cette classe de situations regroupe des situations voisines pour lesquelles le sujet organise son activité avec une certaine invariance. Nous pouvons prendre l'exemple d'une classe de situations dans laquelle l'enseignant « choisit les problèmes à donner aux élèves ». Pour cette classe de situations, nous pouvons penser à un enseignant qui va faire face à une situation particulière « choisir les problèmes pour travailler l'équation du premier degré ». Vergnaud (1994) relève que, devant une situation particulière, il y a deux options : soit le sujet dispose des schèmes qui permettent de la traiter, cette situation relevant d'une classe de situations qu'il connaît déjà ; soit cette situation ne relève pas d'une classe de situations connue, alors le sujet doit faire évoluer des schèmes existants ou en développer de nouveaux en puisant dans son répertoire personnel de schèmes.

Cela nous amène à une définition proposée par Vergnaud : le schème est « une organisation invariante de la conduite pour une classe donnée de situations » (2011, p. 283). Cette définition doit être analysée en détail, puisque, comme l'auteur le relève, ce n'est pas la conduite qui est invariante, c'est-à-dire que le sujet n'a pas une action stéréotypée qui ferait que, pour une classe de situations donnée, il ferait toujours la même chose. Mais c'est *l'organisation* de l'action qui est invariante, guidée par des connaissances en acte qui sont

mobilisées, en raison de certaines variables prises en compte par le sujet dans la situation. La notion d'invariant est liée aux connaissances mobilisées par le sujet. Dans ce sens, la conduite elle-même peut être modifiable, si nécessaire, pour prendre en compte des changements locaux dans la situation.

Pour mieux comprendre comment le sujet organise son action, Vergnaud (2011) propose une deuxième définition basée sur les quatre composants d'un schème : les *buts* (décomposés parfois en sous-buts et anticipations), les *règles d'actions* (composées aussi des règles de contrôle et de prise d'information), les *invariants opératoires* et les *inférences*. Avant d'explorer chacun des composants, il est important de prendre en compte deux aspects. D'abord, ces composants sont très impliqués dans l'action du sujet, qui lui-même n'est pas toujours conscient de leur existence. En second lieu, ces composants peuvent être mis en relation, mais pas identifiés, avec la notion d'algorithme. En effet, un algorithme peut être un schème, mais le contraire n'est pas vrai. On ne peut pas « algorithmiser » l'activité humaine, c'est-à-dire que même si on décrit un schème à partir de ses composants, ceux-ci ne représentent jamais l'organisation de l'activité humaine dans sa totalité. Nous n'avons accès qu'à une modélisation d'une partie de l'organisation du sujet, aussi fine que soit l'analyse.[8]

La composante *but* est ce qui guide l'action du sujet. Elle exprime « ce qu'on appelle parfois, l'intention, le désir, le besoin, la motivation. » (Vergnaud & Récopé, 2000, p. 46). De plus, Vergnaud précise :

> Le but est l'intention du sujet et il se décompose en sous-objectifs, séquentiellement et hiérarchiquement organisés, lesquels donnent lieu à de nombreuses anticipations. Même lorsque le but n'est que partiellement conscient et que les effets attendus de l'action ne sont nullement prévisibles par le sujet, ce caractère intentionnel de la conduite et de l'activité ne peut pas être ignoré.[9] [notre traduction] (2009, p. 22)

Le but et le sous-but font partie, donc, de la planification de l'action par le sujet : « *ce que je vais faire* ». L'action du sujet est composée de sous-buts qui accompagnent le déroulement de son action et qui sont également accompagnés par des anticipations : « *ce que j'attends* ».

Les *règles d'action, de prise d'information et de contrôle* engendrent l'action et contrôlent ses variations et conditions. D'un côté, les règles sont les actions des sujets « *ce que je fais* », en

[8] Pendant la période de développement de la thèse, nous avons eu l'opportunité de rencontrer Gérard Vergnaud pour présenter une partie de nos analyses et discuter le concept de schème. Cette rencontre a eu lieu durant toute la journée du lundi 20 novembre 2017 et a nourri les considérations développées ici sur la notion de schème.

[9] Texte original : « O objetivo se decompõe em sub-objetivos, sequencialmente et hierarquicamente agenciados ; os quais dão lugar a numerosas antecipações. Mesmo quando o objetivo é somente parcialmente consciente e os efeitos esperados da ação não são, de forma alguma, previsíveis pelo sujeito esse caráter intencional da conduta e da atividade não pode ser ignorado. »

étant lié au cours temporel. D'un autre côté, elles englobent aussi les « informations nécessaires à la continuité de l'activité, et les contrôles qui permettent au sujet d'avoir l'assurance nécessaire qu'il a fait ce qu'il pensait faire et qu'il continue sur la voie choisie [10] » [notre traduction] (Vergnaud, 2009, p. 22). La situation se présente au sujet, et, en prenant en compte les informations liées à cette dernière, le sujet développe des actions et l'analyse du résultat de ses actions lui permet de contrôler l'écart entre *ce qu'il attendait* et *ce qu'il a fait*, ce processus lui permet de s'adapter tout au long de son action.

Les *invariants opératoires* relèvent de la conceptualisation, c'est-à-dire des connaissances en acte qui guident l'activité du sujet. Ils sont la partie cognitive des schèmes qui « permettent de sélectionner et d'interpréter l'information pertinente et de la traiter » pour réaliser l'action (Vergnaud, 2011, p. 283). Vergnaud et Récopé (2000, p. 47) soulignent qu'ils ont pour fonction « d'identifier et de reconnaître les objets, leurs propriétés, leurs relations, et les transformations que les objets subissent ». Les invariants opératoires sont constitués par des *concepts-en-actes* et *théorèmes-en-actes*, que l'exemple suivant, proposé par les auteurs, permettent de bien situer. Les mots « *ciel* », *« nuages noirs* » et « *est plein de* » peuvent être utilisés pour représenter un objet. Si on crée la proposition « *le ciel est plein de nuages noirs* », nous avons exprimé une relation grâce à nos connaissances. Les mots qui composent la proposition sont des *concepts-en-actes*. Les *concepts-en-acte* permettent d'identifier les objets, ses propriétés et les relations. Ils sont pertinents ou pas dans la situation. Cependant, si on formule la phrase, « *le ciel est plein de nuages noirs*, *donc il risque de pleuvoir* » cette proposition peut être vraie ou fausse, ayant ainsi le statut d'un théorème-en-acte. Un théorème-en-acte « est une proposition tenue pour vraie dans l'activité » (Vergnaud et Récopé, 2000, p. 47). Ce sont les concepts-en-acte et les théorèmes-en-acte qui vont permettre d'interpréter la situation et d'agir.

La dernière composante est constituée par les *inférences*. Cette composante est locale et inscrite dans les situations. Les *inférences* permettent de réguler les variations dans les situations, en altérant la conduite du sujet pour prendre en compte les altérations importantes dans les situations particulières appartenant à une même classe. Cette composante est responsable de l'adaptation des situations en promouvant la capacité d'intervention du sujet, ce qui enlève la possibilité de conduite stéréotypée du schème. Les inférences « sont présentes dans toutes les activités en situation, parce qu'il n'arrive jamais qu'une situation soit déclenchée par une

[10] Texte original : « informações necessárias à continuidade da atividade, e os controles que permitem ao sujeito ter segurança necessária de que ele fez o que pensava e que ele continua no caminho escolhido. »

situation-stimulus, puis se déroule de manière totalement automatique, c'est-à-dire sans contrôle et sans prise d'information nouvelle » (Vergnaud et Récopé, 2000, p. 48).

Les quatre composantes d'un schème sont entremêlées dans l'activité du sujet et, la plupart du temps, de façon implicite et inconsciente. Les schèmes vont engendrer l'action du sujet, cette action est efficace, reproductible, adaptable et intelligible (Pastré, 2011). L'apport de Vergnaud (2011) est de mettre en évidence la conceptualisation au cœur de l'action du sujet. Dans le cadre de la didactique professionnelle, Pastré (2011) mobilise aussi les schèmes pour analyser la conceptualisation au travers de la pratique. Le développement professionnel est sous-jacent à l'activité de travail. L'analyse de cette activité est alors un moyen important pour comprendre les situations professionnelles auxquelles le sujet fait face et comment il y fait face. C'est pour cela que la notion de schème est centrale dans notre travail, puisque les enseignants se développent tout au long de leurs carrières à travers la diversité des situations qu'ils rencontrent. Goigoux et Vergnaud (2005) exploitent aussi la notion de schème pour l'analyse des connaissances professionnelles des enseignants. Les auteurs proposent l'expression *schème professionnel* pour désigner toutes les connaissances construites et mobilisées par les enseignants au travers de leur activité, connaissances que nous appellerons connaissances professionnelles.

L'activité des enseignants, comme toute activité humaine, peut être analysée à travers la notion de schème. Par exemple, l'enseignant qui met en œuvre une leçon à la fois le *but* de son activité « enseigner le contenu X » et « faire que les élèves réussissent à apprendre le contenu X ». Il a des attentes, des désirs, des motivations. Pour atteindre son objectif, il met en œuvre une séquence de *règles d'action*, mais aussi il observe les réactions des élèves (règles de prise d'information) et il contrôle son action (règles de contrôle). À partir de son observation, il met en œuvre ses stratégies comme par exemple donner un matériel manipulable pour qu'un élève puisse mieux visualiser le concept en jeu ; il juge important de donner un exercice en plus, etc. Toutes ses stratégies et connaissances en acte constituent des exemples d'*invariants opératoires* susceptibles d'être mobilisés par les enseignants. Les *inférences* aussi sont présentes, car il y a des moments de mise en œuvre qui parfois ne peuvent pas être anticipés par l'enseignant, mais qu'il prend en compte en changeant le cours de l'activité, par exemple, l'expérience d'un élève, une difficulté, un problème technique imprévu, etc... Pendant toute leur carrière, les enseignants développent des schèmes et, à chaque nouvelle situation (changement de programme, besoin des élèves, envie de changer, etc.), les enseignants les adaptent et les modifient. D'ailleurs, l'activité des enseignants de mathématiques a des caractéristiques spécifiques qui structurent leur pratique et permettent

de comprendre les schèmes qui guident leur activité. Nous présentons, dans la section suivante, une modélisation proposée par Margolinas (2004) qui permet de mieux comprendre cette activité.

2.1.3 Une modélisation des niveaux de l'activité des enseignants

Nous présentons dans cette partie le modèle proposé par Margolinas (2004) pour analyser l'activité des enseignants de mathématiques : d'abord nous présentons l'apport du cadre de Margolinas (2004) pour notre travail. Ensuite, nous mettons en relation les concepts de situations dans le cadre de la théorie des situations didactiques (Brousseau, 1997) et dans les études de Vergnaud (2011). Nous poursuivons par présenter le regard de Margolinas (2004) sur le travail des enseignants à partir de la structuration de leur *milieu*.

Margolinas (2004) a présenté une étude basée sur la théorie des situations didactiques (TSD) dans lesquelles elle souligne le point de vue des élèves et le point de vue de l'enseignant en situation didactique. Nous nous intéressons dans notre thèse au point de vue de l'enseignant qui prépare des situations didactiques. Margolinas (2004) propose, dans le cas des enseignants, un 'modèle descendant' pour analyser les activités des enseignants autour de la situation didactique.

Le concept de situation didactique est défini par Brousseau comme un triplet constitué d'un *sujet* qui apprend, d'un *savoir* à être enseigné (par quelqu'un) et d'un *milieu* (Brousseau, 1997). Le milieu est lié au réel (soit matériel soit symbolique), il se compose des rétroactions qui sont externes à ce sujet. Il est important de faire ici une distinction dans notre usage des concepts de *classe de situations* (Vergnaud, 2011) et de situations didactiques (Brousseau, 1997). Nous parlerons de situations didactiques quand nous nous intéressons aux situations relatives à l'enseignement des mathématiques aux élèves. Nous utiliserons le concept des classes de situations pour tous les autres types de situations (quelconques) auxquelles le sujet fait face en développant de nouvelles connaissances, tel que les a définies Vergnaud (2011).

Margolinas (2004) a mis en évidence dans la TSD, une partie qui apparaissait sous-estimée dans les analyses proposées par Brousseau (1997). Elle souligne

> L'action du professeur n'est pas une action qui se situe uniquement en classe. La planification des chapitres et des leçons, l'étude des documents sont des activités fondamentales du point de vue didactique et qui n'ont pas lieu principalement en classe (Margolinas, 2004, p. 73).

L'enseignant prépare sa leçon en prenant en compte des contraintes institutionnelles et aussi en mobilisant toutes ses connaissances accumulées au long de sa carrière. Pour prendre en compte cela, Margolinas (2004) développe un *modèle d'analyse des niveaux d'activité* d'un

enseignant qui va prendre comme point de départ une situation didactique (S0), mais qui considère d'autres activités qui sont liées à création de celle-ci. Nous présentons dans la Figure 2.1 ces niveaux.

M+3: M-Construction		P+3:P-Noosphérien	S+3: Situation noosphérienne	Niveaux surdidactiques
M+2: M-Projet		P+2:P-Constructeur	S+2: Situation de construction	
M+1: M-Didactique	E+1: E-Réflexif	P+1: P-Projeteur	S+1: Situation de projet	
M0: M-Apprentissage	**E0: Elève**	**P0: Professeur**	**S0: Situation didactique**	
M-1: M-Référence	E-1: E-Apprenant	P-1: P-Observateur	S-1: Situation adidactique d'apprentissage	Niveaux sousdidactiques[17]
M-2: M-Objectif	E-2: E-Agissant		S-2: Situation de référence	
M-3 : M-Matériel	E-3 : E-objectif		S-3 : Situation Objective	

Figure 2.1 - La structuration du milieu (Margolinas, 2004, p. 52)

Le niveau *noosphérien ou idéologique* (dénoté par [+3]) est caractérisé par les réflexions générales sur l'enseignement des mathématiques. Ce niveau d'activité concerne les valeurs, la conception de l'apprentissage et de l'enseignement. Selon Margolinas (2004, p. 78), ce niveau concerne « une situation non finalisée, dans laquelle il n'y a pas d'enjeu mais seulement les éléments qui permettront à la situation suivante de se construire ». Le *milieu* de l'enseignant est lié à la construction (M+3) de son enseignement, il est alors le *professeur noosphérien* (P+3 : P-Noosphérien) dans une *situation noosphérienne*. Dans le cas du P-noosphérien, les visions sur comment les élèves apprennent vont influencer l'activité de l'enseignant, par exemple s'il suppose que dans l'apprentissage les élèves doivent être plus actifs pour construire leurs connaissances, ceci guidera toute la préparation de son enseignement.

Le niveau de *construction ou de conception d'un thème* (dénoté par [+2]) dans lequel « l'activité du professeur est de concevoir les grandes lignes de l'enseignement d'un thème » (Margolinas, 2004, p. 142). Ce niveau concerne les grandes décisions prises pour traiter un thème donné : l'organisation dans l'année, les concepts à travailler, entre autres. Nous avons, dans ce niveau,

un *milieu* de création d'un projet (M+2) dans lequel il a le rôle de *professeur constructeur* (P+2 : P-constructeur) dans une *situation de projet* (S+2). Nous pouvons imaginer que l'enseignant veut préparer l'enseignement des fonctions, alors, il doit prévoir quelles compétences les élèves doivent développer, quelle connaissance seront mobilisées, quels concepts seront traités, quelles progressions adopter etc…

Le niveau du *projet de leçon* (dénoté par [+1]) est relatif à la préparation de la leçon par les enseignants. Ce niveau, le plus proche de la situation didactique, est plus local et lié à l'action finalisée de l'enseignant, l'enseignant prépare sa leçon pour enseigner X. Cette leçon est projetée (*milieu de projet*, M+ 1) pour un *élève réflexif* pour lequel le *professeur projeteur* (P+1 : P-projeteur) va préparer une séquence d'actions pour atteindre ses objectifs (*situation de projet*, S+1). Dans l'exemple de l'enseignant qui veut enseigner les fonctions, il aura besoin de préparer une séance pour enseigner la fonction affine, par exemple.

Nous venons de reprendre les trois premiers niveaux du modèle de Margolinas (2004) qui composent ce qu'elle appelle des *niveaux sur-didactiques*. Ce bloc souligne les tensions présentes dans le travail des enseignants : entre leur enseignement et l'apprentissage des élèves, ou encore entre la préparation de leur travail et les contraintes institutionnelles.

Les deux derniers niveaux d'activité des enseignants se situent au moment de la mise en œuvre de la leçon. Le premier est celui de *la situation didactique* (dénotée [0]) dans laquelle le *professeur* (P0 : Professeur) et *l'élève* (E0 : Élève) cohabitent dans un *milieu d'apprentissage* (M0). Dans notre exemple sur l'enseignement de la fonction affine, c'est dans ce niveau que l'enseignant met en œuvre la leçon qu'il a prévue. Pendant, la mise en œuvre, nous passons au deuxième niveau *d'observation ou de dévolution* (dénoté par [-1])), puisque l'élève a le rôle *d'apprenant* (E-1) et le professeur d'observateur (P-1 : P-observateur). Le professeur est face à la situation d'apprentissage (S-1). Dans notre exemple sur l'enseignement sur la fonction affine, l'enseignant s'assure qu'il atteint les objectifs établis.

Dans ce modèle, les niveaux ne sont ni chronologiquement séparés, ni déconnectés. À titre d'exemple, dans le moment de mise en œuvre d'une séance (niveau 0), à travers une interaction inattendue avec les élèves, l'enseignant peut mettre en cause ses valeurs sur l'enseignement des mathématiques (niveau +3). L'observation du travail des élèves (niveau -1) peut aussi amener l'enseignant à changer son projet d'enseignement du thème. Un modèle est toujours insuffisant pour embrasser la complexité et la dynamique de l'activité de l'enseignant. En revanche, la mobilisation d'un modèle nous donne une direction pour analyser le travail des enseignants. En particulier, ce modèle permet d'analyser l'activité des

enseignants dans plusieurs niveaux qui nous semblent fondamentaux pour la conception de leur travail.

L'enseignant représenté dans ce modèle développe une *activité réflexive*, dans tous les niveaux, en apprenant dans toutes les activités qu'il réalise. Il développe ses connaissances sur les mathématiques et sur l'enseignement des mathématiques en construisant son projet d'enseignement (soit pour tout un thème, soit pour une leçon), en mettant en œuvre ses idées, en observant et agissant sur le travail des élèves. On analyse ainsi un sujet qui développe ses connaissances dans son activité et dans son contexte de travail : le regard sur les niveaux d'activité des enseignants proposé par Margolinas (2004) nous semble ainsi tout à fait important.

2.1.4 Les niveaux de codétermination et les décisions des enseignants

Dans cette section, nous comprenons l'activité des enseignants comme affectée par un ensemble de conditions et contraintes institutionnelles. Les choix que les enseignants font ne sont pas libres, ils sont faits en prenant en compte un ensemble des facteurs institutionnels (Bessot, à paraître).

Chevallard (2002) présente une échelle des niveaux qui affectent l'organisation mathématique – définie par « *la réalité mathématique qui peut se construire dans une classe* » – et l'organisation didactique qui est « *relative à manière de faire l'étude d'un objet* » (Chevallard, 1998, p. 98) mathématique. Comprendre l'activité des enseignants et leur développement professionnel suppose de situer ceux-ci comme des sujets qui vivent dans une institution donnée.

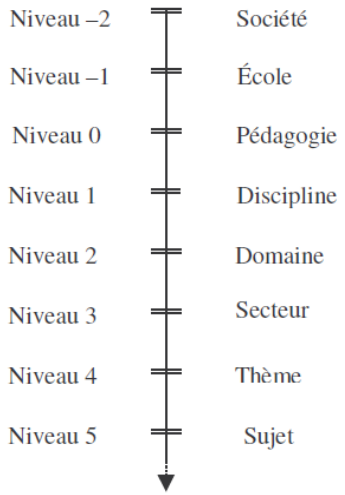

Figure 2.2 - Le niveau de codétermination (Chevallard, 2002, p. 50)

La Figure 2.2 présente le modèle de Chevallard (2002), avec les niveaux supérieurs formés par la société, l'école et la pédagogie ; et les niveaux inférieurs qui contiennent discipline, domaine, secteur, thème et sujet. Les niveaux inférieurs sont relatifs à l'organisation

mathématique, par exemple, la *discipline* « mathématique », le *domaine* « espace et géométrie », le *secteur* de la « géométrie plane », le *thème* « angle » pour le *sujet* particulier de « angles complémentaires ».

Les niveaux supérieurs sont en relation constante avec les niveaux inférieurs. La *société* qui met en valeur l'apprentissage de la géométrie comme quelque chose d'important pour former le citoyen, puisqu'elle est considérée comme courante dans la vie quotidienne (Kahane, 2002). *L'école* est « le niveau des contraintes et des points d'appui qui tiennent à l'institution scolaire elle-même » (Chevallard, 2002, p. 13). Par exemple, la présence d'une salle d'informatique dans l'école peut favoriser une utilisation de logiciels pour soutenir l'apprentissage des élèves. Le niveau *pédagogie* est relatif aux conditions et contraintes qui sont communes à toutes les disciplines, par exemple les enseignants ont une organisation temporelle à prendre en compte quand ils préparent leur leçon.

Selon Bessot (à paraitre, p. 8), les « niveaux de codétermination permettent de repérer les conditions et les contraintes qui pèsent sur la diffusion des savoirs et sur les actions et les pratiques de l'enseignant ». Elle met en relation les niveaux de codétermination et le modèle de Margolinas (2004) en relevant que le repérage de ces conditions et contraintes éclaire l'analyse de la pratique des enseignants en classe.

2.1.5 Synthèse

Nous retenons le développement professionnel de l'enseignant pour et dans son action tel que présenté par Pastré (§ 2.1.1). Cette vision est basée sur la didactique professionnelle dans laquelle le travail est vu comme un générateur de connaissances puisqu'en faisant son travail le sujet apprend et se développe. Nous retenons aussi le concept de *schème* proposé par Vergnaud comme loupe pour analyser les connaissances professionnelles développées par les enseignants de mathématiques (§ 2.1.2). Les schèmes guident l'action des professeurs de mathématiques face aux situations liées à leurs enseignements. Le concept de schème permet de comprendre ce que l'enseignant fait et pourquoi. Puis nous retenons le cadre de Margolinas pour modéliser l'activité des enseignants au travers des niveaux d'activités, ce qui nous permet d'identifier plusieurs échelles autour de la mise en œuvre d'une situation didactique par l'enseignant (§ 2.1.3). Nous retenons enfin les niveaux de codétermination de Chevallard (§ 2.1.4) impactant l'activité de l'enseignant. Nous présentons dans la section suivante le travail documentaire des enseignants, qui est au cœur de leur activité (Gueudet & Trouche, 2008).

2.2 La conception et les usages de ressources au cœur de l'activité des enseignants de mathématiques

Nous situons notre travail dans le cadre de l'Approche Documentaire du Didactique (ADD) pour analyser les interactions des enseignants avec les ressources. Nous présenterons cette section en trois parties. D'abord, nous présentons l'approche instrumentale en mettant en évidence quelques concepts fondateurs de l'ADD (§ 2.2.1) importés de l'approche instrumentale : artefact, schèmes d'utilisation, genèse instrumentale, instrumentalisation et instrumentalisation. Ensuite, nous présentons les concepts élémentaires de l'ADD (§ 2.2.2) : ressources, documents, travail documentaire, usages, genèse documentaire et système de ressources. Pour finir, nous proposons un approfondissement des concepts de ressource et de système de ressources (§ 2.2.3).

2.2.1 Approche instrumentale : quelques concepts fondateurs

Nous présentons dans cette partie quelques concepts de l'approche instrumentale qui ont inspiré et nourri l'ADD. D'abord, nous introduisons les deux concepts clés de cette approche : *artefact* et *instrument*. Ensuite, nous nous focalisons sur le concept de *schème* importé des études de Vergnaud (1994, 2011) qui est à l'origine du concept de *schème d'utilisation*. Nous présentons enfin le concept de *genèse instrumentale* et ses deux composantes : *instrumentalisation* et *instrumentation*.

Les études de Rabardel (1995) mettent en lumière la relation entre les êtres humains et les artefacts. Il définit *l'artefact* comme un produit humain créé pour une tâche déterminée, ce peut être un objet matériel (calculatrice, crayon, logiciel, etc.) ou symbolique (langage, cartes, etc.). Il exploite la notion de *schème* de Vergnaud (2011) pour différencier ce qui est utilisé par le sujet comme moyen d'action, à savoir l'artefact, et ce qu'il produit au travers de son utilisation, à savoir *l'instrument*. *L'instrument* est construit par le sujet en agissant sur une classe de situations, il comporte d'un côté la composante artefact (ce qui permet d'agir) et d'autre part les *schèmes* construit par le sujet. Un instrument constitue une entité mixte : Rabardel (ibid. p. 211) souligne que la « *mise en œuvre de l'instrument consiste à mobiliser cette entité mixte tandis que l'appropriation consiste à la construire* ».

La notion de schème est fondamentale dans l'approche instrumentale. En effet, elle permet de comprendre comment un même artefact peut être utilisé de différentes manières dans différents contextes par différents sujets. L'approche met en évidence aussi la place de l'artefact dans l'activité humaine, puisque la présence ou l'absence d'un artefact peut réorganiser l'action, c'est-à-dire mobiliser différents schèmes. Rabardel développe aussi la

notion de *schèmes d'utilisation* pour désigner les schèmes construits à travers l'utilisation des artefacts, il les définit *« comme l'ensemble structuré des caractères généralisables des activités d'utilisation des instruments »* (1995, p. 209).

Les schèmes sont construits dans un processus dénommé *genèse instrumentale*, qui représente la création de l'instrument par le sujet. De fait, le sujet développe l'artefact en instrument pour une classe de situations. Le processus de genèse instrumentale combine deux composants : *l'instrumentalisation* et *l'instrumentation*. L'instrumentalisation est relative aux composants artefacts des instruments (sélection, regroupement, fonctionnement, transformation de l'artefact…). Selon Rabardel (1999, p. 114) « *l'instrumentalisation peut être définie comme un processus d'enrichissement des propriétés de l'artefact par le sujet »*. L'instrumentation est relative au composant schème d'utilisation (émergence des schèmes, assimilation de la situation, évolution…) et alors, elle est orientée vers le sujet même. Elle est composée par la « *genèse des schèmes, l'assimilation de nouveaux artefacts aux schèmes (donnant ainsi une nouvelle signification aux artefacts), l'accommodation des schèmes (contribuant à leurs changements de signification) »* (Rabardel, 1999, p. 117). Ces deux processus sont impliqués dans l'action du sujet avec l'artefact.

L'approche instrumentale comprend le processus de développement des artefacts par le sujet comme un long processus de genèse instrumentale. En considérant, en particulier, les artefacts liés aux activités d'apprentissage/d'enseignement des mathématiques, Rabardel (1999) met en évidence que les artefacts ne sont neutres ni pour les enseignants, ni pour les élèves : d'une part, les artefacts influencent les conceptualisations des élèves en permettant différentes représentations des objets mathématiques étudiés (§ 1.1). D'autre part, les enseignants peuvent utiliser différents artefacts pour favoriser l'apprentissage des élèves.

L'approche instrumentale n'a pas comme focus spécialement l'enseignement des mathématiques, mais les relations de l'homme avec les artefacts. Cependant, cette approche a été intégrée en didactique des mathématiques comme une *approche instrumentale du didactique*. Trouche (2003) a ainsi développé cette approche pour analyser les processus d'intégration des calculatrices symboliques dans l'apprentissage des mathématiques. Il montre comment un changement de calculatrice peut influencer la conceptualisation des élèves. Il met en évidence l'importance de la conscience des enseignants de ce phénomène au moment de choisir les artefacts à utiliser avec les élèves. L'approche instrumentale du didactique a aussi été développée dans d'autres contextes, par exemple l'intégration des logiciels de géométrie (Restrepo, 2008) ou encore l'intégration des tableurs (Haspekian, 2012). L'évolution du numérique, conduisant à une extension du nombre et de la diversité des artefacts disponibles,

a amené Gueudet et Trouche (2008) à développer *l'approche documentaire du didactique* (ADD) que nous présentons dans la section suivante.

2.2.2 Approche documentaire du didactique : le travail documentaire au cœur de l'activité des enseignants

Dans la partie précédente, nous avons abordé les concepts fondateurs et les réflexions qui ont inspiré l'ADD. Dans cette partie, nous présentons les concepts élémentaires de cette théorie qui prend en compte la complexité du travail des enseignants de mathématiques avec les *ressources*.

L'approche documentaire du didactique émerge dans un moment de foisonnement du numérique, en mettant en lumière les rôles des ressources dans le travail des enseignants (Gueudet & Trouche, 2008). Les ressources disponibles ont augmenté de façon spectaculaire : des nouveaux modes de numérisation des supports (clé USB, disque dur, PDF, vidéo, en ligne…) et les modes de communication (chat, mel, forum…), entre autres (§ 1.2). Dans ce contexte, Gueudet et Trouche (2009a) mettent en évidence la complexité des usages des ressources par les enseignants qui va au-delà de l'intégration d'un *artefact* dans leur pratique, mais implique un travail de conception et d'adaptation d'un ensemble de ressources. Les auteurs nomment *travail documentaire* tout le travail des enseignants avec ces ressources (Gueudet et Trouche, § 1.1). Ce travail est situé comme étant le cœur de l'activité professionnelle des enseignants.

Le choix du terme *ressource* au lieu *d'artefact* vise à souligner la variété des artefacts utilisés par les enseignants dans leurs travaux. Il est défini dans le sens d'Adler (2000) comme tout ce qui *re-source* le travail des enseignants (§ 1.2). Les ressources des enseignants sont ainsi comprises dans un sens très large comme tout ce qu'ils utilisent pour faire leur travail (Gueudet et Trouche, 2008). Ainsi, comme Rabardel (1995), Gueudet et Trouche (2008) distinguent ce qui est utilisé par le sujet comme médiateur de son action, les *ressources*, de ce qui est construit par le sujet, les *documents*. Alors, le *document* est subjectif et construit par le sujet au cours de son action finalisée avec un ensemble de ressources. Gueudet et Trouche (2008, p. 11) proposent une équation pour modéliser cette relation :

(1) Document = Ressources + schème d'utilisation

Gueudet et Trouche (2009a) soulignent que la création de schèmes comporte une partie visible qui est composée par les *usages* des ressources et une partie invisible qui est composée par les *invariants opératoires*. Les *usages* sont une organisation régulière et observable dans l'action des enseignants pour une classe de situations donnée, ils sont *les règles d'action, de contrôle et de prise décisions* mises en œuvre par le sujet. L'équation (1) peut être écrite comme :

(2) Document = Ressources + usages +invariants opératoires

Le développement d'un document par un enseignant est un processus continu, jamais fini. C'est dans ce sens qu'il est considéré comme la matière vivante du travail des enseignants. Nous nous intéressons à cette construction de schèmes d'utilisation, puisque nous considérons, comme Gueudet et Trouche (2010 ; 2012), qu'ils intègrent les *connaissances professionnelles des enseignants*. C'est dans un processus de genèse, qui intègre à la fois la « *naissance* » et la « *transformation* » (*ibid*), que ces connaissances sont développées. Ce processus d'élaboration d'un document est dénommé *genèse documentaire*. Gueudet et Trouche (2008 ; 2009b) considèrent ainsi, suivant Rabardel (1999), que cette genèse combine deux processus : *l'instrumentalisation* et l'*instrumentation*. La Figure 2.3 introduit ces deux processus, en situant le processus d'instrumentalisation lié à l'action de l'enseignant vers l'ensemble des ressources : sélection, organisation, modification, etc… Le processus d'instrumentation est orienté vers l'enseignant qui utilise ces ressources pour réaliser son action didactique : développement de schèmes pour l'enseignement des mathématiques, pour faire face aux difficultés des élèves, etc…

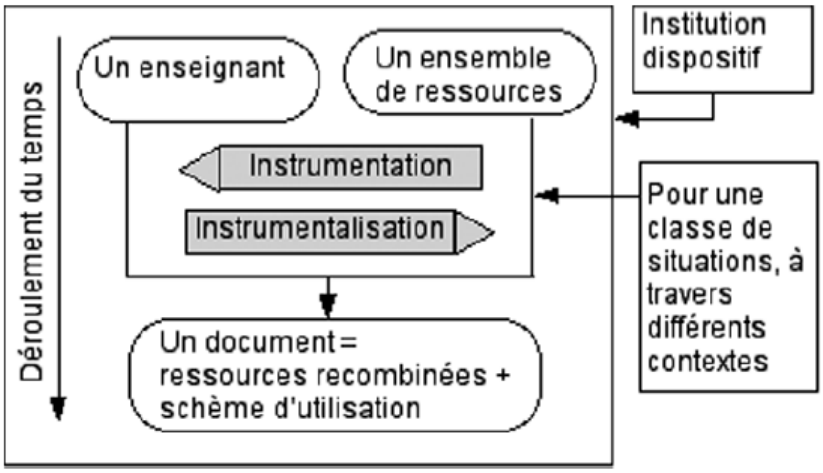

Figure 2.3 - Représentation schématique de la genèse d'un document (Gueudet et Trouche, 2010a, p. 59)

Le résultat de ce processus de production des documents est un système de documents – dynamique, puisque les documents sont toujours en évolution dans l'action – nommés *système* puisque ces documents ne sont pas isolés et fortement structurés. Ce système n'est pas visible dans son intégralité, parce qu'il contient les ressources, qui ne sont pas toutes apparentes et les connaissances professionnelles associées, qui ne peuvent être qu'inférées à partir de l'activité de l'enseignant. La partie « ressources » du système est dénommée *système de ressources*. Ces systèmes sont structurés, ces structures étant complexes et dynamiques.

Plusieurs recherches ont essayé d'analyser les composants et les propriétés de ces systèmes, que nous présentons dans la section suivante.

2.2.3 Système de ressources des enseignants de mathématiques : identification et caractérisation

Dans cette section, nous allons aborder plus précisément le concept de ressource et de système de ressources. D'abord, nous proposons une réflexion sur l'évolution et l'ouverture de la notion de ressource dans le domaine des sciences de l'éducation. Nous abordons ensuite la notion de système de ressources. Nous poursuivons en présentant quelques éléments pour analyser les ressources utilisées par les enseignants et des facteurs qui influencent leur travail documentaire. Pour finir, nous discutons la place des ressources numériques, une place critique pour comprendre le travail documentaire aujourd'hui.

Ruthven (à paraître) aborde les évolutions de ces concepts de ressource et système dans le champ de l'éducation. Il présente des aspects historiques de l'usage du terme ressource en disant que

> In established everyday usage, a resource is an asset — typically monetary, material or human — capable of providing some form of support. In the field of education (as the Oxford English Dictionary records) a specialized usage of "resource" developed during the 1960s, referring specifically to curriculum-related materials intended to support learning or teaching activity.

Il souligne que, à l'origine, les ressources étaient comprises comme un support de l'activité, notion élargie par Adler (2000). Cette définition très large reconnaît l'hétérogénéité de cet ensemble, comportant des ressources de divers types : supports matériels (crayon, papier, tableau, ordinateur, etc.), textuels ou sémiotiques (manuel scolaires, site, images, etc.), socioculturels (une idée d'un collègue ou un échange avec un collègue, des espaces de communication) et échanges virtuels (forum, chat, dossier de sauvegarde en nuages, etc.) entre autres. D'un côté cette ouverture nous permet d'identifier un grand nombre de ressources utilisées par les enseignants. D'un autre côté, elle rend complexe l'analyse de ce système, du fait de son périmètre très large. De plus, l'analyse fine de l'ensemble des éléments présents dans le système de ressources d'un enseignant n'est pas la garantie d'une meilleure compréhension de sa structure.

Par ailleurs, la définition de système de ressources que nous adoptons va au-delà d'une liste de ressources utilisées et reconnues par les enseignants. Nous considérons aussi qu'un système de ressources est une organisation globale (Ruthven, à paraître), il a une structure reposant sur des liens entre les ressources. Ces liens peuvent être implicites ou explicites. Ce système est vivant et dynamique, c'est-à-dire qu'il est en permanence en évolution. Nous ne

pouvons pas représenter le système de ressources des enseignants, mais seulement accéder à des éléments de ce système. Ruthven (à paraître) propose la notion de *système de ressources en classe*, pour caractériser l'ensemble des ressources identifiables dans la mise en œuvre d'une leçon dans une classe donnée. Nous rajoutons à cette proposition les ressources liées à plusieurs autres classes de situations : préparer une leçon, ranger les ressources, partager d'autres ressources. Nous modélisons ces ressources comme composants d'un unique système, le système de ressources des enseignants. La complexité de l'analyse de ce système est liée, en particulier, à l'articulation entre ce qui est visible et invisible.

Gueudet et Trouche (2008) mettent en évidence que les ressources des enseignants ne sont pas isolées et composent un système structuré. L'analyse de ce système est aussi très riche pour comprendre la pratique des enseignants, puisqu'il intègre un grand ensemble de ressources hétérogènes. Dans le système de ressources d'un enseignant, par exemple, des ressources différentes peuvent être utilisées pour une même classe de situations, et en même temps, une même ressource peut être utilisée pour plusieurs classes de situations. Les questions sont alors, quels sont les aspects du système de ressources des enseignants qui nous permettent de comprendre leur travail documentaire ? Quels sont les caractères structurants de ce système ?

Dans le cadre de l'ADD, un effort de caractérisation des ressources est en cours. Dans cette thèse nous mobilisons deux concepts : le concept de *métaressource* et celui de *ressource mère*. Le concept de métaressource a été proposé par Prieur (2016, p. 75) pour désigner un ensemble de principes qui guide la conception d'autres ressources en suscitant « une posture réflexive sur le travail documentaire à conduire ou sur ses effets. Une métaressource possède un niveau constitutif spécifique : le niveau de l'explication ». Le concept de ressource mère proposé par Hammoud (2012) désigne « *l'ensemble des ressources de départ que l'enseignant mobilise pour préparer un enseignement donné* » (p. 46). Ces deux concepts nous semblent pertinents pour analyser les relations entre les interactions des enseignants avec les ressources et leur développement professionnel.

Nous avons comme hypothèse – inspirée des niveaux de codétermination de Chevallard (§ 2.1.4) – que l'interaction des enseignants avec les ressources est influencée par divers aspects, nous en privilégions ici trois, le contexte social, le contexte curriculaire et la composante disciplinaire :

- *Le contexte social* lié aux niveaux société et école. Par exemple, en France, les manuels scolaires sont renouvelés tous les 10 ans et ils ne sont pas évalués par le ministère tandis

qu'au Brésil il existe un programme national pour les évaluer et pour les acheter. Alors, le contexte social va fortement influencer les ressources utilisées par les enseignants ;

- *Le contexte curriculaire* lié au niveau pédagogique. Nous pouvons citer comme exemple, les changements curriculaires comme les évolutions du curriculum français depuis 1802 (Gueudet et al. 2017) ; ou encore l'évolution des artefacts comme l'intégration du tableau noir, de l'ordinateur et d'Internet dans l'enseignement (Lagrange, 2005) ;
- *La composante disciplinaire* liée aux niveaux *discipline*, *domaine*, *secteur* et *thème*. Trouche *et al.* (2018) mettent en évidence, dans le rapport du projet ReVEA (§ 3.3.1), que cette composante influence fortement les choix des ressources des enseignants. Par exemple, les manuels scolaires ont une place centrale dans le travail documentaire des enseignants des mathématiques, mais pas pour les enseignants d'anglais. Cet aspect motive notre intérêt pour comprendre les ressources utilisées ou créées en nous centrant sur une discipline, les mathématiques.

L'identification des ressources utilisées par les enseignants est aussi fortement influencée par le développement du numérique. Ce phénomène présent, dès l'origine de l'ADD, est un point central pour penser le développement professionnel des enseignants (§ 1.2). Pepin *et al.* (2017, p. 647) font une revue des recherches sur les ressources numériques. Ils mettent en évidence le potentiel des ressources numériques pour l'enseignement des mathématiques, fortement présentes dans la préparation d'une leçon et dans la présentation de nouveaux concepts par les enseignants. Ils discutent aussi la diversité des ressources numériques en différenciant deux types : « digital curriculum ressources (DCR) » et « digital technologies » :

> It [DCR] is the attention to sequencing—of grade-, or age-level learning topics, or of content associated with a particular course of study (e.g., algebra)—so as to cover (all or part of) a curriculum specification, which differentiates DCR from other types of digital instructional tools or educational software programmes. Thus, research on the design and use of DCR is distinct from the broader literature on instructional technology, though clearly there is some overlap. Of course, DCR make use of these other types of tool and software: indeed, what differentiates them from pre-digital curriculum programmes is that they are made accessible on electronic devices and that they often incorporate the dynamic features of digital technologies.

Alors, l'intérêt des DCR est que l'usage du numérique par les enseignants se développe dans leur travail en amont de la classe comme dans leur travail avec leurs élèves. Dans notre recherche, quand nous parlons des ressources numériques, nous nous intéressons aux DCR aussi bien qu'aux technologies digitales. Nous sommes intéressée par les usages des technologies parce que, même s'ils ne nous donnent pas une vision centrée sur le contenu enseigné, ils nous donnent des indices du travail documentaire des enseignants. Nous

pouvons donner l'exemple des outils de partage de données, qui vont pouvoir nous montrer des caractéristiques de la pratique de l'enseignant comme la création collective des ressources. Donc, notre identification de ressources numériques sera la plus large possible. Nous sommes consciente de la quantité des ressources qui peuvent être utilisées pour l'enseignement de mathématiques (sites web, logiciels, plateformes, réseaux sociaux, matériels, vidéo, etc...), alors nous ne cherchons pas à identifier toutes les ressources utilisées par un enseignant, mais nous cherchons des ressources qui se démarquent à partir de ce qui est présenté par les enseignants eux-mêmes. D'ailleurs, devant cette diversité nous ne proposons pas des catégories a priori pour l'analyse de nos données, mais une catégorisation basée sur nos données qui sera présentée dans notre cadre méthodologique.

De façon générale, les ressources numériques ont ouvert de nouvelles possibilités pour le travail documentaire des enseignants. Elles ont ouvert aussi de nouvelles possibilités d'interaction avec les autres acteurs de l'enseignement. Ainsi, la dimension collective de ce travail documentaire est au cœur du développement professionnel des enseignants que nous traitons dans la section suivante.

2.2.4 Synthèse

Nous avons présenté dans ce chapitre des considérations théoriques qui sont au cœur de la conceptualisation de la trajectoire documentaire et de l'expérience documentaire (§ 2.5.3). D'abord, nous avons présenté le cadre de la théorie de l'instrumentation proposé par Rabardel (§ 2.2.1) qui nous permet de comprendre que les artefacts ne sont pas neutres dans l'activité du sujet. Le sujet transforme l'artefact en instrument pour son activité, mais aussi l'artefact transforme l'activité du sujet. Cette relation est le point de départ de la conceptualisation que nous proposons ici. Ensuite, Gueudet et Trouche (§ 2.2.2) ont mis en lumière le travail documentaire des enseignants dans le cœur de leur activité. Parmi les concepts mobilisés dans l'approche documentaire de la didactique, nous empruntons les concepts de travail documentaire, ressources, schème, système de ressources, instrumentation, instrumentalisation et genèse documentaire. Nous avons clôturé cette section (§ 2.2.3) par un focus sur le concept de système de ressources, puisque nous cherchons à analyser les transformations dans le travail documentaire des enseignants au fil du temps par les transformations de son système de ressources.

2.3 La dimension collective du travail des enseignants de mathématiques

Notre problématique de recherche est ancrée dans le cadre de Fleck (1934), mais emprunte aussi certains concepts des études de Wenger (1998). Par rapport à Fleck (1934) nous

analysons le développement professionnel dans un mouvement dans lequel les sujets participent à plusieurs collectifs de pensées différents, donc leur travail documentaire est influencé par plusieurs styles de pensés. Dans cette perspective, nous nous intéressons aux frontières entre différentes communautés (Wenger, 1998). Nous présentons dans cette section d'abord le cadre des communautés de pratique (§ 2.3.1) ensuite, le cadre de Fleck (1934) (§ 2.3.2).

2.3.1 Les communautés de pratique et les objets frontière

Dans cette section, nous précisons le sens de « pratique » proposé par Wenger (1998) ; ensuite nous présentons ce qui définit une communauté de pratique ; par la suite, nous discutons la notion de frontière entre communautés ; pour finir, nous situons la mobilisation de ce cadre dans les travaux de la ADD, en particulier nous présentons une étude de Sabra (2016) qui a mobilisé ce cadre théorique pour analyser le travail documentaire des enseignants.

Pour comprendre ce qu'est une communauté de pratique, il faut d'abord interroger le concept de *pratique,* comme le fait Wenger (1998). Le concept de pratique est lié à un sujet qui fait quelque chose, mais jamais seul : il le fait dans un contexte social et historique qui conditionne ce qu'il fait. Une pratique est construite dans un processus de négociation de sens — « *pratique en tant que quête de sens* », selon Wenger (1998, p. 49) — dans une dynamique de *participation* et de *réification*. La *participation* réfère aux relations construites avec autrui dans un processus de négociation de sens. Elle est liée aux actions qui connectent le sujet à la communauté à laquelle il appartient, elle relève à la fois du « personnel » et du « social » (Wenger, 1998, p. 55). La *réification* « refer to the process of giving form to our experience by producing objects that congeal this experience into "thingness." » (Wenger, 1998, p. 58). La réification est la projection, par un individu, de sens dans le monde. Elle permet la conservation de notre expérience à travers la conception d'objets, images, ou encore de concepts.

C'est la dualité entre participation et réification qui fait interagir et créer l'expérience avec le monde. Cette pratique est créée au sein de communautés — « *pratique en tant que communauté* », selon Wenger (1998, p. 49). Le concept de communauté de pratique est né de l'association de ces deux mots. Wenger (1998) présente trois dimensions qui caractérisent une communauté de pratique :

- *L'engament mutuel* qui représente l'investissement des sujets pour faire part et maintenir la communauté vivante. Il repose sur les relations entre les membres qui ont fait exister la communauté. Ce n'est pas un seul membre qui fait vivre la communauté, mais plusieurs ;
- *L'entreprise commune* qui est liée aux objectifs communs négociés par les membres de la communauté. Elle n'est pas un simple objectif énoncé par la communauté, mais quelque chose qui fait partie de la raison d'existence de cette communauté et que les membres poursuivent ensemble ;
- *Le répertoire partagé* rassemble « routines, words, tools, ways of doing things, stories, gestures, symbols, genres, actions, or concepts that the community has produced or adopted in the course of its existence, and which have become part of its practice » (Wenger, 1998, p. 83). Ce répertoire est construit dans un processus de négociation de sens par les membres de la communauté.

Ces trois dimensions sont ce qui produit une cohérence dans la pratique au sein d'une communauté. C'est l'existence de ces trois dimensions qui va permettre aussi aux membres d'apprendre avec les autres — « *pratique comme apprentissage* », selon Wenger (1998, p. 49).
Une communauté de pratique est construite en interaction avec d'autres communautés, car elle s'inscrit dans une « *constellation* » de pratiques originaires d'autres communautés et rencontre des « frontières » avec d'autres communautés qui vont influencer la construction d'une pratique (« *pratique comme frontière* », selon Wenger, 1998, p. 49). Une communauté ne se construit pas isolée du monde. Dans ce sens, Wenger (1998) présente trois concepts importants : *multi-appartenance, objet frontière* et *passeurs*. La *multiappartenance* désigne le fait que nous pouvons participer à plusieurs communautés de pratique en même temps. Les *objets frontières* peuvent être tout ce qu'une communauté a réifié comme faisant partie de son répertoire : documents, concepts, artefacts, entre autres. Ces objets peuvent appartenir à plusieurs communautés. Cependant, ils sont porteurs d'une partie du sens attribué par la communauté, mais ils ne peuvent pas transmettre le même sens que dans la communauté d'origine, alors, « boundary objects both connect and disconnect » (Wenger, 1998, p. 107). Les *passeurs* désignent les membres qui transfèrent des éléments d'une pratique à l'autre. Ils créent des connexions entre différentes communautés.
Dans le cadre de l'ADD, la dimension collective du travail documentaire est très présente. Gueudet et Trouche (2008) présentent plusieurs cadres théoriques qui permettent de penser les relations entre travail collectif et travail documentaire. Ils ont fait un choix justifié par leurs intérêts de recherche – analyser l'évolution du travail documentaire dans un collectif de

production de ressources – le cadre des communautés des pratiques (Wenger, 1998), en soulignant les relations entre le travail documentaire communautaire et l'émergence de communautés de pratique dans un dispositif de formation. Ils ont observé que l'influence d'une communauté de pratique peut intervenir à quatre endroits : l'apport de nouvelles ressources, l'évolution des ressources individuelles des enseignants, la création de nouvelles classes de situations et la proposition ou la critique des usages de ressources. Ils définissent aussi le concept de *genèse documentaire communautaire* qui comporte « des productions de ressources communes, des éléments communs d'usage de ces ressources, mais aussi de schèmes pour chacun des membres de la communauté » (Gueudet & Trouche, 2008, pp. 25-26).

Dans le cadre de l'ADD, Sabra (2016) a étudié les communautés qui ont un projet commun. Il introduit deux concepts importants :

- *Ressources communautaires* qui comprennent les ressources utilisées et/ou créées par les membres d'une communauté pour un projet commun ;
- *Connaissances communautaires* - à partir des connaissances d'un individu - qui sont « des moyens d'action » pour la création de ressources par la communauté et qui sont reconnues par celle-ci.

Sabra (2016) a analysé une communauté qui avait comme objectif la création d'un manuel scolaire Sésamath, en centrant l'analyse sur les relations entre le travail documentaire d'un individu et le travail documentaire de la communauté. Il a montré un mouvement de *symbiose* entre le système de ressources de cet individu et celui de la communauté. Aussi, il montré une *propagation* de connaissances documentaires dans la documentation individuelle d'un membre de la communauté. Ces deux mouvements résultent du processus de participation et réification d'un enseignant dans la communauté.

Ces résultats nous permettent de comprendre comment le travail collectif peut contribuer au développement professionnel des enseignants. Sabra (2016) a regardé ce processus en analysant le travail d'un individu qui participe à une communauté. Nous avons comme hypothèse que, au fil du temps, les enseignants participent à plusieurs collectifs qui contribuent à leur travail documentaire, c'est la *multiappartenance* (Wenger, 1998). Alors, nous avons deux voies d'analyse : une centrée sur la participation du sujet à un collectif ; l'autre centrée sur les impacts de plusieurs collectifs sur le travail documentaire d'un enseignant au fil du temps. Pour ces analyses nous importons les concepts d'objet frontière, de multi-appartenance, de passeur de ressources communautaires et de connaissances

communautaires. Cependant, ces deux voies nous invitent à choisir un cadre théorique qui permet d'analyser des collectifs peu structurés ou qui, même s'ils n'existent plus, ont laissé une trace dans les pratiques. C'est pourquoi nous nous tournons vers le *style de pensée* de Fleck (1934) que nous présentons dans la section suivante et nous allons aussi articuler ce nouveau cadre avec les concepts importés du cadre de Wenger (1998).

2.3.2 Collectifs de pensée et style de pensée

Dans cette partie, nous abordons quelques concepts proposés par Fleck (1934) pour analyser l'influence des aspects collectifs sur le développement du sujet au fil du temps. Nous présentons ici les concepts de *collectif de pensée* et de *style de pensée*. Nous traitons dans ce qui suit : l'acte cognitif comme construction sociale ; les définitions de style de pensée et de collectif de pensée ; les apports de ce cadre pour l'analyse du travail des enseignants ; l'étude de Hammoud qui a mobilisé ce cadre pour analyser le travail documentaire des enseignants ; pour finir, nous présentons nos choix théoriques qui combinent ce cadre avec quelques concepts proposés par Wenger (1998).

Fleck (1934) considère que « l'acte cognitif n'est en aucun cas le processus individuel d'une conscience théorique "existant de toute façon" ; il est le résultat d'une activité sociale, puisque l'état des connaissances du moment dépasse les limites imposées par un individu » (p. 73). Selon Fleck, une connaissance est cohérente avec ce qui est accepté par un collectif comme vrai « "quelqu'un reconnaît quelque chose" […] "en tant que partie prenante d'un milieu culturel déterminé" » (1934, p. 74).

Et c'est dans cette perspective que Fleck (1934) définit un *collectif de pensée* comme étant « la communauté des personnes qui échangent des idées ou qui interagissent intellectuellement, alors nous tenons en lui un vecteur du développement historique d'un domaine de pensée, d'un état du savoir déterminé et d'un état de la culture, c'est-à-dire d'un style de pensée particulier » (Fleck, 1934, p. 73). Pour une question d'économie, nous adopterons le terme *collectif* dans les moments où nous parlons des collectifs dans le sens général, et nous utiliserons le terme *collectif de pensée* quand nous nous referons à un collectif spécifique ou quand nous voulons souligner un lien avec le cadre théorique adopté. Notons qu'un collectif de pensée est associé à un *style de pensée*, car les deux concepts sont indissociables : pour Fleck, dès que deux ou plusieurs personnes échangent des idées, existent un collectif de pensée et un style de pensée associé.

Fleck (1934, p. 173) précise que le style de pensée « est caractérisé par les points communs des *problèmes qui intéressent un collectif de pensée*, par *les jugements* que ce dernier considère comme

allant de soi, par *les méthodes* qu'il applique pour élaborer des connaissances ». Ce style de pensée est conditionné par le développement historique de l'époque et par le contexte culturel. C'est un style de pensée qui va déterminer ce qui est vrai pour un collectif, mais qui n'est pas nécessairement vrai pour un autre. Fleck (1934) argue que l'individu n'a pas conscience du style de pensée d'un collectif de pensée, puisque ce style a un aspect fonctionnel qui fonde le collectif. Plus le style de pensée se stabilise pour un sujet, plus il devient inconscient en devenant une vérité absolue. C'est pour cela qu'on ne peut pas identifier les collectifs des pensées à l'origine à chaque style de pensée.

Considérons maintenant le travail d'un enseignant, celui-ci est inséré dans un établissement scolaire, et inscrit dans plusieurs collectifs de pensée : collectifs des enseignants d'une discipline donnée et d'autres disciplines, collectifs avec certains collègues privilégiés, collectifs d'échanges momentanés, ou encore collectifs des professeurs enseignant dans une classe donnée. Au sein de ces collectifs, les enseignants vont construire et nourrir leur travail documentaire, un travail combiné avec d'autres situations vécues dans les collectifs hors établissements. Nous faisons l'hypothèse que ces situations peuvent influencer tous les niveaux de son activité (Margolinas, 2004), et que la compréhension de l'activité d'un individu ne peut qu'être réalisée en analysant son activité sociale.

La définition de collectif de pensée donne un sens très large au concept de collectif, ce qui nous permet de prendre en compte la diversité des collectifs dans lesquels les enseignants peuvent être inscrits. Fleck (1934) souligne l'existence des collectifs momentanés et stables, à prendre en compte aussi bien que les collectifs de pensée momentanés. Dans cette perspective, les caractéristiques des collectifs vont jouer un rôle important dans l'analyse des styles de pensée.

La notion de style de pensée a été mobilisée dans le travail de Hammoud (2012). Elle a investigué l'impact du travail collectif sur la documentation des enseignants qui participent à plusieurs communautés. Elle définit un style de pensée comme un ensemble « de métarègles : ce sont les règles qui permettent de définir les règles spécifiques de la communauté, la façon dont le travail est divisé ainsi que les outils essentiels à mobiliser » (Hammoud, 2012, p. 49). Le concept de règle mobilisé par Hammoud (2012) contient règlements, normes et habitudes (explicites/implicites) de la communauté.

Comme Hammoud (2012), nous considérons que le style de pensée contient des métarègles qui vont orienter le travail dans le collectif, plus précisément les *collectifs de pensée de production de ressources*. Cependant, nous gardons les termes proposés par Fleck (1934) : un style de pensée est formé par les *méthodes* employées par le collectif, les *jugements communs* formulés par

les membres de ce collectif de pensée pour résoudre un *problème qui intéresse le collectif*. Nous désignons par *méthodes* d'un collectif de pensée ses actions et son organisation pour produire ses ressources (« *ce qu'on fait* », « *comment on le fait* ») ; et *jugement commun* tout ce qui est considéré comme important et comme partagé – identifié par un ou plusieurs membres du collectif - sur le travail documentaire et l'enseignement des mathématiques. Ce choix est justifié, parce que la notion de règle peut porter confusion par rapport aux règles d'actions (Vergnaud, 2011). D'ailleurs, le *problème qui intéresse le collectif,* sont les classes de situations auxquelles les individus font face ensemble : préparer une progression commune, préparer une évaluation commune… Cependant, nous parlerons de *problème qui intéresse une partie du collectif à un moment donné* pour bien distinguer le travail documentaire individuel du travail documentaire collectif. Nous proposons d'identifier le style de pensée de collectifs de pensée de production de ressources par trois dimensions : *méthodes*, *jugements* et *ressources produites*. Le style de pensée vit en chaque membre du collectif, cependant chaque membre peut expliciter une part de ce style qu'il reconnait comme commun. Les membres des collectifs s'approprient l'expérience construite dans le collectif et le collectif s'approprie une partie de l'expérience de chacune de ses composantes. Il en est de même pour les interactions entre le système de ressources d'un individu et celui du collectif. Nous considérons le *système de ressources d'un collectif*, comme toutes les ressources résultantes d'une *réification* (terme importé du cadre de Wenger, 1998) qui sont identifiées par un ou plusieurs membres du collectif de pensée comme liées au travail documentaire de ce collectif.

Nous considérons aussi que chaque individu participe simultanément à plusieurs collectifs de pensée, c'est le concept de multiappartenance présenté dans la section précédente (Wenger, 1998). Nous sommes amenée à réfléchir aux raisons qui font que des éléments d'un style de pensée migrent d'un collectif à l'autre. Hammoud (2012) parle d'interférence entre deux communautés. Nous parlons de *circulation* d'un style de pensée comme a proposé Fleck (1934, p. 191) dans laquelle le sujet « appartient à plusieurs communautés de pensée et qui agit comme un véhicule dans la circulation ». Par ailleurs, un style de pensée n'est pas déplaçable dans sa totalité d'un collectif à l'autre, puisque la circulation d'un style de pensée engendre un changement de valeur par les nouveaux membres. Nous avons comme hypothèse que les ressources créées par un collectif peuvent aussi être véhicules d'une partie du style de pensée d'un collectif tout comme l'individu.

Dans ce sens, nous empruntons les notions *d'objets frontière* et de *passeurs* (Wenger, 1998), présentées dans la section précédente. Pour être en cohérence avec notre cadre théorique, nous parlerons de *ressource frontière* qui représentent ce qui peut être repérable d'un système

de ressources d'un collectif pour circuler au système de ressources d'un autre collectif. Ainsi, une ressource garde des traces du collectif de pensée, par exemple, une ressource pour l'enseignement de mathématiques créée par un groupe de chercheurs circule une vision de la manière avec laquelle le contenu X peut être enseigné ou appris.

Le concept de *passeur* est important, puisque la méthode de travail d'un collectif de pensée et ses jugements ne circulent qu'à travers des connaissances acquises par les membres ou les ressources. Le passeur est l'intermédiaire entre ce qui arrive dans le collectif A et le collectif B. Par exemple, il peut s'agir d'un enseignant qui participe à une formation à laquelle ses collègues n'ont pas participé et propose des idées issues de cette formation à ses collègues. Tout au long de la carrière de l'enseignant, ce mouvement de transformation à travers l'interaction avec les ressources est en contact avec autrui. Ainsi, chaque individu est un potentiel *passeur* du style de pensée du collectif et les *ressources* une trace observable du travail documentaire du collectif. Aussi, nous cherchons à identifier quelles ressources ont été mobilisées et créées dans ces collectifs.

2.3.3 Synthèse

Nous avons présenté dans la section 2.3 la dimension collective du travail documentaire des enseignants.

Le cadre des communautés de pratique (§ 2.3.1) nous permet de comprendre comment l'engagement d'un enseignant dans une communauté peut contribuer à son développement professionnel. Nous avons emprunté de ce cadre théorique les notions de « frontières » entre différentes communautés.

Les concepts de collectif de pensée et de style de pensée (§ 2.3.2) nous semblent adapté à notre analyse du travail documentaire des enseignants en constante interaction avec différents collectifs (dans et hors établissements) tout au long de leurs carrières. Par conséquent, nous cherchons à identifier des éléments des styles de pensée qui influence le travail documentaire des enseignants au long du temps.

2.4 Le processus longitudinal d'apprentissage des enseignants de mathématiques : jeux entre histoire, identité, trajectoire et expérience

Nous présentons dans cette section des études qui fondent notre analyse du vécu des enseignants pour comprendre leur pratique. Nous présentons d'abord quelques éléments sur *l'histoire de vie* personnelle fortement mobilisée pour comprendre les pratiques sociales (§ 2.4.1). Ensuite, nous présentons le concept *d'identité biographique* et de *trajectoire* selon Dubar (1998) (§ 2.4.2). Nous poursuivons en présentant la dimension collective de la construction

de cette trajectoire par le sujet et sa relation avec la construction de *l'identité* comme construction sociale (Wenger, 1998) (§ 2.4.3). Nous continuons en discutant la relation entre construction d'expérience et d'identité comme une construction du sujet (Pastré, 2005, 2011) (§ 2.4.4). Pour finir, nous discutons le concept de double expérience du vécu proposé par Loisy (2018), associé à la méthode trajectoire (§ 2.4.5).

2.4.1 Un point de vue historique de la vie du sujet

L'histoire de vie est un point de départ pour réfléchir à la question de l'expérience et de trajectoire d'un sujet. Dans le domaine de la sociologie, Pineau et Le Grand (2013) relèvent l'intérêt de l'histoire de vie en plusieurs pratiques : pratique de la vie courante, de la vie culturelle, professionnelle et disciplinaire en recherche. Pour eux, comme « recherche et construction de sens à partir de faits temporels personnels, elle engage un processus d'expression de l'expérience » (Pineau & Le Grand, 2013, p. 3). Elle est considérée « à la fois comme un axe de réflexion épistémologique et méthodologique ainsi qu'un mouvement de pratiques sociales de recherche et formation » (Pineau & Le Grand, 2013, p. 104). L'histoire d'une vie est une unité pour comprendre, au moins partiellement, la société dans laquelle nous vivons.

Dans ce cadre, la pratique du récit de vie sera fortement utilisée et va s'intéresser « aux sens que les acteurs sociaux donnent à leurs actes, aux événements qui les concernent » (Pineau & Le Grand, 2013, p. 15). Ce récit se base sur le vécu subjectif du sujet pour explorer ses parcours individuels ou collectifs. Les recherches ici cherchent à comprendre les facteurs qui influencent ces parcours, à partir de narrations du sujet prenant en compte les relations interpersonnelles.

2.4.2 Relations entre identité et profession

Dubar (1998) focalise son étude sur les identités professionnelles en mettant en jeu deux types d'identité : d'abord, *l'identité biographique* ou *identité de soi* qui consiste en une « (re) construction subjective d'une définition de soi » (Dubar, 1998, p. 74) ; ensuite, une *identité structurelle* ou *identité pour autrui* qui désigne à la fois ce qui est utilisé pour identifier un individu socialement et le discours de l'individu qui se présente à l'autrui. Ces deux types d'identité visent à placer la création de l'identité comme un processus personnel et social. Dubar (1998) propose donc une discussion sur les trajectoires, en présentant deux types : *trajectoires objectives* « objectivement comme une "suite de positions" dans un ou plusieurs champs de la pratique sociale » et *trajectoires subjectives* « comme une "histoire personnelle" dont le récit actualise des visions du monde et de soi » (Dubar, 1998, p. 73).

Dubar (1988) précise la trajectoire objective dans une vision plus quantitative qui va s'intéresser, par exemple, à tracer des repères temporels liés aux fonctions professionnelles ou transitions (par exemple, fin des études ou encore rentrée dans le monde du travail) ou aux conditions économiques des individus (classes supérieures, moyennes, populaires, entre autres). Ce type de trajectoire peut être analysé à partir de la relation entre les positions successives occupées par l'individu, mais pas au sens subjectif qu'il donne à chaque position isolée. Tandis que la trajectoire subjective dans une vision qualitative met l'individu comme responsable du récit de son parcours. Dubar (1998) met en évidence la complexité de l'analyse des relations entre les deux types de trajectoires, mais aussi l'importance de comprendre comment les facteurs sociaux influencent les parcours individuels et réciproquement. Cette approche tente d'« établir les liens entre, d'une part, les choix posés par les adultes en matière de formation et, d'autre part, leur trajectoire socioprofessionnelle » (Bourgeois & Nizet, 2005, p. 126).

Bourgeois et Nizet (2005) montrent comment la trajectoire de vie peut affecter les apprentissages des adultes faces aux situations de formation. Un événement de la vie du sujet peut créer une résistance à certaines situations ou favoriser son apprentissage. Les facteurs qui affectent l'apprentissage « sont liés avant tout à son histoire personnelle [du sujet apprenant] à ses caractéristiques propres, à la fois comme personne et comme acteur social » (Bourgeois & Nizet, 2005, p. 126). Ces trajectoires jouent donc un rôle important dans les façons dont les individus font face aux moments de formations.

2.4.3 Trajectoire construite au travers de la participation à plusieurs communautés

Nous revenons sur les études de Wenger (1998) qui aborde aussi la question des identités et des trajectoires d'apprentissage. Selon lui, il y a un lien fort entre pratique et identité. Nous construisons qui nous sommes en participant à plusieurs communautés et en négociant le sens dans ces communautés. Ainsi, Wenger s'intéresse à l'identité construite dans la pratique.

Il met en évidence certaines caractéristiques de l'identité. Selon lui, elle se construit dans le *vécu* et « elle est fondamentalement une expérience de participation et réification » (Wenger, 2005, p. 181). Ainsi, cette expérience est *négociée*, « nous définissons qui nous sommes par la façon donc nous acquérons notre expérience par la participation et la réification » (Wenger, 2005, p. 167). De ce fait, il met en évidence que l'identité dans la pratique est *sociale*, puisque notre appartenance à une communauté forge notre identité. D'ailleurs, Wenger (1998) met en évidence le fait que nous participons à plusieurs communautés, ce qu'il définit par un *noyau de multiappartenance*. La multiappartenance nous met dans un processus permanent de

conciliation des frontières de la pratique : d'une part, nous n'agissons pas de la même façon dans des communautés différentes, mais d'autre part nous n'avons pas plusieurs identités. De plus, Wenger (2005) donne comme caractéristique le *chevauchement du local et du global*, puisque certains événements spécifiques sont réifiés comme partie de la pratique globale de la communauté. Enfin, Wenger (2005) présente l'identité dans la pratique comme un *processus d'apprentissage* : « elle est une trajectoire dans le temps qui incorpore à la fois le passé et le futur dans la signification d'apprentissage » (Wenger, 2005, p. 181).

L'aspect social de l'apprentissage des sujets en participant à plusieurs communautés est important pour notre analyse du travail documentaire des enseignants. Nous attirons aussi l'attention plus spécifiquement sur la notion de trajectoire présentée dans la dernière caractéristique de Wenger (2005). Celui-ci utilise la notion de trajectoire pour mettre en évidence l'aspect temporel de la constitution de l'identité. De plus, il dit « le terme trajectoire ne suggère pas un parcours prévu ou balisé, mais un mouvement incessant, qui a sa propre impulsion en plus d'un réseau d'influences. Il a une cohérence dans le temps qui unit le passé, le présent et le futur. » (Wenger, 2005, p. 172). Cette réflexion de Wenger (2005) nourrit nos réflexions pour l'analyse des trajectoires des enseignants : il s'intéresse aux trajectoires des membres dans une communauté pour arriver, ou pas, à une participation pleine dans la communauté. Dans notre cas, nous nous intéressons aux trajectoires des enseignants au long de leur carrière. Dans cette perspective, nous présentons dans la section suivante le cadre de la didactique professionnelle qui nous permettra l'analyse de l'apprentissage qu'un sujet réalise en faisant son travail.

2.4.4 Didactique professionnelle : activité et construction d'expérience

Dans cette section, nous présentons, d'abord, la place de l'action dans la construction de l'expérience. Ensuite, nous relevons les concepts, importés par Pastré (2005) de Ricœur (1990), *d'ipséité* et de *mêmeté*. Pour finir, nous abordons les concepts proposés par Pastré (2005) de *fidélité conservatrice*, *fidélité créatrice* et *invariants identitaires*.

Pour Pastré (2005), l'analyse de l'activité du sujet au travail est essentielle pour comprendre comment il se développe. Il propose une étude exploratoire pour réfléchir à la construction de l'expérience et au développement du sujet au travers de l'action, en partant du principe que « l'action laisse des traces chez celui qui l'a effectuée (2005, p. 240) ». Il souligne que l'analyse de l'expérience du sujet met en question deux aspects : d'abord, « de quoi elle est faite », autrement dit quels sont les événements vécus par le sujet, quelles sont les ressources auxquelles il a eu accès, les personnes qu'il a rencontrées, entre autres ; ensuite, « qui »

construit cette expérience, autrement dit comment il impute les événements vécus. Ces questions l'amènent à réfléchir au passé vécu par le sujet et à la façon avec laquelle il s'approprie son passé.

Pastré (2005) trouve chez Ricœur (1990) des appuis pour comprendre cette construction d'expérience par le sujet. D'abord, le couple *ipséité* et *mêmeté* : il y a une expérience qui relève de la *mêmeté* et qui procède par l'accumulation (des compétences, d'habilités, de savoirs). Et il y a une expérience qui relève de l'*ipséité* et qui consiste en "l'imputation faite par un sujet de ses actes et de leur sens, en ceci qu'il les reconnaît pour siens." (Pastré, 2005, p. 232). La *mêmeté* va représenter tout ce qui a été accumulé par le sujet au long de sa vie et *l'ipséité* ce qui a été approprié par le sujet, étant entendu que "l'expérience comporte toujours ces deux faces". Pastré (2005) ajoute :

> [I]l y a incontestablement une dimension *mêmeté* dans le développement : il se présente sous forme d'une trajectoire, où des étapes se succèdent, en laissant, plus ou moins, des traces dans l'identité du sujet. […] pour qu'il y ait développement, il faut qu'il y ait histoire, et cela nous fait entrer dans l'autre registre, celui *d'ipséité*. C'est parce que les sujets humains sont capables d'imputer des actions à eux-mêmes ou à d'autres, dans un processus réflexif, qu'ils ont une histoire" (p. 241)

Le sujet s'approprie des événements vécus dans cette trajectoire et construit son histoire. Cette histoire est marquée par des continuités et des ruptures (Pastré, 2005) qui sont imputées par le sujet dans construction du soi. Dans cette construction, le sujet vit deux mouvements :

- d'un côté il y a une *fidélité conservatrice*, dans laquelle le sujet impute les événements comme étant inscrits dans une continuité "la prédominance de la continuité sur les ruptures" (Pastré, 2005, p. 256) ;
- de l'autre côté il y a une *fidélité créatrice*, dans laquelle le sujet construit un lien entre les événements vécus de ruptures qui maintiens une cohérence dans la construction du soi "le sujet réussi à construire le sens qu'il entend donner à ces ruptures" » (Pastré, 2005, p. 256).

C'est dans ce jeu, que Pastré (2005) appelle *genèse identitaire*, que le sujet va construire son identité. Ce processus contient les moments où un sujet prend de la distance ou de la hauteur par rapport à son vécu. Cette composante réflexive amène le sujet à identifier des invariances dans son identité, et « on pourrait dire que l'essentiel de l'invariance qui soutient la construction identitaire se manifeste surtout par un retour sur moi et soi et sur son passé » (Pastré, 2011, p. 139). Il est important de relever que cette *invariance identitaire*, comme pour

les invariants opératoires, ne signifie pas que les identités sont « inertes et statiques, mais [qu'elles] possèdent leur propre dynamique » (Pastré, 2011, p. 140).

2.4.5 Une approche psychologique : expérience vécue d'une expérience vécue

La perspective développementale regarde le processus de développement comme un apprentissage continu, depuis la formation initiale jusqu'à la formation continue (Brodeur, Deaulin, & Bru, 2005). Le sujet se développe en faisant face à diverses situations. Dans cette perspective, la réflexion de l'enseignant sur son travail est très importante, dans la mesure où elle les amène à prendre conscience de leur pratique et des facteurs qui influencent leurs décisions.

Dans cette perspective, Loisy (2018) développe une méthode pour étudier le développement professionnel des enseignants, la *méthode trajectoire*. Cette méthode vise à comprendre la construction d'expérience du sujet en relation avec ses milieux sociaux (Loisy, 2018). Elle regarde le développement comme mouvement continu, qui se « déroule dans l'après-coup de la réorganisation intrapsychique, dans un rapport à soi-même qui reconsidère les rapports à l'activité et à l'autrui, passés et à venir » (Loisy, 2018, p. 22). La méthode trajectoire va justement chercher cet après-coup en favorisant la réflexion du sujet sur ses expériences vécues. C'est un travail de reconstruction de l'expérience vécue, autrement dit « *l'expérience vécue d'une expérience vécue* » (Loisy, 2018, p. 44).

La méthode trajectoire s'appuie sur les représentations des parcours professionnels (travaillées par Corten-Gualteri, Dony et Hoop, 2010) en mobilisant l'apport sémiotique de la représentation graphique d'une route. Cette route contient les moments de changements considérés importants par les enseignants, moments qui sont déclencheurs de développement professionnel. Dans une étude réalisée dans le cadre du projet ReVEA (§ 3.3.1), Loisy (2018) a présenté six exemples de moments de changement pour quatre enseignants : changement de cadre de travail, actualisation des connaissances, interactions sociales marquantes, déploiement des technologies numériques, prise de responsabilité, modifications des espaces d'apprentissages des élèves. Ces moments sont considérés comme des *unités* d'analyse de l'expérience vécue, car ils ont été présentés par les sujets eux-mêmes comme des moments de changements importants.

Cette méthode cherche à comprendre les motivations, doutes, besoins, des personnes impliquées dans ces moments, en allant au-delà des aspects disciplinaires ou liés à l'action des enseignants en classe. Elle cherche, à travers la réflexion des enseignants, à rendre conscient leur vécu, « conscientisation de la trajectoire parcourue et des buts que l'on voudrait

encore atteindre, mais aussi conscientisation des processus à l'œuvre dans ses propres apprentissages et développement » (Loisy, 2018, p. 46). Corten-Gualteri, Dony et Hoop (2010) avaient montré déjà la contribution de la réflexion des enseignants sur leurs parcours à leur développement professionnel. Loisy (2018) propose une réflexion plus poussée sur ce qu'elle appelle la méthode trajectoire qui est à l'origine de nos réflexions.

2.4.6 Synthèse

Nous venons de voir les cadres qui sont à la base de notre développement des notions d'expérience et de trajectoire documentaire. Pour chaque cadre présenté nous empruntons des éléments qui vont nourrir notre conceptualisation.

Notamment par rapport :

- à l'histoire de vie (§ 2.4.1), nous retenons l'importance de comprendre l'histoire du sujet pour comprendre et peut-être transformer notre société ;
- à l'enjeu entre identité et profession (§ 2.4.2), nous retenons l'importance de l'analyse des positions professionnelles occupées par les enseignants, leur vision de leur propre trajectoire et les ressources qu'ils utilisent ;
- au rôle des communautés de pratique (§ 2.4.3), nous considérons que le sujet construit son identité en constante interaction avec autrui. De plus, nous empruntons la notion de trajectoire comme un mouvement continu ;
-à la didactique professionnelle (§ 2.4.4), nous la prenons comme un cadre central pour conceptualiser ces notions. Le sujet qui construit son identité à travers l'appropriation de son vécu. Il faut souligner ici aussi que nous articulons les deux relations d'identité – celle de Wenger (1998) et celle de Pastré – puisque nous considérons que cette appropriation de son vécu par le sujet est en forte interaction avec les communautés auxquelles il participe ;
- à l'étude présentée par Loisy (2018) (§2.4.5), nous la retenons comme un levier pour créer notre méthode et pour réfléchir au rôle des ressources dans la trajectoire professionnelle des enseignants de mathématiques.

Tous ces cadres vont nourrir notre réflexion théorique pour développer deux concepts que nous présentons dans la section suivante.

2.5 L'introduction des concepts de trajectoire documentaire et d'expérience documentaire des enseignants des mathématiques

Nous avons présenté jusqu'ici les cadres théoriques qui sont à l'origine de notre proposition de concepts nouveaux. Dans cette section nous allons faire appel à ces cadres pour situer et définir ces deux concepts : d'abord, nous situons les origines de ces concepts (§ 2.5.1) ;

ensuite, nous mettons en évidence la dimension sociale et historique associée à cette conceptualisation (§ 2.5.2) ; et pour finir, nous présentons nos définitions (§ 2.5.3).

2.5.1 Les origines et raisons d'être des concepts de trajectoire et d'expérience documentaires

Dans cette section, nous présentons les réflexions initiales qui ont fondé cette conceptualisation. D'abord, nous présentons l'apport de Loisy, puis de Rabardel (2007) et Pastré (2005).

En 2015, au sein du projet ReVEA (§ 3.3.1), nous avons travaillé avec Catherine Loisy qui étudiait les trajectoires de développement professionnel des enseignants du projet (§ 2.5). Ces trajectoires ont été utilisées pour étudier les changements dans la vie professionnelle des acteurs. Dans le projet, Loisy (2018) centrait son regard sur la production des ressources, puisque c'était l'objectif du projet. Cependant, cet objectif n'est pas au centre de la *méthode trajectoire* (présentée dans la section précédente), qui s'intéresse à la dynamique des continuités et des changements au long d'une carrière.

Ces questions de trajectoire d'un sujet en relation avec son travail sur les ressources nous ont amenés à réfléchir sur le jeu entre trajectoire et travail documentaire. Comment le travail documentaire du sujet nourrit-il son expérience au long du temps et vice-versa ? Quel impact a le travail collectif des enseignants sur leur pratique ? Ces questions nous ont amenée à penser aux relations entre l'histoire de vie des enseignants et leur pratique avec les ressources. Cette réflexion s'est développée tout au long de la première année de cette thèse. Et nous avons trouvé dans les études de Rabardel (2007, p. 90) une réflexion qui soutenait ces questionnements :

> Les questions sur lesquelles nous devons réfléchir ne sont pas seulement celles relatives aux processus d'appropriation. Il nous faut aussi savoir poser celles de la création, de l'institutionnalisation, de la mise en patrimoine et de la mise en circulation. C'est un thème décisif : l'ensemble de ressources disponibles dans une communauté ou une collectivité varie en permanence. C'est l'objet d'une histoire et il me semble que l'on ne peut réellement explorer le développement du sujet et de ses compétences professionnelles indépendamment de cette histoire-là et de la contribution propre, en retour, de ce sujet à cette histoire.

Rabardel (2007) met en évidence comment les ressources dans l'histoire d'une communauté ou d'un collectif influencent le développement du sujet et comment le sujet les influence aussi : la variation des ressources dans l'histoire d'un sujet peut influencer son développement. C'est cette histoire des sujets interagissant avec les ressources tout au long de leur carrière, que nous nommons *trajectoire documentaire* (on proposera une définition plus précise à la fin de cette section).

La notion de *trajectoire documentaire* oriente le regard sur les événements qui ont eu des conséquences sur le travail documentaire des professeurs pour l'enseignement des mathématiques. La triade *événements*, *travail documentaire* et *enseignement de mathématiques* est la base des interrogations pour le développement de ce concept. Dans ce contexte, la trajectoire documentaire n'est pas équivalente aux trajectoires de développement professionnel et aux trajectoires socioculturelles (§ 2.4). Cependant, nous avons deux éléments en communs avec ces deux dernières perspectives : le premier est lié à la place donnée aux sujets qui s'approprient leur vécu et créent leur identité à partir de cette appropriation ; le deuxième, c'est l'impact d'autrui dans la trajectoire documentaire (nous revenons sur ce point dans la section suivante).

Une fois arrêté notre intérêt pour la conceptualisation de trajectoire documentaire des enseignants, l'appropriation des événements vécus par le sujet et la construction de son expérience se sont révélées importantes. Dans ce contexte, les études de Pastré (2005) ont soutenu notre réflexion sur la relation entre action et développement de l'expérience. Cela nous a amené à réfléchir à l'accumulation de l'expérience à travers et pour le travail documentaire par les enseignants, ce que nous appelons l'expérience documentaire. Cette expérience qui est aussi nourrie par l'interaction avec les autres acteurs de l'enseignement, ce qui nous fait considérer les impacts de la dimension collective sur le travail documentaire des enseignants au long du temps que nous traitons dans la section suivante.

2.5.2 Les dimensions historique et sociale de la trajectoire et de l'expérience documentaire

Dans cette section, nous mettons en relation la dimension collective du travail documentaire et les concepts développés dans cette thèse, en discutant les dimensions historiques et culturelles du travail documentaire.

Nous revenons sur le cadre de Fleck (1934) qui met en évidence la dimension collective dans la construction de connaissances. Le sujet est en constante interaction avec le monde extérieur et il est influencé par les styles de pensée de différents collectifs de pensée. Wenger (1998) met aussi en évidence le rôle des communautés de pratique dans la construction de l'identité du sujet. Basée sur ces deux cadres nous soulignons la dimension sociale de la trajectoire documentaire et l'importance de prendre en compte le rôle des collectifs dans l'analyse du travail documentaire au fils du temps. D'ailleurs, nous avons comme hypothèse qu'une trajectoire documentaire d'un enseignant de mathématiques rencontre nécessairement plusieurs collectifs. Cette hypothèse est étayée par le travail de Gueudet et Trouche (2008, p .7), nous reprenons ainsi la citation de la section 1.4 qui dit

> [C]e qui comprend l'activité du professeur, c'est un ensemble de contraintes et de ressorts institutionnels et sociaux : la société elle-même, plus particulièrement l'institution scolaire, mais aussi des *collectifs*, constitués naturellement par un professeur et ses élèves, ou par des professeurs entre eux, ou impliquant d'autres acteurs de l'éducation.

La participation à différents collectifs peut nourrir le travail documentaire des enseignants. L'expérience vécue par les enseignants dans ces collectifs peut transformer les ressources utilisées et leur façon de développer leur travail documentaire.

Deux autres aspects importants sont soulignés par Fleck (1934), les *dimensions historiques* et *culturelles* dans la construction de la connaissance. Selon lui, le sujet construit sa pensée dans un espace-temps et un milieu culturel déterminé. Ces deux aspects impactent fortement les notions d'expérience et de trajectoire documentaires. En effet, les trajectoires sont construites dans un temps donné qui va conditionner les choix faits par les enseignants, ou bien susciter certains événements. Citons l'exemple de l'intégration du numérique qui a eu un grand impact à la fin du XX siècle. Les changements de curriculum ont amené une grande partie des collèges à insérer des logiciels dans l'enseignement de mathématiques. Par conséquent, les enseignants ont eu besoin d'apprendre à utiliser cette ressource numérique dans leur enseignement. Dans ce sens aussi, nous devons intégrer tous les changements curriculaires qui ont lieu pendant la carrière d'un enseignant, entre autres.

Les trajectoires sont aussi liées au milieu culturel où est placé l'enseignant de mathématiques. Un enseignant en France a des conditions et des contraintes qui vont avoir un fort impact sur son travail documentaire. Prenons comme exemple le processus de *lesson study*, institutionnalisé au Japon (Miyakawa & Xu, à paraître), dans lequel les enseignants créent ensemble leurs plans de leçons et observent la mise en œuvre de ceux-ci dans les classes de leurs collègues, tandis qu'en France cet espace de création collective institutionnel de ressources est très limité. Alors, nous pouvons supposer que les trajectoires documentaires d'un enseignant japonais et français seront très liées aux contextes dans lesquels ils vivent. C'est dans ce sens que les niveaux de codétermination proposés par Chevallard (2002) doivent être pris en compte, puisque les contraintes des plusieurs niveaux vont influencer la trajectoire documentaire des enseignants de mathématique.

Tout ce que nous avons présenté jusqu'ici est sous-jacent aux concepts de trajectoire et d'expérience documentaires que nous définissons dans la section suivante.

2.5.3 Une définition des concepts de trajectoire et d'expérience documentaires

Nous introduisons dans cette section plusieurs concepts qui seront développés dans cette thèse. D'abord, nous présentons nos critères pour choisir le terme *trajectoire*. Ensuite, nous

présentons une définition du mot trajectoire depuis un dictionnaire qui nourrit notre réflexion. Puis nous présentons les apports de Pastré (2005, 2011) à notre conceptualisation. Ensuite, nous introduisons les notions *d'expérience documentaire*, *événement professionnel* et *trajectoire documentaire*. Pour finir, nous présentons des concepts qui contribuent à caractériser une trajectoire documentaire : *trait d'expérience documentaire, dominante documentaire, événements symboliques de transition*, *fréquence des événements par année* et *amplitude du changement sur le système de ressources*.

Nous avons choisi le mot *trajectoire* pour son sens de quelque chose construit en mouvement. Nous retenons comme spécificité du concept de trajectoire documentaire la triade *événements*, *travail documentaire* et *enseignement de mathématiques*. Par ailleurs, le terme trajectoire est utilisé avec plusieurs sens dans les différentes disciplines : physique, histoire, biologie, sociologie, entre autres (Fournier-Plamondon & Jules Racine-Saint-Jacques, 2014). Dans le dictionnaire Larousse [11] nous avons trouvé trois définitions :

- Ligne décrite dans l'air ou dans l'espace par un corps en mouvement et notamment par le centre de gravité d'un projectile ;
- Courbe décrite par un point en mouvement, par rapport à un repère donné ;
- Ensemble de la carrière d'une personnalité.

Par rapport aux deux premières définitions, nous gardons deux idées : l'idée de mouvement, puisque la trajectoire telle que nous l'adoptons désigne un mouvement d'aller et de changer quelque chose ; l'idée de point de départ et d'arrivée, car dans une trajectoire nous passons d'un pont A à un pont B. Nous choisissons donc le mot trajectoire, car il rassemble les idées de mouvement (de mouvement continu, tel que présente Wenger § 2.4.3), de décision et changement d'état. Par rapport à la troisième définition, notre vision de la trajectoire est plus ouverte, car elle peut représenter le temps d'une carrière en entier comme une période de cette carrière. De plus, nous optons pour ne pas utiliser le terme carrière, puisqu'il englobe tout l'ensemble de la vie professionnelle d'un sujet, tandis que nous sommes intéressée au développement professionnel en tant qu'enseignant de mathématiques.

Les études de Pastré (2005) nourrissent aussi le concept de trajectoire documentaire : (a) une trajectoire « raconte » une partie d'une histoire de vie, elle est marquée par des événements qui marquent des continuités et des ruptures du travail documentaire ; (b) elle relève aussi de la contingence, car nous ne pouvons pas anticiper les événements avant de les vivre ; (c) elle prend aussi en considération la construction de soi, car elle est liée à la dimension réflexive

[11]Dictionnaire Larousse en ligne, consulté le 4 octobre 2018 (https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/trajectoire/78991?q=trajectoire#78039)

de l'activité ; (d) c'est l'événement vécu par le sujet (*mêmeté*) et son appropriation de son vécu (*ipséité*) qui constituent la matière trajectoire documentaire des enseignants de mathématiques. Les apports théoriques présentés jusqu'ici fondent notre réflexion sur le développement professionnel des enseignants à travers les interactions, qu'elles soient individuelles ou collectives, avec des ressources. Pastré souligne que le développement est historique et que « d'une part, il dépend en grande partie des circonstances et des événements. […] D'autre part, tout n'est pas à mettre sur le dos des circonstances : les sujets ont une part éminente dans la manière dont ils réagissent aux événements. » (2011, p. 107). Nous nous intéressons à l'analyse de « comment » les enseignants construisent tout au long du temps leurs expériences en interagissant avec les ressources.

Nous définissons d'abord l'*expérience documentaire* (ED) comme l'accumulation et l'appropriation par l'enseignant de son passé de travail documentaire. Cette expérience est construite et transformée à travers des activités constructives et productives, puisque c'est à travers son activité que le sujet se construit. Pastré (2005) présente le retour sur soi-même pour transformer le vécu en expérience comme ce qui permet au sujet d'identifier ses invariances identitaires. En nous inspirant de ce cadre, nous proposons le concept de *trait d'expérience documentaire* qui est ce que l'enseignant reconnait comme guidant son travail documentaire dans une période donnée. Ces traits nourrissent et sont nourris par l'expérience documentaire des enseignants. Ils sont produits par une lecture à une hauteur de vue supérieure à celle du moment d'action, de la situation en particulier, mais qui montre une organisation invariante du sujet. Le trait d'expérience documentaire et les invariants opératoires sont très proches, puisque tous les deux expriment des connaissances professionnelles des enseignants. Ce qui nous amène à faire la différence entre ces deux concepts, c'est que, dans le cas du trait d'expérience, il est fruit d'un retour réflexif des enseignants de son travail documentaire en général et pas seulement pour une classe de situations. Le trait d'expérience documentaire est relatif à l'ascription de vécu par l'enseignant. Il se place dans le temps pour décrire les changements ou continuités dans le travail documentaire des enseignants, par exemple « au début de carrière, je faisais beaucoup d'exercices d'entraînement » ou « depuis 2006, j'utilise de moins en moins le manuel scolaire ».

Dans son histoire, l'enseignant vit différents événements qui fondent son expérience documentaire. Nous définissons un *événement professionnel* comme un marqueur dans un moment déterminé où il y a eu une transformation dans le travail documentaire des enseignants. Dans ce contexte, nous proposons deux types d'événements qui sont peuvent

se recouper : les *événements inférés* qui sont déterminés par le chercheur par l'analyse du travail documentaire des enseignants ; et les *événements réflexifs* qui sont identifiés par l'enseignant lui-même comme ayant donné lieu à une transformation importante dans son travail documentaire.

Au fil du temps, chaque sujet construit sa propre trajectoire, « on pourrait dire que ce que nous apprenons de la vie dépend d'abord de ce nous avons vécu. Et il y a autant de trajectoires que d'expériences vécues […] (Pastré, 2011, p. 107) ». Nous définissons la *trajectoire documentaire* (TD) d'un enseignant comme un parcours (qui exprime des continuités et des changements) liant les événements professionnels (individuels et/ou collectifs) vécus par l'enseignant et les transformations dans son travail documentaire au long du temps. L'identification des événements mobilise un mouvement de *fidélité conservatrice* basé sur ce qui est continu dans le développent du sujet, et un mouvement de *fidélité créatrice* basé sur les moments de ruptures, les deux mouvements faisant partie de la construction de l'expérience du sujet.

Une trajectoire documentaire contient un ensemble d'événements qui ont impacté le travail documentaire des enseignants. Cependant, tous les événements n'ont pas forcément le même impact sur ce travail documentaire. D'une part, certains événements peuvent affecter le travail documentaire des enseignants dans un mouvement de continuité (fidélité conservatrice). D'autre part, certains événements peuvent affecter ce travail dans un mouvement de ruptures (fidélité créatrice). Alors, pour mettre en évidence ces deux aspects nous introduisions deux notions duelles à savoir *événements symboliques de transition* et *dominante documentaire*. Un événement symbolique de transition est un événement qui constitue une rupture dans le travail documentaire avant et après son arrivée. Cette rupture est marquée par un changement de dominante documentaire.

Cette dominante documentaire est caractérisée par une famille d'activités prédominante dans une période donnée. Nous adoptons le concept de famille d'activités tel que défini par Rabardel et Bourmaud (2005) : une famille d'activités rassemble plusieurs classes de situations par exemple : chercher des ressources, accumuler des ressources, réviser/adapter des ressources, diffuser les ressources, entre autres. Ainsi, une *dominante du travail documentaire* désigne une orientation du travail documentaire vers une famille donnée d'activités dans une période donnée. Même si un enseignant ne fait face qu'à une seule famille d'activités à la fois, notre hypothèse (basée sur nos études de cas) que, en des périodes données de sa carrière, l'enseignant est orienté plus particulièrement vers une famille d'activités donnée. Par exemple, au début de carrière, il nous semble cohérent (et aussi présent dans nos données)

de penser qu'un professeur a son action orientée vers la création de nouvelles ressources pour son enseignement.

Par ailleurs, nous pouvons imaginer que, dans une trajectoire documentaire, la quantité d'événements peut nous aider à comprendre les changements de dominante documentaire. Nous pouvons avoir des années dans lesquels l'enseignant identifie une quantité élevée d'événements et d'autres dans lesquelles il n'en identifie pas. Alors, nous avons comme hypothèse que la quantité d'événements par année peut nous aider à identifier les moments de changements de dominante documentaire et les événements symboliques de transition correspondants. Nous définissons ainsi la *fréquence des événements par année* qui est mesurée par rapport à la distribution des événements réflexifs dans l'année. Les années qui ont plus d'événements sont considérées avec une *fréquence des événements par année forte*, ceux qui ont moins de *faible*. Il faut souligner que les événements qui sont repérés par les enseignants sont ceux dont ils pensent qu'ils peuvent avoir eu un impact important dans leur carrière, alors, si dans une année il en a cinq événements et une autre deux, cette différence peut montrer que dans la première année il s'est passé quelque chose à regarder plus de près.

De plus, nous pouvons imaginer aussi que certains événements provoquent des changements plus ou moins profonds dans le système de ressources des enseignants. Par exemple, un événement qui fait découvrir à l'enseignant une ressource pour un thème donné tandis que l'autre le fait changer complètement son cours pour un domaine donné. Ainsi, nous introduisons la composante *l'amplitude du changement dans le système de ressources* après un événement donné. Cette amplitude pourra prendre deux valeurs : nous parlerons *d'amplitude forte du changement dans le système de ressources* lorsque sont affectés, dans le système de ressources, un (ou plusieurs) secteurs, domaines, thèmes, ou des ressources transversales (évaluations, ressources numériques, etc.). Nous parlerons *d'amplitude faible du changement dans le système de ressources* lorsque ne seront affectés que des éléments isolés du système de ressources (une ressource, ou un sujet par exemple).

Dans la Figure 2.4 nous présentons une cartographie qui rassemblent les concepts introduits dans cette section.

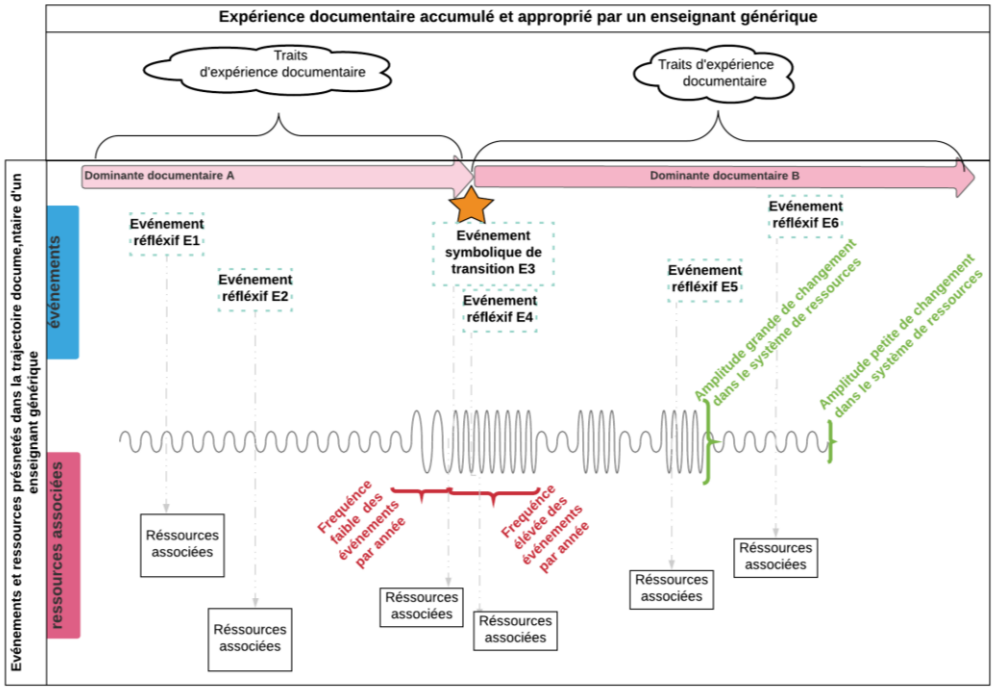

Figure 2.4 - Cartographie avec les concepts introduits dans cette section

Dans la Figure 2.4, nous exposons une vision globale d'une possible trajectoire documentaire. Dans cette trajectoire, nous avons présenté deux *dominantes documentaires* (symbolisées par les flèches) séparées par un *événement symbolique de transition* (symboliser par l'étoile) dans l'année 3. Pour symboliser l'idée de mouvement continu nous avons mobilisé une sinusoïde pour représenter l'amplitude – pour *l'amplitude du changement dans le système des ressources* - et la fréquence – pour la *fréquence des événements par année*. Il faut souligner que cette sinusoïde s'inspire du concept mathématique, mais ne peut pas être analysée comme une fonction mathématique, elle est utilisée ici juste pour rendre visuelle l'impact des certains événements. Nous avons représenté aussi les *traits d'expérience* (dans les ballons pour exprimer les pensées) qui sont les réflexions sur le travail documentaires liées à certains moments de sa trajectoire documentaire.

De façon générale, nous avons présenté dans cette section nos définitions de trajectoire et expérience documentaire. Nous avons présenté aussi un ensemble des concepts qui sont liés et qui sont mobilisés dans notre analyse.

2.5.4 Synthèse

Dans la section § 2.5.1, nous avons présenté les origines du développement des concepts de trajectoire et d'expérience documentaire. Ces deux concepts surgissent dans le contexte d'un projet qui étudiait en profondeur les ressources utilisées pour l'enseignement en France. Nos interactions avec plusieurs chercheurs et cadres théoriques nous ont amené à nous intéresser

aux interactions des professeurs sur le long du temps avec les ressources de leur enseignement, et les relations avec leurs développements professionnels.

Dans la section § 2.5.2, nous avons mis en évidence la dimension historique et sociale de la trajectoire et de l'expérience documentaire, puisque les événements et les ressources sont liées au moment où les enseignants exercent leurs métiers et sont en relation avec d'autres acteurs de l'enseignement.

Nous avons clos le chapitre (§ 2.5.3) en présentant notre définition de trajectoire documentaire et expérience documentaire, avec certaines composantes qui les sont associées : *trait d'expérience documentaire*, *dominante documentaire*, *fréquence des événements par année* et *amplitude du changement sur le système de ressources*. Dans la section suivante, nous présentons nos questions et hypothèses.

2.6 Conclusion et questions

Suite à tout ce qui précède notre recherche vise à contribuer à la compréhension des relations entre les interactions des enseignants des mathématiques avec les ressources et leur développement professionnel. Nos questionnements sont :

- Comment les événements de la trajectoire documentaire des enseignants de mathématiques nous permettent-ils de comprendre les transformations dans leurs systèmes des ressources ?
- Comment les interactions des enseignants avec les ressources nous permettent-elles d'analyser leur expérience documentaire ?
- Comment les collectifs des pensées impactent-ils l'expérience documentaire des enseignants des mathématiques ?

Chapitre 3. Méthodologie

Nous présentons dans ce chapitre nos choix méthodologiques. Nous présentons d'abord les principes qui fondent le suivi du travail documentaire des enseignants (§ 3.1). Nous présentons ensuite les outils méthodologiques mobilisés et développés pour la collecte des données (§ 3.2). Nous poursuivons en présentant notre terrain de recherche et les enseignants dont le travail documentaire a été analysé (§ 3.3). Enfin nous présentons notre méthode d'analyse des données (§ 3.4).

3.1 Principes méthodologiques

Nous présentons dans cette section nos fondements méthodologiques : d'abord nous faisons une brève présentation des relations entre les approches quantitatives et qualitatives mobilisées (§ 3.1.1); ensuite, nous relevons l'importance de la réflexion sur l'action des enseignants pour leur développement professionnel (§ 3.1.2) ; puis nous présentons la méthodologie d'investigation réflexive qui fonde l'élaboration de nos outils méthodologiques (§ 3.1.3); dans la suite, nous mettons en évidence les aspects méthodologiques de la verbalisation de l'action qui guident la préparation de nos entretiens (§ 3.1.4); pour finir, nous présentons nos principes pour l'analyse du travail collectif des enseignants (§ 3.1.5).

3.1.1 La réflexivité des enseignants sur leur activité : un moteur du développement professionnel

La réflexivité dans et sur l'action des professionnels a été travaillée par Schön (1987). Il souligne l'importance de la réflexion sur l'action pour affronter les situations imprévues d'une profession. Perrenoud (2001) — s'appuyant sur cette conceptualisation — met en évidence l'importance de stimuler la réflexion chez les enseignants :

> Compense la légèreté de la formation professionnelle ; favorise l'accumulation de savoirs d'expérience ; accrédite une évolution vers la professionnalisation ; prépare à assumer une responsabilité politique et éthique ; de faire face à la complexité croissante des tâches ; aide à vivre un métier impossible ; donne les moyens de travailler sur soi ; encourage à affronter l'irréductible altérité de l'apprenant ; ouvre à la coopération avec les collègues ; accroit les capacités d'innovation. (2001, p. 46)

Nous considérons aussi que cette réflexion peut favoriser la prise de conscience des enseignants sur leur travail documentaire. Or le travail documentaire évolue pour faire face à plusieurs problèmes : un nouveau contenu à enseigner, un élève en difficulté, etc.… Ce travail engendre des ressources, mais aussi de nouvelles pratiques et connaissances pour l'enseignant (activité productive et constructive, § 2.1.1).

Perrenoud (2001) évoque deux types de réflexion : une réflexion sur une action singulière (pour nous une situation particulière) et une autre sur une famille d'actions semblables (pour nous une classe de situations). Le premier type se rapporte à un moment précis, qui peut être localisé dans un espace temporel : réflexion avant, pendant et après l'action. Le deuxième type concerne une structure plus complexe où le sujet réfléchit sur l'organisation de ses actions pour une classe de situations. Perrenoud (ibid., p. 77) souligne l'importance de trois moments de réflexion à favoriser chez les enseignants :

- *Réflexion dans le feu de l'action* qui guide la prise de décision des enseignants dans le moment de l'action. Il est normal que, pendant son action, l'enseignant adapte sa pratique en prenant en compte les informations du milieu ;
- *Réflexion hors du feu de l'action* qui est « *rétrospective* » et « *prospective* » puisque la réflexion sur l'action déjà réalisée permet l'évaluation de la pratique et des adaptions pour les futures pratiques. Cette réflexion permet la « *capitalisation d'expérience* », par les enseignants, qui vont s'approprier l'expérience vécue pour nourrir ou transformer leurs schèmes ;
- *Réflexion sur le système d'action* qui désigne « chaque fois que le sujet s'éloigne d'une action singulière pour réfléchir sur les structures de son action et sur le système d'action ». Nous pouvons penser à l'enseignant qui ne réfléchit pas à la préparation d'une leçon particulière comme une leçon sur la notion d'aire, mais à sa préparation de leçon en entier comme la préparation de leçon sur les mesures.

Ces trois types de réflexions sont analysés dans notre travail, puisque la réflexion sur l'action est au cœur de notre cadre méthodologique. En effet, c'est à travers cette réflexion que nous pouvons mieux comprendre les problèmes rencontrés et les réponses données par les enseignants au cours du temps en adaptant ou renouvelant leurs ressources. Nous utilisons la réflexion sur l'action pour investiguer comment se construit l'expérience documentaire des enseignants et quels sont les événements qui marquent leur trajectoire documentaire. C'est dans ce sens que nous utilisons, et souhaitons contribuer, au développement de la méthodologie *d'investigation réflexive du travail documentaire des enseignants* (§ 3.1.3 ; Gueudet & Trouche, 2010b ; Trouche, Gueudet & Pepin, 2018).

3.1.2 Un regard quantitatif et qualitatif : panorama du travail documentaire des enseignants au collège

Notre recherche a un caractère mixte, puisque nous avons collecté des données pour une analyse qualitative et quantitative. Nous présentons dans cette section notre articulation de ces deux types d'analyse.

La partie quantitative correspond à l'exploitation d'un questionnaire pour identifier des éléments du travail documentaire d'un sujet supposé générique « le professeur de mathématiques en France ». Ce regard quantitatif cherche à comprendre ce qui est utilisé par les enseignants pour faire leur travail, les rôles de certaines ressources, l'impact de la réforme de 2016 et quelques aspects de leur travail collectif. Les inférences résultantes de notre analyse nous aideront à mieux comprendre le travail documentaire dans l'analyse qualitative. L'aller-retour entre « l'enseignant générique » et « l'enseignant particulier » vise à nous aider à ne pas faire de conclusions restreintes à un cas particulier.

Nous allons aussi traiter dans ce questionnaire des ressources qui représentent un nouveau mouvement dans l'enseignement de mathématiques en France depuis les années 2000, les ressources de Sésamath (Quentin & Bruillard, 2009). Le mouvement que nous présentons ici est celui de la création collective de ressources en ligne par les enseignants. L'association Sésamath a été créée en 2003 et est animée par des professeurs de mathématiques du second degré. Elle a comme objectif de fournir gratuitement aux enseignants des ressources dans un environnement de mutualisation (Quentin & Bruillard, 2009). Le collectif Sésamath produit des ressources pédagogiques, particulièrement des manuels scolaires et logiciels pour l'enseignement des mathématiques. Dans la Figure 3.1 nous présentons une image d'une partie de l'interface du site dans lequel le groupe met à disposition ses ressources.

Figure 3.1 – Une partie de l'interface d'accueil du site du collectif Sésamath (consulté à l'adresse : http://www.sesamath.net/ le 26 février 2019)

Cette interface a eu plus de 14 millions d'accès en 2014 et est très reconnue dans le contexte éducatif français (Sabra & Trouche, 2007). D'une part, le collectif crée un ensemble de ressources qui sont libres et gratuites pour l'enseignement des mathématiques (Rocha & Trouche, 2016). D'autre part, l'association peut contribuer au travail documentaire des enseignants de mathématiques, en particulier du point de vue collectif (Sabra & Trouche, 2007 ; Rocha, 2018a). Notre questionnaire vise à comprendre l'impact de ces ressources dans le travail documentaire des enseignants.

Notre travail mobilise une analyse quantitative pour compléter les données qualitatives, puisque cette dernière se base sur l'étude d'un petit nombre de cas d'étude. En particulier, le questionnaire nous aidera à situer les deux cas d'études ainsi comme donné une vision approximée des ressources utilisés pour une ensemble plus large des enseignants. La partie qualitative vise en effet une analyse approfondie du travail documentaire des enseignants à travers des études de cas. Nous allons suivre deux enseignantes de mathématiques du second degré pour analyser leur travail documentaire en relation avec leur trajectoire documentaire. Cette analyse, complémentaire de l'analyse quantitative, est le centre d'intérêt de notre travail. Dans les sections qui suivent nous présentons les choix méthodologiques qui fondent nos outils méthodologiques de collecte des données pour ces cas d'étude.

3.1.3 La méthodologie d'investigation réflexive du travail documentaire des enseignants

Notre intérêt pour l'analyse de la construction d'expérience et de trajectoire documentaire (§ 2.5) nous amène à réfléchir sur la manière de suivre des enseignants dans la durée. Gueudet

et Trouche (2010b) proposent dans cette perspective des principes méthodologiques et des outils qui permettent de mieux appréhender le travail documentaire des enseignants. Cette méthodologie a été développée conjointement avec le cadre théorique de l'ADD elle-même. Nous présentons dans cette section ses cinq principes méthodologiques (Trouche, Gueudet & Pepin, 2018) ainsi que nos propres propositions méthodologiques issues de ces principes.

Le premier principe est la *durée longue du suivi* qui favorise l'observation de plusieurs situations appartenant à une même classe et/ou la réalisation de différents entretiens — en intervalle de temps espacé — pour mieux comprendre l'action du sujet devant une classe de situations donnée. Cela ne veut pas dire que nous devons chercher l'exhaustivité des situations observées, puisque le schème n'est pas strictement lié à la répétition. Ce suivi long est plutôt lié à la nécessité de regarder plusieurs situations en essayant d'identifier les connaissances mobilisées ou transformées dans celles-ci. Il permet aussi un aller-retour du chercheur entre les analyses de données et la collecte des données. Par ailleurs, le suivi sur un intervalle de temps donné est très utile pour l'analyse de la trajectoire documentaire, puisqu'il nous permet d'observer de près une période de cette trajectoire. Il est aussi utile pour l'analyse de l'expérience documentaire, car il nous permet de voir des moments de construction de cette expérience.

Le principe de *suivi en tout lieu* permet d'accéder à plusieurs moments où le travail documentaire des enseignants prend place. Ce principe est lié à la nature du travail documentaire des enseignants. En effet, les enseignants ne préparent pas seulement leur travail dans leur établissement scolaire au moment dédié à la planification de leur cours. Ce travail est dynamique, il peut se préparer en discutant avec un collègue, ou en participant à une formation, ou à la maison, entre autres… Si c'est à son domicile qu'il a la plupart de ses ressources, c'est là qu'un entretien sur son travail documentaire sera le plus riche et fidèle à ce qu'il fait. Il existera toujours une partie inaccessible de ce travail documentaire, mais l'effort d'aller dans plusieurs espaces de ce travail aide à mieux le comprendre.

Le *recueil étendu des ressources* matérielles utilisées permet de garder les traces du matériel utilisé et conçu par les enseignants. Nous collectons les ressources qui ont inspiré les enseignants, ou qui ont été créées par eux. Ces ressources sont seulement une petite partie de l'iceberg qui constitue le système de ressources. L'analyse des origines des ressources ou de leurs transformations soutient l'analyse des schèmes mobilisés par l'enseignant. Une ressource peut être aussi une voie pour accéder à un événement de la trajectoire documentaire ou pour analyser l'expérience documentaire accumulée par l'enseignant.

Le *suivi réflexif* amène les enseignants à réfléchir sur leur travail documentaire. Nous avons déjà traité de la réflexivité dans la section précédente. Nous voulons juste souligner ici que réfléchir sur le travail documentaire a un caractère *rétrospectif et prospectif* tel que présenté par Perrenoud (2001), qui incite à ce type de réflexion. Comme Trouche, Gueudet et Pepin le soulignent :

> The active involvement of the teacher is a practical necessity, as she/he is the one having access to the teacher's documentation work (beyond the direct observation of the researcher). It also yields a reflective stance leading the teacher to an introspective attitude, sometimes making visible what could be hidden resources, or hidden links within his/her resource system. (2018, p. 8)

Ceci nous amène au dernier principe - aussi lié à la réflexivité des enseignants - de *confrontation permanente de l'enseignant à son travail et à la matérialité de ce travail*. Cette confrontation est fondamentale pour compléter l'analyse du chercheur. C'est seulement dans ce moment que se dévoilent certains aspects de sa pratique. Un outil très spécifique de l'investigation réflexive pour faire cette confrontation est la représentation schématique du système de ressources par l'enseignant (RSSR). Il est demandé aux enseignants de représenter des éléments de leur système de ressources. Cet outil permet de mettre les enseignants en position de réfléchir à leur travail documentaire. Nous avons adopté et adapté, dans une dynamique d'instrumentalisation (§ 2.2.1), cet outil dans notre travail avec les enseignants. Nous l'avons modifié de trois façons :

- Tout d'abord, au lieu de *représentation schématique*, nous préférons utiliser l'expression *cartographie*, parce qu'elle dénote le processus dynamique et actif de représentation de quelque chose, donnant des moyens pour explorer un territoire inconnu (Rocha, 2018a) ;
- Ensuite, nous distinguons deux types de cartographies. Le premier est la *cartographie réflexive* qui concerne la création de *cartographies* par les enseignants eux-mêmes. Le deuxième est la *cartographie inférée* faite par le chercheur pour représenter des éléments du travail documentaire des enseignants. Nous parlerons donc, de *cartographie réflexive du système de ressources* (CRSR) et de *cartographie inférée du système de ressources* (CISR) (Rocha, 2018a) ;
- Enfin, nous transposons cet outil, de l'analyse des systèmes de ressources à l'analyse des trajectoires documentaires des enseignants. Nous intégrons ainsi dans la méthodologie deux nouveaux outils : cartographie réflexive de la trajectoire documentaire (CRTD) et la cartographie inférée de la trajectoire documentaire (CITD).

D'une part, les principes d'investigation réflexive et ces outils soutiennent nos réflexions méthodologiques. D'autre part, nous cherchons à contribuer au développent de cette méthodologie pour répondre aux questions de recherche que nous formulons. Les données issues du suivi des enseignants sont de deux sortes, soit nous observons les enseignants en action, soit nous nous appuyons sur la verbalisation de leur action. Notre méthodologie trouve dans les études de Vermersch (1994) un apport pour adapter nos outils à ces deux sortes des données. Dans la section suivante, nous abordons cet enjeu.

3.1.4 L'action et la verbalisation de l'action : un enjeu pour comprendre l'expérience et la trajectoire documentaire

L'analyse du travail documentaire des enseignants nous amène à élaborer une méthodologie qui articule les données de situations où ils sont en action, et/ou des données de situations où ils réfléchissent sur cette action. L'action est relative aux situations, par exemple, dans lesquelles ils préparent une leçon, ou la mettent en œuvre, ou participent à une réunion avec leurs collègues, etc. La verbalisation de l'action amène les enseignants à expliciter ce qui s'est passé pendant leur action au cours d'une situation spécifique (Vermersch, 1994).

Selon Vermersch (1994), cette verbalisation de l'action est complexe. En effet, l'action possède une part qui n'est pas consciente, ce que Vergnaud (§ 2.1.2) dénote par connaissance en acte. Par conséquent, son analyse exige l'élaboration de techniques pour évoquer ces types de connaissances, puisque nous ne sommes pas habitués à décrire notre action. De plus, cette verbalisation exige un accès à la mémoire des faits a posteriori. Vermersch (1994) présente cela en disant que la difficulté de la verbalisation de l'action est concentrée en deux points : l'autonomie de la connaissance, car l'action peut être efficace sans être consciente ; et de la mémoire, puisque verbaliser l'action suppose un processus de rappel.

Dans ce contexte, Vermersch (ibid.) met en évidence l'importance d'articuler la verbalisation avec ce qui est observable dans l'action et avec les traces matérielles qui sont produites dans cette action. L'observable est très important pour l'analyse de l'action, car un observateur extérieur peut à travers cela construire ses premiers repères d'analyse de l'activité du sujet. Cette partie observable peut être enregistrée en audio ou en vidéo, en créant ainsi des traces de l'activité du sujet. Ces traces - qui dans l'investigation réflexive sont mentionnées comme « recueil attendu des ressources matérielles utilisées » (§ 3.1.2) - nous permettent d'accéder à une partie de l'activité des enseignants. Cependant, ces traces ne s'expliquent pas en elles-mêmes, elles vont être mieux comprises et analysées en corroborant avec la verbalisation de l'action par le sujet. Ce processus est en accord avec le principe de la *confrontation permanente*

de l'enseignant à son travail et à la matérialité de ce travail qui est très important dans nos choix méthodologiques (§ 3.1.2).

Un autre aspect que Vermersch (ibid., p. 57) met en avant est la mise du sujet en position de parole incarnée : « dans cette position de parole, au moment où il s'exprime, le sujet est en évocation de son vécu ». Ainsi, cette posture d'un sujet le transporte au moment du vécu en l'amenant à réfléchir sur l'action passée. Ce processus de réflexion qui active le vécu est nommé par Vermersch (ibid.) le *réfléchissement*. Le chercheur dans cette perspective est responsable de la mise en place des conditions pour que le sujet puisse assumer cette position de parole.

Par rapport à la mémoire de ce vécu, Vermersch parle de *mémoire concrète :*

> C'est le modèle de la prise de conscience […]. En effet, ce que le sujet met en mots à partir du réfléchissement du vécu n'a jamais existé auparavant sous cette forme. Le réfléchissement est la création d'une réalité psychologique qui n'existait pas formellement auparavant. La mémoire concrète est donc basée sur une création à accompagner. Mais création ne veut pas dire invention, ou affabulation. Cette création semble être une transformation d'un matériau vers un autre, du vécu vers le représenté. (ibid., p. 102)

Cette mémoire qui vient comme produit d'une réflexion du vécu est très importante dans l'analyse de l'expérience et de la trajectoire documentaires. Par ailleurs, Vermersch (ibid.) présente le rôle des entretiens pour dévoiler ce qui guide l'action du sujet. Les entretiens qui cherchent « l'écoute très ouverte et très proche de l'attitude non directive » (Vermersch, ibid., p. 54) tel que l'entretien semi-directif. La verbalisation de l'action fonde ainsi l'élaboration de nos outils méthodologiques. C'est aussi à travers la verbalisation de l'action que nous analysons l'influence du travail collectif sur la construction de l'expérience documentaire. Pour mettre le sujet en position de verbalisation son action, Vermersch (ibid.) propose l'*entretien d'explicitation* qui met le sujet dans la situation de rappel de son vécu : cette situation lui permet d'« accompagner la mise en mots d'un domaine particulier de l'expérience en relation avec des buts personnels et institutionnels divers » (p. 17). Nous mobilisons aussi des entretiens *l'autoconfrontation* (Theureau, 2010) pour mettre les enseignants dans une situation de verbaliser leurs vécus. Nous nous inspirons de cette méthode pour penser nos entretiens. Ces entretiens visent aussi à saisir les influences du travail collectif des enseignants sur leur travail documentaire individuel. Dans la section suivante, nous présentons les principes méthodologiques qui guident l'analyse de la dimension collective du travail documentaire des enseignants.

3.1.5 Les principes méthodologiques pour l'analyse de la dimension collective du travail documentaire des enseignants de mathématiques

Nous avons présenté dans le chapitre 2 les concepts de collectif de pensée, de style de pensée (§ 2.3.2) et d'objet frontière (§ 2.3.1). Nous retenons le concept de collectif de pensée de Fleck (§ 2.3.2). La question est alors d'identifier chaque collectif et son style de pensée respectif. Pour cela nous nous basons sur la réflexion d'un ou plusieurs membres du collectif qui présente(nt) leur vision du style de pensée du collectif et de la façon dont ce style de pensée contribue à leur travail.

Le style de pensée est quelque chose qui appartient à chaque membre du collectif, même si chacun porte sa propre vision de ce collectif et du travail qui y est fait. Autrement dit, chaque membre est un véhicule du style de pensée du collectif. Quand un sujet dit « *on* fait de telle façon » ou « *on* a décidé telle ou telle chose », il révèle cette appartenance. Cette position du sujet en tant que « *on* » exprime une partie du style de pensée du collectif.

Nous faisons deux choix méthodologiques.

Le premier choix est relatif à l'analyse des influences du travail collectif sur le travail documentaire individuel au fil du temps. Nous partons du discours des enseignants sur leur vécu dans les différents collectifs auxquels il a participé. Le réfléchissement du vécu dans ces collectifs est utilisé pour déchiffrer une partie du style de pensée du collectif de pensée. Ce choix est basé sur le fait que la plupart des collectifs que l'on analyse sont soit informels, soit avaient disparu.

Le deuxième choix est de mettre en place un dispositif qui a été conceptualisé par Wang (2018) comme le collectif associant deux (ou trois) *partenaire documentaire (documentation-working mates en anglais)*. Cela consiste à analyser des micro-collectifs formés par des enseignants développant un travail documentaire commun sur une base régulière pour comprendre le style de pensée d'un collectif plus large qui pourrait les englober. Ce dispositif est très utile pour analyser le travail collectif de documentation des enseignants, puisque lorsque les enseignants produisent des ressources ensemble, ils nous donnent accès à des interactions très riches. Ce dialogue nous donne alors plus d'informations sur leur travail documentaire.

Pour chacun de ces deux choix, nous analysons le style de pensée par rapport au travail documentaire à travers (§ 2.3.2) : les *méthodes* employées pour réaliser le travail documentaire ; les *ressources collectives* produites par le collectif de pensée ; les *jugements communs* explicités par un ou plusieurs membres sur le travail de production de ressources.

3.2 Les outils méthodologiques de recueil des données

Nous présentons dans cette section les outils méthodologiques mobilisés et développés pour l'analyse des données recueillies. Nous présentons d'abord les outils pour l'analyse longitudinale du travail documentaire des enseignants qui nous permettent ainsi d'analyser leurs trajectoires et expérience documentaire (§ 3.2.1). Ensuite, nous présentons les outils utilisés dans l'analyse du travail documentaire pour un contenu donné (§ 3.2.2).

3.2.1 Recueil de données pour l'analyse longitudinale du travail documentaire

Inspirés par la méthode de l'entretien d'explicitation (§ 3.1.4), nous avons créé un ensemble d'entretiens pour collecter les données par rapport à la trajectoire et l'expérience documentaire des enseignants. Nous avons comme point de départ pour l'analyse de la trajectoire et de l'expérience documentaires la réflexion de l'enseignant sur son propre travail documentaire. Nous avons dans notre suivi proposé trois types d'entretiens : *entretien de repérage* pour commencer à cartographier la trajectoire documentaire ; *entretiens d'exploration* dans lequel nous révisons la cartographie en nous focalisant sur certains points jugés importants ; et *entretiens d'approfondissemen*t dans lequel nous analysons de plus près les transformations du système de ressources.

Entretien de repérage : cartographier et repérer les événements et ressources associées

Le premier moment de notre méthode consiste à réaliser un entretien avec les enseignants pour repérer les événements professionnels qui selon eux ont transformé leur processus de création ou/et d'utilisation des ressources. Ce repérage est accompagné par la création d'une *cartographie réflexive de la trajectoire documentaire* des enseignants (CRTD, § 3.1.2).

Dans un premier moment de l'entretien, nous définissons un vocabulaire commun en nous focalisant sur ce qu'est une ressource, un événement professionnel et la relation entre événement et transformation dans le système de ressources des enseignants. Nous présentons dans le Tableau 3.1 un extrait de ce moment de l'entretien.

Tableau 3.1 - Extrait du premier entretien

D'abord des précisions sur le vocabulaire que nous allons utiliser : Nous prendrons pour *ressource* une définition large : tout ce qui vous sert pour préparer et réaliser votre enseignement. Les ressources peuvent être des *supports* (vidéoprojecteur, TBI, Pronote, Dropbox…), des *contenus* (manuels, logiciels, sites Internet, copies d'élèves, échanges mels avec vos collègues, films en relation avec les mathématiques, etc.) ou encore des *guides* (catalogues, index…) ; des ressources que vous exploitez, ou des ressources que vous produisez (progression sur l'année, plan de cours…).

Nous prendrons aussi pour *événement professionnel* une définition large : un fait marquant (pour vous), et qui a une influence sur votre activité professionnelle (l'arrivée d'une nouvelle personne dans votre collège ou la participation à un nouveau collectif ; une interaction inattendue avec un élève ou un collègue ; un changement de programme, de manuel scolaire de niveau d'enseignement, ou d'établissement scolaire ; un stage de formation ou la découverte d'une nouvelle ressource en relation avec votre enseignement — livre, film, site…)... etc.

Nous dirons qu'un événement professionnel a eu des conséquences sur les ressources de votre enseignement s'il vous a conduit à modifier votre ensemble de ressources ou les usages que vous en faites : ajout ou retrait de ressources, modification de l'organisation ou des usages de vos ressources.

Les enseignants sont invités à faire deux exercices : d'abord, ils cartographient leurs événements et ressources associées en repérant une dizaine d'événements qui ont eu des conséquences importantes sur leur travail documentaire ; ensuite ils développent une réflexion sur les transformations tout au long de leur carrière. Il est demandé aussi qu'à chaque événement les ressources associées soient explicitées ainsi que les conséquences sur leur travail. L'entretien d'explicitation permet au chercheur de poser des questions tout au long de son déroulement (Vermersch, 1994).

Cette cartographie réflexive (CRTD) est construite par les enseignants à travers la réflexion sur leur trajectoire documentaire. Il leur est demandé de représenter sur un axe temporel (qui sépare une feuille blanche en deux) sur lequel chaque événement repéré est représenté d'un côté de l'axe et les ressources associées de l'autre côté de l'axe. La date ou période de l'événement est une information importante même si elle est juste une approximation. La cartographie produite est transposée dans une version numérique par le chercheur, ce que nous appelons *transposition numérique de la cartographie réflexive de la trajectoire documentaire*. Cette transposition numérique conserve le contenu fourni par l'enseignant, mais avec une mise en forme faite par le chercheur qui contient des éléments d'analyse (§ 3.4.1). Cette cartographie est reprise dans d'autres entretiens pour explorer ces éléments, ce que nous présentons dans la section suivante.

Entretiens d'exploration de la trajectoire : réviser et focaliser

La CRTD faite par les enseignants nous fournit une synthèse des événements marquants dans leur travail documentaire. Toutefois, le moment de création est un moment de redécouverte pour l'enseignant impliquant nécessairement des oublis ou des lacunes. D'ailleurs, une cartographie complète n'existe pas, il est impossible d'épuiser les ressources utilisées. Cependant, nous cherchons à reprendre et réviser cette cartographie pour mieux comprendre les relations entre les événements et les ressources associées. Nous proposons

ainsi des entretiens pour explorer les éléments de cette trajectoire. Comme pour la carte d'un territoire, plus nous réduisons l'unité à cartographier, plus nous accédons à des détails. Nous proposons trois types d'exploration :

- Réviser la transposition numérique de la CRTD, en prenant en compte de nouveaux événements, de nouvelles ressources, entre autres. Cette révision permet aussi aux enseignants de valider ou modifier la transposition faite par le chercheur ;
- Focaliser sur un intervalle de temps réduit pour avoir plus d'éléments sur les transformations du système des ressources des enseignants ;
- Focaliser sur un événement ou une ressource pour mieux comprendre localement ce qui change dans la pratique de l'enseignant.

Bien évidemment, le point à explorer est choisi en fonction des objectifs de recherche et par rapport aux caractéristiques de la trajectoire documentaire des enseignants. Un aller-retour entre le local et le global permet d'identifier des éléments de schèmes qui guident l'utilisation des ressources et des traits d'expérience créée par les enseignants. Avoir une vision plus globale des entretiens et plus spécifique du système de ressources, c'est ce que nous présentons dans la section suivante.

Entretiens d'approfondissement : visite guidée des ressources utilisées et cartographie du système de ressources

La quatrième étape de notre méthode vise à investiguer plus profondément le système de ressources d'un enseignant. Pour cela, nous avons proposé deux types d'entretien : la visite guidée des ressources utilisées et la cartographie du système de ressources (inspiré des études de Gueudet & Trouche, 2010).

La visite guidée des ressources utilisées est le cœur d'un entretien dans lequel nous demandons aux enseignants de présenter leur ensemble de ressources. Elle se déroule dans l'endroit où les enseignants ont l'habitude de préparer leur leçon. Dans le Tableau 3.2, nous présentons un extrait qui est envoyé aux enseignants avant l'entretien.

Tableau 3.2 - Extrait de message de préparation avant l'entretien

Chère X, Je vous envoie ce message pour préparer l'entretien du XX/XX/XXXX. Dans cet entretien, je vous proposerai d'explorer les ressources que vous utilisez et que vous avez

créées pour votre travail : c'est ce que nous appelons une visite guidée des ressources d'un enseignant.

Pour cela, je voudrais vous demander que l'entretien soit réalisé dans le lieu que vous utilisez habituellement pour préparer vos cours. Je voudrais demander aussi que vous prépariez les ressources que vous utilisez pour faire votre cours : en somme, tout qui vous paraît pertinent pour l'organisation et la préparation de vos cours, ressources matérielles (manuel scolaire, livres, etc.) ou numériques que vous avez l'habitude d'utiliser.

Cet entretien est séparé en quatre thèmes : *ressources pour préparer sa leçon* dans laquelle notre objectif est d'identifier comment l'enseignant organise les ressources pour son enseignement et les ressources qu'il utilise pour le faire ; *le travail collectif et le système de ressources* dans laquelle nous investiguons les ressources issues du travail collectif ; *organisation du travail et ressources numériques* dans lequel notre objectif est de comprendre comment le numérique impacte le travail documentaire des enseignants ; le dernier thème consiste à identifier les *ressources considérées fondamentales* par les enseignants. Nous nommons *ressources fondamentales*.

L'autre entretien, utilisé pour mieux comprendre les transformations dans le travail documentaire des enseignants, vise la création d'une cartographie réflexive du système de ressources. Nous demandons aux enseignants de faire deux cartographies : la première avec les ressources utilisées au début de carrière (Tableau 3.3) et la deuxième avec les ressources utilisées dans les cinq dernières années de leur carrière.

Tableau 3.3 - Extrait de l'entretien pour cartographier le système de ressources.

Dans ce premier exercice, nous revenons au passé et nous voudrions vous demander de représenter dans ce papier les ressources que vous vous rappelez avoir utilisées dans les cinq premières années de votre carrière. Ressources pour votre propre formation, ressources pour préparer votre leçon, ressources pour utiliser avec les élèves, ressources pour organiser ou partager vos ressources, entre autres. Et, en même temps, vous pouvez dire comment ces ressources vous ont aidé pour votre enseignement ?

Questions complémentaires : quelle était la fonction de chaque ressource ? Avez — vous échangé de façon particulière avec un collègue ou avec un groupe de collègues ? avez-vous une ressource que vous pensez avoir été essentielle pour votre travail ?

Notre objectif est d'identifier les événements qui ont déclenché des changements entre les deux moments de la carrière des enseignants. Ces cartographies sont des fenêtres qui nous permettent d'observer une partie du système de ressources des enseignants.

Dans la section suivante, nous présentons nos considérations méthodologiques pour la collecte des données relative au travail documentaire pour l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation.

3.2.2 Recueil de données pour l'analyse du travail documentaire pour l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation

Pour notre analyse de la trajectoire et de l'expérience documentaire, nous travaillons avec des enseignants expérimentés (§ 3.3.2). Les enseignants ont déjà leur cours pour tous les sujets au programme. Bien évidemment, les cours ne sont pas figés et changent au long des années. Cependant, nous voulons voir les enseignants durant leur processus de création de nouvelles ressources pour explorer les implications de l'expérience accumulée.

Nous avons tiré profit de la réforme du collège de 2016 en France qui a entraîné une réorganisation profonde de l'enseignement (§ 1.3). Gueudet et al (§ 1.3) mettent en évidence au moins quatre points forts de ce changement à l'école et au collège. Tout d'abord, l'enseignement est pensé en cycle de trois ans et non plus annuellement, ce qui suppose un travail collectif entre les enseignants de divers niveaux, en particulier entre ceux de la dernière année de l'école primaire (CM2) et de la première année du collège (6ème). Ensuite, il est proposé un travail dans une perspective interdisciplinaire, ce qui suppose un travail collectif entre les enseignants des différentes disciplines. Et puis il y a une forte incitation à l'usage du numérique, ce qui suppose, pour les enseignants, de changer ou adapter leurs ressources et leurs pratiques en classe. Pour finir, plus particulièrement par rapport à l'enseignement des mathématiques, qui est notre centre d'intérêt, il y a l'intégration d'un nouveau sujet, l'algorithmique et la programmation, que la plupart des enseignants n'ont jamais enseigné au niveau collège, et souvent jamais appris au cours de leur formation, ce qui suppose le développement de nouvelles connaissances et de nouvelles ressources.

Nous allons donc analyser le travail documentaire des enseignants pour faire face à cette nouvelle demande dès la préparation à la mise en œuvre d'une séance. Nous avons pour cela cinq outils pour récolter les données que nous présentons maintenant.

Préparation d'une progression dans un travail collectif

Les niveaux (+1) et (+2) de l'activité de l'enseignant sont analysables dans la préparation d'une progression. Cette situation est cruciale pour analyser le travail documentaire. Cependant, préparer une leçon n'est pas une situation ponctuelle qui prend place dans un moment donné. Au contraire, elle est une situation complexe qui prend place en plusieurs moments auxquels nous ne pouvons pas toujours avoir accès. Nous demandons alors aux enseignants dans un entretien de préparer et/ou de décrire cette situation.

Nous avons choisi pour cette préparation un travail en binôme de deux partenaires documentaires (Wang, 2018). Nous avons comme hypothèse que la discussion avec un collègue exige une explicitation de chaque choix critique qui nous permet de comprendre, d'un côté, les décisions de l'enseignant, et de l'autre, comment ce travail collectif contribue à son travail documentaire individuel. Nous récoltons les traces des ressources utilisées et créées telles que proposées dans l'investigation réflexive.

Mise en œuvre d'une leçon

Les niveaux (0) et (-1) de l'activité sont analysés dans la mise en œuvre d'une leçon par les enseignants. La mise en œuvre est un moment de validation ou d'adaptation des ressources créées par les enseignants. Pepin, Gueudet et Trouche (2013) présentent le concept de *design-in-use* pour dénoter le processus dans lequel les enseignants adaptent ou changent leurs ressources en même temps qu'ils les utilisent.

L'observation de cette classe de situations s'intéresse à quatre points : les ressources utilisées, ce que fait l'enseignant, ce que font les élèves, et les concepts travaillés. Nous n'analysons pas les activités des élèves, mais nous signalons les rétroactions des élèves comme une réponse à l'action de l'enseignant.

Autoconfrontation

Tous les niveaux d'activités peuvent être analysables dans un moment de réflexivité de la pratique de l'enseignant comme *l'autoconfrontation* (§ 3.1.4), selon, bien sûr, les questions posées. Ce moment est important pour comprendre les décisions prises dans la mise en œuvre et les réglages faits dans le feu de l'action. D'un côté, ce moment nous permet de comprendre le mouvement entre les différents niveaux d'activités et les conséquences sur le travail documentaire. D'un autre côté, il permet aux enseignants de réfléchir hors du feu de l'action, ce que Perrenoud (§ 3.1.1) présente comme le caractère rétrospectif et prospectif de la réflexion. L'autoconfrontation cherche à explorer les quatre mêmes points présentés au moment de l'observation.

Bilan de la mise en œuvre d'une progression

Notre suivi long du travail des enseignants nous permet de faire un bilan de la mise en œuvre d'une progression scolaire annuelle. Cet entretien nous permet d'avoir une vue générale de toutes les séances réalisées par l'enseignant pour traiter l'algorithmique et la programmation. Cet entretien - comme celui de la préparation de la progression - est réalisé dans un moment

de travail collectif avec son partenaire documentaire. Nous proposons dans cet entretien de revenir sur sept points :

- *avant la préparation de la progression* : pour identifier quelles situations vécues ont contribué au travail documentaire des enseignants pour faire face aux changements scolaires. Nous cherchons en particulier à comprendre l'apport du travail collectif ;
- *début de la préparation de la progression* : nous nous focalisons sur les ressources mères utilisées dans la préparation qui ont été importantes pour l'enseignement de ce nouveau thème. Nous proposons la création d'une cartographie réflexive du système de ressources pour chaque enseignant et un échange sur les cartographies respectives créées ;
- *préparation de la progression* : nous cherchons à comprendre quelles ressources ont été créées par les enseignants ;
- *mise en œuvre de la progression* : nous interrogeons les enseignants par rapport aux activités qui ont été mises en œuvre et les difficultés rencontrées ;
- *révision des ressources pour l'année d'après* : nous demandons aux enseignants quels sont les changements qu'ils pensent faire pour la prochaine année scolaire ;
- *situations à partager* ; nous interrogeons les enseignants sur les situations qu'ils partageraient avec d'autres collègues ;
- *réflexion générale sur la mise en œuvre du programme* : nous demandons aux enseignants qu'ils fassent une rétrospective de la mise en œuvre de la réforme de 2016.

Cet entretien permet une réflexion des enseignants sur un ensemble de situations (Perrenoud, § 3.1.1). Ce type d'entretien nous permet aussi d'analyser tous les niveaux de l'activité de l'enseignant, par exemple, avoir des indices de la vision générale sur l'enseignement du thème (niveau +2), ou des changements provenant des interactions avec les élèves (niveau -1), entre autres. Le fait que cet entretien soit fait en paire nous donne aussi des éléments du style de pensée de ce collectif de pensée.

Boite réflexive

La boîte réflexive est un outil méthodologique qui est vertical dans tout le processus de suivi de l'introduction de l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation par les enseignants. Elle consiste en un dossier partagé en ligne dans lequel les enseignants mettent les ressources qui ont été utilisées ou créées. Il y a aussi dans ce dossier un fichier Word dans

lequel le chercheur peut poser des questions. Nous nous sommes mise d'accord avec les enseignants pour avoir des échanges dans ce fichier en posant de questions et en les informant par mel quand nous posons de nouvelles questions. Nous avons aussi demandé le partage de leurs cours et ressources pour certains thèmes.

Cette boite nous permet un suivi à distance du travail documentaire des enseignants et aussi est en accord avec le principe de recueil étendu des ressources utilisées par l'enseignant proposé dans l'investigation réflexive.

3.3 Le terrain de recherche

Dans cette partie nous présentons notre terrain de recherche. D'abord, nous exposons certaines spécificités de cette recherche (§ 3.3.1). Ensuite, nous décrivons les choix et les sujets analysés dans notre étude (§ 3.3.2).

3.3.1 Présentation de spécificités de cette recherche : un développement conceptuel et méthodologique dans plusieurs collectifs

Nous présentons dans cette section certains aspects spécifiques du développement de cette recherche, en situant notre recherche dans le cadre de trois projets associés. Comme nous avons présenté l'importance de la dimension collective dans la production des ressources par l'enseignant (§ 2.3), nous relevons aussi l'importance de la dimension collective dans l'étude que nous menons. Ainsi, nous présentons dans cette section trois projets qui ont nourri nos choix méthodologiques, plus particulièrement la constitution de notre terrain de recherche.

Le premier projet est celui qui est à l'origine de cette recherche à savoir le projet *Ressources Vivantes pour l'Enseignement et l'Apprentissage* (ReVEA[12], 2014-2018) qui a été financé par l'agence nationale de la recherche française (Trouche et *al*, 2018). Ce projet avait deux objectifs généraux : le premier de « *pallier le manque d'informations* » et d'« *expliquer les évolutions en cours* » à propos des ressources utilisées par les enseignants. Pour cela, le projet a analysé les usages des ressources liées aux disciplines contrastées suivantes : mathématiques, anglais, physique – chimie, et sciences et techniques industrielles. Les recherches menées par le projet s'inscrivaient dans cinq tâches : (T1) reconceptualiser la notion de ressource éducative ; (T2) photographies de la sélection et de l'utilisation de ressources et cartographie de l'offre ; (T3) analyse des systèmes de ressources et leurs évolutions dans la durée, pour des enseignants individuels et des collectifs des enseignants au sein d'établissements ; (T4) suivi des collectifs

[12] Site du projet ReVEA : https://www.anr-revea.fr/ (consulté le 28 févr. 2019).

de professeurs concepteurs de ressources et du cycle de vie des ressources ; et (T5) identification des facteurs qui influent sur la sélection et la transformation des ressources.

Notre recherche s'inscrivait dans le cadre des tâches T3 (Gueudet, 2016) et T4 (Trouche et *al.*, 2016), puisque nous sommes intéressée par un suivi à long terme pour essayer d'analyser les évolutions dans les systèmes de ressources (§ 2.2.3) et l'impact du travail collectif sur le travail documentaire (§ 2.3.3). Ainsi, nous avons créé une grande partie de nos outils méthodologiques en interaction avec les chercheurs participants au projet – le collectif ReVEA – notamment la grille d'entretien pour cartographier la trajectoire documentaire (Annexe 2.1). C'est aussi en liaison avec ce projet que nous avons créé et diffusé le questionnaire que nous mobilisons dans notre recherche (Chapitre 4). Le projet ReVEA a été pour nous un incubateur pour nos réflexions théoriques et méthodologiques.

Le deuxième projet qui soutient notre recherche est le projet AnA.doc qui est né comme sous-projet du projet ReVEA qui contenait comme programme scientifique « développer un 'site web dynamique' répondant à un besoin identifié de disposer d'un outil de partage de données de recherche soutenant la reproductibilité des analyses » (Alturkmani et al., à 2019, p. 1). Par conséquent, pour répondre à ce besoin nous avons contribué au développement de la plateforme AnA.doc qui vise à instrumenter les recherches qui analysent le travail documentaire des enseignants. La plateforme contient trois niveaux :

> Un niveau de situations décrites suivant un modèle donné, et accompagné des ressources en jeux ; un niveau de webdocuments qui proposent des analyses d'une (ou des) situation(s), en s'appuyant sur les données qu'elles intègrent ; un niveau de glossaire visant une compréhension partagée des termes utilisés, où les chercheurs présentent les notions en fonction des cadres théoriques utilisés. (Rocha, 2018b)

Notre travail dans le développement de cette plateforme a été de planifier sa structure et de la tester en renseignant des situations et webdocuments[13] (Rocha, 2018b). Nous avons saisi une situation nommée « *Une enseignante évoque son expérience professionnelle*[14] » et un webdocument intitulé « *Comment une métaressource agit-elle sur la trajectoire documentaire d'une enseignante ?*[15] ». Nous utilisons dans nos analyses aussi une situation produite par Chongyang Wang dans laquelle

[13]Nous ne mettons pas ces ressources dans les annexes, mais elles sont accessibles dans la plateforme AnA.doc : https://www.anr-revea.fr. Elles sont protégées par des mots de passe, ceux-ci peuvent être communiqués sur demande aux coordinateurs.

[14] Pour avoir accès à cette situation : https://www.anr-revea.fr/anadoc/?situation=situation-s2-entretien-avec-sophie-enseignante-de-mathematiques-en-college-au-sujet-de-sa-trajectoire-documentaire&post_type=situation

[15] Pour avoir accès au webdocument : https://www.anr-revea.fr/anadoc/?webdocument=webdocument-w1-s2-linfluence-dune-metaressource-specifique-mise-en-train-sur-la-trajectoire-documentaire-danna-enseignante-de-mathematiques-au-college

deux enseignants « (mathématiques, collège), préparent ensemble une nouvelle leçon[16]». Les enseignantes analysées font partie des sujets analysés dans le cadre de cette thèse (Anna et Cindy) que nous présentons dans la section suivante. Ces données et analyses sont aussi exploitées plus loin (Chapitre 5). Ainsi, le projet AnA.doc nous aide à stocker une partir de nos données et à avancer dans notre analyse.

Le dernier projet que nous exposons ici est le projet *Penser les ressources de l'enseignement des Mathématiques dans un Temps de Transitions* (PREMaTT[17], 2017-2019 ; Trouche, à paraître). L'un des intérêts principaux du projet était d'analyser le « développement professionnel des enseignants de mathématiques, appuyé par un processus de conception collaborative de ressources adaptées à une double transition (numérique et curriculaire) » (Site du projet). Par rapport à la transition numérique, elle se manifeste par la disponibilité d'un vaste répertoire de ressources numériques lies à l'éducation. Dans ce qui concerne la transition curriculaire, elle est liée aux évolutions internationales et nationales dans le curriculum scolaire dans les dernières années (Trouche, à paraître ; § 1.3). Notre travail dans le projet PREMaTT a été d'analyser la trajectoire documentaire de certains de ses membres, ce qui nous a permis d'améliorer nos outils de cartographie (Rocha, à paraître b). Ainsi, PREMaTT a été pour notre travail une source de réflexions méthodologiques et conceptuelles pour cartographier une trajectoire documentaire.

D'une façon générale, nous avons présenté les projets qui ont nourri nos réflexions méthodologiques et théoriques. Ils ont aussi influencé notre choix des enseignants, que nous présentons dans la section suivante.

3.3.2 Présentation des cas d'étude

Cette section est consacrée à la présentation de notre terrain de recherche. Nous exposons d'abord dans cette section les critères pour choisir les enseignantes analysées dans notre recherche. Ensuite, nous présentons les deux cas d'étude : le cas d'Anna et de Viviane.

Le choix de deux trajectoires documentaires contrastées

Notre analyse de la trajectoire et de l'expérience documentaires est basée sur un suivi long et réflexif du travail documentaire des enseignants (§ 2.5.3). Notre développement de ces deux concepts a influencé nos critères pour choisir les enseignants à suivre. Tout d'abord, notre

[16] Pour avoir accès à cette situations : https://www.anr-revea.fr/anadoc/?situation=s4-sophie-et-s4-claire-enseignantes-de-mathematiques-dans-le-meme-college-preparent-ensemble-une-nouvelle-lecon&post_type=situation/

[17] Site du projet : http://ife.ens-lyon.fr/ife/recherche/groupes-de-travail/prematt (consulté le 28 févr. 2019).

premier critère est de suivre des enseignants à mi-carrière, environ 15 années d'enseignement. Ce critère est très important pour la conceptualisation de la trajectoire et de l'expérience documentaire, puisqu'un enseignant avec une longue trajectoire nous permet de voir les transformations dans les ressources utilisées par les enseignants, par contre nous avons évité les enseignants en fin de carrière pour avoir des trajectoires en développement. Ce critère a été le départ pour choisir notre première enseignante Anna (pseudonyme) en mars 2015 (nous présentons cette enseignante dans la section suivante). Cette enseignante avait un détachement à mi-temps à l'IFE (c'est-à-dire qu'elle travaille à mi-temps au collège et mi-temps dans un institut dédié à la recherche et au développement de ressources pour les enseignants), elle a accepté d'être suivie pendant les quatre années de thèse.

La première année de suivi d'Anna a été utilisée à la fois pour initier notre collecte de données et pour concevoir et tester nos outils méthodologiques. Les premiers entretiens avec cette enseignante nous ont aidé à avoir une vision globale de sa trajectoire, et nous ont permis d'établir des critères pour choisir notre deuxième cas d'étude. Nous voulions deux enseignants avec des profils contrastés, puisque nous avions comme hypothèse que nous aurions ainsi deux trajectoires documentaires distinctes. Ainsi le choix de la deuxième enseignante, à savoir Viviane (pseudonyme), a respecté trois critères : de travailler dans un autre collège (pseudonyme collège CM) que celui d'Anna, pour avoir des contextes différents ; d'avoir le même manuel scolaire dans leur collège respectif pour analyser comment une ressource commune peut nourrir des travaux documentaires différents ; d'avoir des profils différents par rapport au travail collectif — une des enseignantes est très impliquée dans le travail collectif hors de son établissement et l'autre moins — pour que nous puissions évaluer l'impact du travail collectif sur les trajectoires documentaires. C'est à partir de ces critères que nous avons commencé à suivre Viviane en juin 2016.

Le suivi long que nous avons choisi rend difficile le suivi de plus de deux enseignantes. Les deux terrains de recherche sont très contrastés, par conséquent nous avons dû adapter nos outils et notre suivi à leurs caractéristiques propres.

Le cas d'Anna : une enseignante au collège, formatrice et impliquée dans la recherche

Anna est enseignante de mathématiques au collège depuis 1991, elle a été toujours enseignante en collège en changeant trois fois d'établissements. Depuis 2005, elle est dans le collège CA placé au centre-ville de Lyon qui fait partie du réseau LéA (Tableau 3.4) depuis 2010. Anna participe à plusieurs collectifs hors établissements (§ 5.3) ce qui rend ce sujet très singulier. En particulier, elle travaille dans trois collectifs : Sésames, IREM et APMEP

(Tableau 3.4). Nous présentons dans le Tableau 3.4 la description des cinq termes fondamentaux pour comprendre le travail d'Anna.

Tableau 3.4 – Description des collectifs et institutions dans lesquels Anna est impliquée

Terme ou expressions	*Brève description*
1. Collectif Sésames	Quatre points sur le collectif : - Sésames est l'acronyme de « *Situations d'Enseignement Scientifique : activités de modélisation, d'évaluation, de Simulation* » - Il est composé par des chercheurs, enseignants de mathématiques en collège et en lycée ; - Il est associé au laboratoire de recherche *Interactions, Corpus, Apprentissage, Représentations* (ICAR, http://icar.cnrs.fr/). - Son intérêt est de produire des ressources pour l'enseignement de l'algèbre au collège et au lycée, en travaillant les problèmes de recherche et en favorisant le calcul mental (Coppé, 2010).
2. Collectif IREM	Quatre points sur le collectif : - « IREM » est l'acronyme pour « *Institut de Recherche sur l'enseignement de mathématiques* » ; - Il est composé par des enseignants de mathématiques de tous les niveaux de l'enseignement. - Il est institutionnel, intégré dans les universités (depuis 1969) ; - Ses intérêts sont de réfléchir aux questions de l'enseignement des mathématiques en général, de lier la formation des enseignants aux recherches sur l'enseignement de mathématiques et de produire des ressources pour soutenir cet enseignement[18]. (Pour avoir plus d'information consulté Trouche, 2016)
3. Collectif APMEP	Quatre points sur le collectif : - APMEP est l'acronyme pour « *l'Association des professeurs de mathématiques de l'enseignement public* » ; - Il est composé par des enseignants de mathématiques de l'enseignement public. - C'est une association créée depuis 1910 ; - Ses intérêts sont de discuter les questions autour de l'enseignement de mathématiques et de défendre l'intérêt de ses membres[19].
4. IFÉ	Quatre points sur cet institut :

[18] Consulté à http://math.univ-lyon1.fr/irem/spip.php?rubrique2 le 27 févr. 2019.

[19] Consulté à https://www.apmep.fr/IMG/pdf/APMEP_-_Statuts_et_reglement_interieur_-_2014-07.pdf le 27 févr. 2019.

	- « *IFE* » est l'acronyme de *« Institut français de l'éducation »* ; - Les membres sont divers acteurs liés à l'éducation nationale ; - C'est une structure intégrée dans l'Ecole Normale Supérieure de Lyon, avec une mission nationale reconnue par le Ministère de l'Education Nationale. - Ses intérêts sont de développer, appuyer et diffuser des recherches liées à l'éducation[20].
5. Réseau Léa	- « LéA » est l'acronyme pour Lieux d'éducation associé à l'IFE ; - Les membres sont les divers acteurs de l'éducation nationale, enseignants, chercheurs et responsables institutionnels. Ce réseau est basé dans un travail collaboratif entre les enseignants, la direction de leurs collèges et des chercheurs. Les enseignants qui intègrent ce réseau doivent manifester l'intérêt par la recherche sur un point spécifique sur une durée d'au minimum trois ans, la direction de leurs collèges doivent soutenir leur travail et les chercheurs fournir un support pour la recherche sur le point choisi. - Ses programmes sont créés par l'IFE. - Ses intérêts sont de créer des ressources en construisant un réseau des lieux (collèges, lycées, laboratoires, etc..) pour réfléchir sur les enjeux de l'éducation[21]. Ces ressources sont créées dans une collaboration entre les acteurs du terrain et les chercheurs.

Nous avons suivi le travail d'Anna de mars 2015 à mars 2018. Nous avons fait des entretiens, des observations de la préparation des leçons et de sa classe. Nous présentons dans la Figure 3.2 les dates des moments de prise de données du travail documentaire d'Anna.

[20] Consulter à http://ife.ens-lyon.fr/ife/institut/missions le 27 févr. 2019.

[21] Consulter àhttp://ife.ens-lyon.fr/lea le 27 févr. 2019.

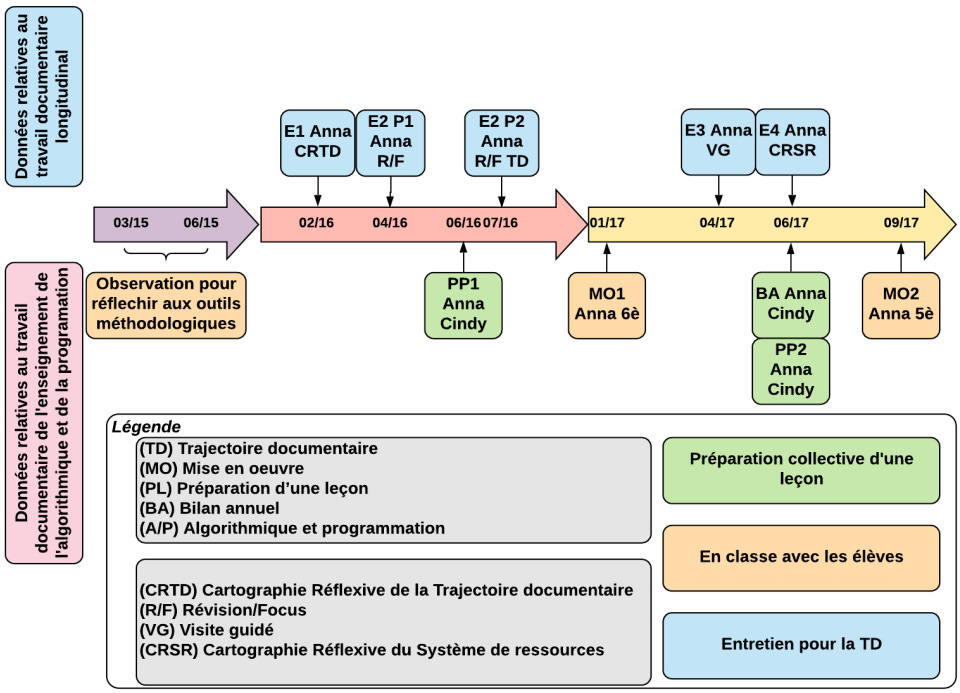

Figure 3.2 - Dates des prises de données du travail documentaire d'Anna

Notre suivi d'Anna a commencé par une étape d'immersion dans son contexte scolaire en suivant ses cours en sixième, ceci est lié au fait que la rédactrice de cette thèse arrivait du Brésil et voulait mieux connaitre l'enseignement en France. Ce moment a servi comme levier pour la réflexion de nos outils méthodologiques (travail fait en partenariat avec Chongyang Wang, voir l'introduction de la thèse).

Nous avons suivi aussi en particulier son travail documentaire avec sa collègue Cindy qui est enseignante au collège depuis 2000. Cindy et Anna travaillent de façon très intense et très proche pour préparer leurs cours, ainsi Cindy est considérée comme étant une *partenaire documentaire* d'Anna. Cindy travaille au collège CA et participe aussi au groupe Sésames depuis 2006. Elles travaillent ensemble dans l'établissement pour préparer les progressions, leçons, etc (§ 6.2). Elles travaillent ensemble aussi hors établissement dans le groupe Sésames et en donnant des formations aux autres enseignants. Elles ont l'habitude de préparer leurs ressources en prenant toutes leurs décisions ensemble après discussions.

Pour l'analyse du travail documentaire pour un contenu donné, nous (Chongyang Wang et Katiane Rocha) avons enregistré la préparation faite par Anna et Cindy[22] lors de deux situations : une avant la mise en œuvre de la réforme du collège et une un an après. Dans la

[22]Cette situation a été décrite dans la plateforme AnA.doc , pour avoir accès à cette situation : https://www.anr-revea.fr/anadoc/?situation=s4-sophie-et-s4-claire-enseignantes-de-mathematiques-dans-le-meme-college-preparent-ensemble-une-nouvelle-lecon&post_type=situation/ .

première situation, nous avons demandé aux enseignantes de travailler ensemble, comme elles ont l'habitude de le faire (2016-2017, *code : PP1_Anna_Cindy*). Dans la deuxième situation, nous leur avons demandé de réviser les ressources utilisées l'année précédente pour préparer l'année actuelle (2017-2018, *code : PP2_Anna_Cindy*). Nous ne sommes pas intervenue au moment de la préparation, puisque nous voulions capter le travail documentaire des enseignantes le plus naturellement possible. Entre ces deux entretiens, nous avons aussi fait un entretien pour faire le bilan de la première année de l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation au collège (*code : BA_Anna_Cindy*). Nous avons, à chaque fois, réalisé des enregistrements audio[23].

Par rapport à l'observation de la mise en œuvre, nous avons rencontré certaines « perturbations ». Pour observer la mise en œuvre du thème algorithmique et programmation, nous voulions observer la mise en œuvre dans le cycle 4 (correspondant aux années de 5ème, 4ème et 3ème), cependant l'enseignante n'avait que des classes de sixième. Alors, nous avons observé une première séance au sixième en 2016-2017 pour élaborer notre grille d'analyse de la séance (*code : MO1_Anna_6è*). Puis, en 2017-2018 nous avons observé une leçon de cinquième qui a été réalisée en deux séances. Nous avons fait un entretien avant la séance avec Anna pour connaître ses objectifs et une séance d'autoconfrontation après la séance (*code : MO2_Anna_5è*). Il est important de souligner que ces classes étaient faites en coanimation avec son collègue de technologie. Cependant, c'est elle qui avait choisi la situation et qui animait la plus grande partie de la séance. Les données recueilles comportent des enregistrements audios des enseignants et des copies des élèves (cette analyse sera traitée dans le Chapitre 6).

Pour l'analyse longitudinale du travail documentaire (§ 3.3.1) nous avons réalisé quatre entretiens : un entretien pour faire la cartographie réflexive de la trajectoire documentaire (*code : E1_Anna_CRTD*) ; un deuxième entretien d'exploration qui a été faite en deux parties (*code : E2_P1_Anna_R/F_TD et E2_P2_Anna_R/F_TD*[24]) ; des entretiens d'approfondissements, un pour faire la visite guidée des ressources utilisées et un autre pour cartographier le système de ressources de l'enseignant (*code : E3_Anna_VG et*

[23] Nous avons aussi capté la vidéo, mais nous n'analysons pas le vidéo dans la thèse, mais la transcription de son audio.

[24] Dans l'analyse nous évoquons les deux entretiens d'exploration de la trajectoire documentaire par E2_Anna_ETD.

E4_Anna_CRSR). Les données recueillies comportent des audios, des vidéos de capture d'écran et des vidéos[25] de l'entretien (cette analyse sera traitée dans le Chapitre 5).

Le cas de Viviane : une enseignante de collège

Viviane est enseignante depuis 1997, elle a travaillé la première année au lycée et après elle a travaillé dans deux collèges différents. Depuis 2006 elle est dans le collège CM qui est dans un village à environ 30 km de Lyon. Elle n'est pas impliquée dans un travail collectif hors établissement, excepté la participation à des stages de formation (deux par an en général). D'ailleurs, dans une de ces formations, Anna était formatrice.

Nous avons suivi Viviane de juin 2016 à mars 2018. Nos entretiens ont été réalisés après ceux d'Anna (voir Figure 3.3).

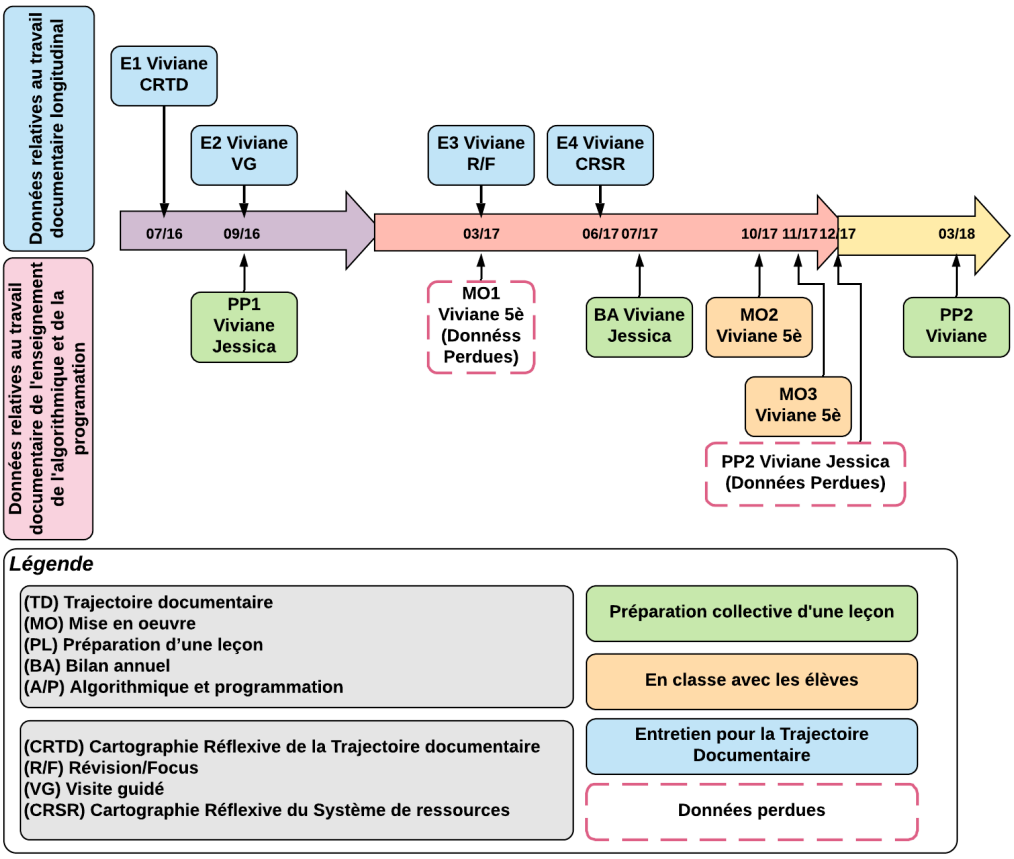

Figure 3.3 — Dates de recueil des données du suivi de Viviane

Nous avons suivi aussi le travail de Viviane avec sa partenaire documentaire Jessica, avec qui elle échange beaucoup de ressources et travaille de façon très proche. Jessica est à mi-temps dans son collège. Elles travaillent régulièrement ensemble quand elles ont une classe en

[25] Dans notre thèse nous n'analysons pas les vidéos, mais les transcriptions des audios.

commun. Elles ont l'habitude d'échanger leurs ressources en direct pendant les pauses et/ou par mel.

Pour recueillir les données par rapport à l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation (§ 3.3.2), nous avons demandé à Viviane de filmer la préparation de la progression avec sa collègue. Cependant, elle nous avait dit qu'elles échangeaient plutôt par mel et qu'elle n'avait pas gardé les traces d'échange. Par conséquent, nous avons adapté notre méthodologie en proposant de faire un entretien avec les deux enseignants afin de savoir, a posteriori, comment elles ont préparé la progression (*code : PP1_Viviane_Jessica)*.

Nous avons eu deux perturbations pour cette prise des données. Une perturbation par rapport aux dates de réalisation d'entretiens, puisque nous n'avons pas réussi à faire l'entretien sur la préparation de la progression avant le début de l'année scolaire. La deuxième est par rapport à l'enregistrement des données, car, à cause d'un problème technique, nous n'avons pas l'enregistrement du deuxième entretien de préparation de leçon faite avec les enseignantes (code : *PP2_Viviane_Jessica*). Pour récupérer une partie de ces données nous avons réussi à refaire une partie de l'entretien avec Viviane, cependant Jessica n'a pas pu participer (*code : PP2_Viviane*). Nous avons aussi fait l'entretien de bilan de la mise en œuvre du thème algorithmique et programmation (*code : BA_Viviane*).

Par rapport à la mise en œuvre d'une leçon (que nous analysons dans le Chapitre 8), nous avons suivi trois séances en classe. Cependant, nous avons eu un problème technique dans la première séance, qui nous a permis d'avoir seulement la description de la séance et nous n'avons pas pu faire l'autoconfrontation de ce qui est passé dans la séance (*code: MO1_Viviane*). Pour les deux autres séances nous avons fait un entretien avant pour identifier les objectifs principaux de l'enseignante ; un enregistrement audio de la séance ; un entretien d'autoconfrontation sur la mise en œuvre de la séance (*code : MO2_Viviane et MO3_Viviane*).

Nous avons appliqué la même méthode à Anna et Viviane pour analyser leur travail documentaire au fil du temps (voir l'analyse dans le Chapitre 7), en changeant seulement les points explorés et l'ordre des entretiens (§ 3.2.2). Dans le cas de Viviane, nous avons réalisé quatre entretiens : un entretien pour faire la cartographie réflexive de la trajectoire documentaire (*code : E1_Viviane_CRTD*) ; un premier entretien d'approfondissement pour faire la visite guidée des ressources utilisées (*code : E2_Viviane_VG)* ; un entretien pour explorer la TD (*code : E3_Viviane_R/F_TD*[26]) ; un deuxième entretien d'approfondissements

[26] Dans l'analyse nous utilisons le code E3_Viviane_ETD.

de la TD pour cartographier le système de ressources de l'enseignante (code : *E4_Viviane_CRSR*). Les données recueillies comportent des enregistrements audios, des vidéos de capture d'écran et des vidéos de l'entretien.

3.4 Les choix d'analyse des données

Notre analyse des données est séparée en deux dimensions : l'analyse longitudinale du travail documentaire des enseignants (dimension A) et l'analyse du travail documentaire pour l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation (dimension B). En raison des différentes natures de données, nous avons deux méthodes d'analyse. Pour la dimension A, nous proposons une analyse centrée surtout sur les entretiens et les ressources récoltés. Pour la dimension B, nous faisons une analyse temporelle – avant la mise en œuvre d'une leçon, pendant et après – en mobilisant des entretiens faits et l'analyse du travail documentaire des enseignants pour cette mise en œuvre. Nous présentons dans cette section, d'abord la méthodologie d'analyse pour la dimension A (§ 3.4.1) et ensuite pour la dimension B (§ 3.4.2).

3.4.1 Méthodologie d'analyse du travail documentaire au fil du temps

Nous présentons dans cette section la méthodologie d'analyse du travail documentaire au fil du temps. D'abord, nous présentons la méthode d'analyse du discours qui est utilisée dans l'analyse des entretiens. Ensuite, nous exposons la méthode d'analyse des cartographies produites par les enseignants. Par la suite, nous relevons la méthode d'analyse des connaissances professionnelles des enseignants. Pour finir, nous abordons la méthode d'analyse de l'impact des collectifs dans le travail documentaire des enseignants au long du temps.

Méthode d'analyse des données collectées

Notre analyse de l'expérience et de la trajectoire documentaire des enseignants nous amène à construire une méthodologie d'analyse avec l'objectif d'identifier les transformations dans le travail documentaire au travers de *l'analyse du discours des enseignants*. La collecte de données a été faite en réalisant plusieurs entretiens qui cherchent à comprendre les relations entre les « *transformations dans les ressources créées et utilisées* » par l'enseignant et les trois piliers « *événements, connaissances professionnelles et collectifs de pensée* ».

Les enseignants présentent parfois des éléments d'une même composante en plusieurs moments, ce qui nous amène à choisir *l'analyse thématique* au lieu de *l'analyse par l'entretien* (Blanchet & Gotman, 1992). L'analyse thématique « consiste à découper transversalement tout le corpus. L'unité de découpage est le thème qui représente un fragment du discours.

Chaque thème est défini par une grille d'analyse élaborée empiriquement. Le mode de découpage est stable d'un entretien à l'autre » (Blanchet & Gotman, 1992, p. 95). Il faut souligner que nous croisons l'analyse du discours et l'analyse de la cartographie réflexive de la trajectoire documentaire pour reconstituer le caractère temporel de la trajectoire.

L'analyse thématique nous permet de segmenter le discours en thèmes et sous-thèmes. D'un côté ce processus de segmentation nous aide à repérer les composantes importantes de la trajectoire et d'expérience documentaire, de l'autre côté ce processus nous fait perdre l'aspect continu de ces deux phénomènes. Ainsi, notre analyse propose de découper les données en unités, mais aussi de rétablir l'aspect continu par l'analyse des cartographies de la trajectoire documentaire.

Nous avons transcrit tous les entretiens faits avec les enseignants. La première étape de préparation des données a été de faire une relecture complète de la transcription en surlignant : en *jaune*, les ressources mentionnées par l'enseignant ; en *vert*, les éléments liés aux usages et/ou créations de ressources pour essayer d'identifier des éléments sur les usages qui peuvent nous aider dans l'identification des connaissances ; en *rouge* les collectifs ; en *rose*, les éléments liés aux caractéristiques qui peuvent nous aider à identifier des éléments du style de pensée du collectif ; en *bleu* des éléments relatifs à un événement ; et *passer en gras* les traits d'expérience (Tableau 3.5).

Tableau 3.5- Extrait d'un entretien avant de faire le découpage.

13.	K : Le Suivi scientifique de l'IREM (Annexe 1- Glossaire) c'était quoi ?
14.	Anna : Le Suivi scientifique c'était des manuels, donc de petits livres qui reprenaient certaines notions, qui expliquaient et qui donnaient des exemples de comment on pourrait les enseigner. Donc, c'était... Là tu avais le manuel avec le cours et les exercices qu'on utilisait dans la classe. Et puis, dans le Suivi scientifique c'était plus une réflexion sur certains chapitres, qui permet de réfléchir sur comment le mettre en œuvre, comment s'en servir, etc.
15.	K : D'accord.
16.	Anna : Donc, là ça fait deux. Le Suivi scientifique il y en avait plusieurs. (Problèmes techniques). Ensuite, qu'est-ce qu'il y avait comme ressources ? Les cinq premières années, j'étais en (...nom du collège). Il devait y avoir certainement toutes mes ressources de la fac, enfin, ce que j'avais de mon année de...Moi j'étais à la première de l'IUFM, en fait, c'était avant les IUFM (Annexe 1- Glossaire).
17.	K : Les IUFM c'était ?
18.	Anna : Les IUFM c'était avant l'ESPE, d'accord ?

19.	K : Ok.
20.	Anna : Et donc, moi j'étais au moment où ça a changé. Donc, j'étais dans une académie où il y avait des IUFM, avant que les IUFM existent.
21.	K : D'accord.
22.	Anna : Donc, on avait fabriqué ensemble. On faisait des cours, on faisait...On leur a expliqué comment gérer une classe et etc. Donc, je pense qu'il y a mes cours.
….	[…]
137.	K: D'accord, et pour ta formation quand tu avais besoin de te former, est-ce qu'il y avait d'autres ressources que vous utilisiez à l'époque ? Si tu avais un doute par rapport au contenu, ou par rapport la façon d'enseigner ? Est-ce que tu te souviens de quelques ressources ?
138.	Anna: Non, **je pense que si j'avais un doute je regardais les livres. Je n'avais tellement pas, tu vois là maintenant j'ai...C'est rempli, mais au début tu n'as tellement pas de choses dedans qu'en fin de compte tu t'accroches au livre au départ.**

Une fois que le texte était surligné, nous avons construit un fichier pour chaque entretien qui contient (Annexe 3 ; Annexe 6):

- Un index avec toutes les ressources, les collectifs et les événements identifiés dans la transcription ;
- Un tableau avec les ressources et les extraits du discours des enseignants par rapport à cette ressource ;
- Un tableau avec les collectifs et les extraits du discours des enseignants correspondant à celui-ci.

Ainsi, si nous avons besoin d'analyser la ressource « X » ou l'événement « E », nous pouvons les chercher d'abord dans l'index et ensuite, nous cherchions des extraits du discours de l'enseignant correspondant.

Nous avons aussi récolté plusieurs cartographies réflexives faites par l'enseignante. Nous présentons maintenant comment nous avons analysé les cartographies.

Analyse des cartographies réflexives et création des cartographies inférées

Notre analyse de la trajectoire documentaire a comme point de départ les cartographies réflexives faites par les enseignants, puisqu'elles donnent des éléments importants de leur travail documentaire (§ 3.1.2). Cependant, notre analyse nous amène à proposer d'autres

cartographies relatives à certains aspects structurants du travail documentaire des enseignants. Ainsi, nous présentons dans cette section nos choix pour analyser les cartographies des enseignants. D'abord nous présentons les cartographies relatives à la trajectoire documentaire ; ensuite, celles relatives au système de ressources.

Analyse de la cartographie réflexive de la trajectoire documentaire

Dans cette section, nous présentons notre méthode d'analyse des cartographies de la trajectoire documentaire (voir l'analyse dans les chapitres 5 et 7). Nous présentons d'abord notre méthode d'analyse de la *cartographie réflexive de la trajectoire documentaire* (CRTD) et ensuite nous explicitons notre usage de la *cartographie inférée de la trajectoire documentaire* (CITD) (§ 3.1.2).

Nous utilisons une cartographie réflexive d'Anna pour montrer nos choix d'analyse de données. La CRTD (Figure 3.4) a comme caractéristique la présence d'événements qui ont eu un impact considéré comme important par l'enseignant dans son travail documentaire. Elle met en relation les événements (à droite de l'axe du temps) et les ressources associées (à gauche de l'axe du temps).

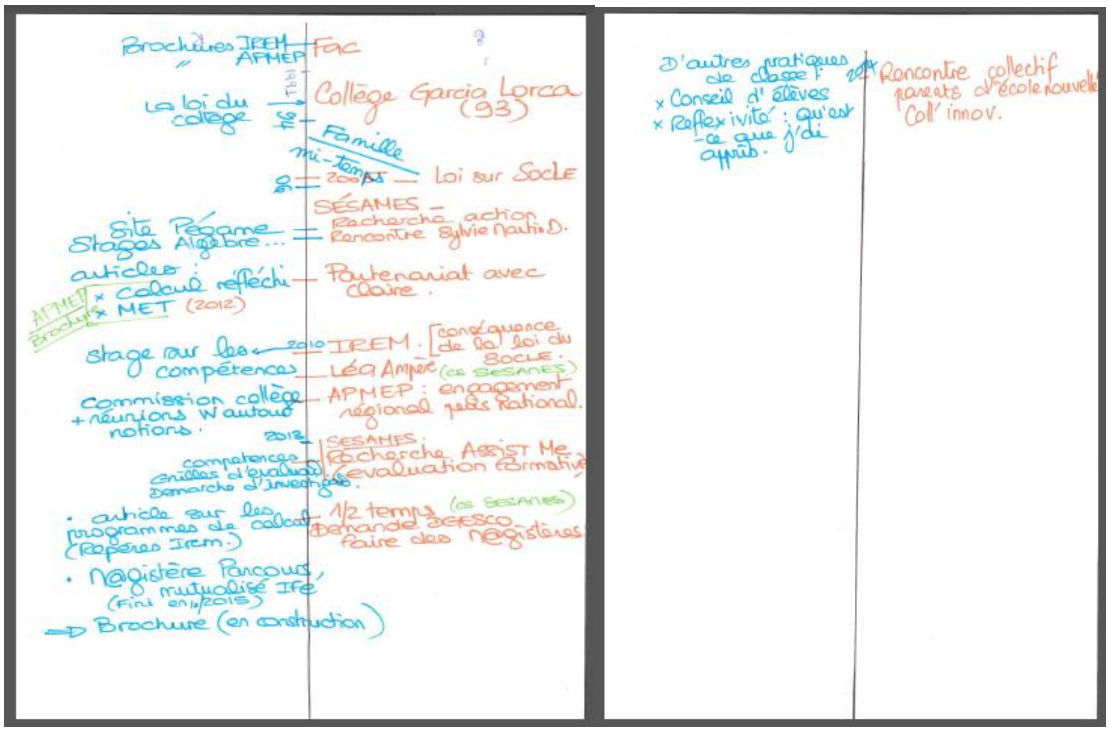

Figure 3.4 – Cartographie réflexive de la trajectoire documentaire faite par Anna le 24-02-2016

Au moment de cartographier la trajectoire, il n'est pas proposé aux enseignants de différencier dans la représentation ce qui est commun aux événements et aux ressources associées. Ainsi, comme nous pouvons observer dans la Figure 3.4 les éléments sont présentés comme dans une liste. Dans ce contexte, nous faisons des transpositions

numériques de la CRTD qui visent mettre en évidence les changements dans le travail documentaire des enseignants et de rendre plus visibles des éléments structurants de leurs trajectoires documentaires.

Parmi les éléments structurants de la trajectoire documentaire, nous distinguons : (i) les catégories d'événements ; (ii) les catégories de ressources ; (iii) les événements symboliques de transition et les dominantes documentaires associées ; (iv) la fréquence des événements par année ; (v) l'amplitude du changement dans les systèmes de ressources à la suite des événements. Nous revenons sur chacun de ces éléments dans les paragraphes suivants.

Par rapport aux événements (i), nous avons six catégories apriori qui sont liées à nos intérêts de recherche (même si nous laissons ces catégories ouvertes pour nous adapter aux spécificités de nos sujets de recherche) :

(1) événements liés aux interactions avec les élèves ;
(2) événements liés au travail collectif dans et hors établissement ;
(3) événements liés aux changements de statut de l'enseignant ;
(4) événements liés à la vie de l'établissement ;
(5) événements liés à la découverte d'une nouvelle ressource ;
(6) événements liés aux changements scolaires.

Ces catégories ont été créées en se basant sur notre collecte des données pour la thèse, mais aussi sur notre travail dans le projet PREMaTT dans lequel nous avons analysé la trajectoire d'un enseignant de l'école primaire.

Pour ce qui concerne les ressources présentes dans la cartographie, nous proposons six catégories (ii) :

(1) ressources liées au travail collectif ;
(2) ressources numériques ;
(3) ressources pour se former ;
(4) ressources pour travailler avec les élèves ;
(5) ressources curriculaires ;
(6) ressources issues des différents concepteurs dans l'enseignement de mathématiques.

Ces catégories sont inspirées de notre interaction avec le terrain de recherche, mais aussi de notre expérience dans le projet ReVEA (§ 3.3.1). Certains résultats en particulier soutiennent cette catégorisation comme : une diversité des travaux collectifs qui peut supporter leur travail documentaire (Trouche *et al*, 2015) ; le numérique qui a causé un fort impact sur les ressources utilisées par les enseignants (Gueudet, 2016) ; les ressources curriculaires comme

les manuels scolaires qui sont très utilisés par les enseignants de mathématiques (Gueudet, 2016) ; certaines brochures qui sont utilisées pour réfléchir à l'enseignement des mathématiques (comme les brochures IREM) (Gueudet, 2016) . D'ailleurs, certains résultats sont aussi issus d'analyse relative à l'enseignement de mathématiques du projet ReVEA (Trouche *et al*, 2018), qui a montré que les enseignants de mathématiques utilisent une grande variété des ressources. Ils les ont classifiés en quatre groupes : *type de support* (papier, numérique et matériel), *types de contenus* (scolaire, parascolaire, vulgarisation, histoire des mathématiques et culture mathématiques) *variété des concepteurs* (associations, groupes de recherches, etc.) et *le point de vue de l'accessibilité des ressources* (gratuits, payants, etc..). Ces groupes ont influencé notre réflexion sur les catégories. Cependant nous n'avons pas suivi le même modèle, parce que nous voulions des catégories qui suggéraient les usages associés aux ressources (analyse exposée dans les sections § 5.1.2 et § 7.1.2).

À propos de l'identification des événements symboliques de transition (iii), nous identifions d'abord dans l'ensemble de données[27] un événement E_n qui se démarque (analyse exposée dans les sections § 5.1.1 et § 7.1.1). Ce démarquage peut se faire de plusieurs façons, par exemple, le sujet accorde une importance majeure à cet événement en comparaison avec d'autres ; l'événement déclenche d'autres événements ; ou l'événement est associé à une grande quantité de ressources. Cet événement E_n est donc, considéré comme étant candidat au statut d'événement symbolique de transition. La validation sera faite si et seulement si est déduit un changement de dominante documentaire au passage de l'événement E_n. La dominante documentaire est inférée par l'analyse du discours des enseignants associés aux événements qui précèdent et succèdent E_n, on détermine ainsi la famille d'activité de la dominante. Les dominantes documentaires nous permettront de segmenter la trajectoire par périodes.

Pour l'identification de la fréquence des événements (iv), nous comptabilisons la quantité d'événements par an (analyse exposée dans les sections § 5.1.1 et § 7.1.1). Les années où le sujet identifie plus d'événements réflexifs sont considérées avec une fréquence élevée, ce qui reste est considéré comme une fréquence faible. Pour l'identification de l'amplitude (v) de l'impact d'un événement sur un système de ressources des enseignants, nous cherchons dans le discours des enseignants et dans les ressources associées aux événements si les

[27] Le discours des enseignants à propos d'événements, les cartographies réflexives qui sont produites par les enseignants, les ressources associées à l'événement.

changements ont été locaux ou s'il y a des traces d'une restructuration dans ce système pour un thème, un domaine et/ou une pratique transversale à son enseignement.

Ainsi, la transposition numérique de la CRTD contiendra les cinq éléments annoncés pour que la CRTD montre le mouvement de la trajectoire documentaire visuellement (analyse exposée dans les sections § 5.1.2 et § 7.1.2). Pour faire la transposition numérique de la CRTD, nous adaptons les textes fournis par les enseignants au moment d'énoncer les événements et ressources. Par exemple, Anna dans la Figure 3.4 a seulement écrit « Sésames » nous mettons dans la transposition numérique « début du travail collectif à Sésames ». Cependant, nous n'ajoutons pas les ressources rencontrées dans d'autres entretiens ni des événements qui nous semblent importants aussi. Ainsi, notre analyse d'ensemble des données peut nous amener à inférer des événements, des ressources, entre autres. Alors, quand nous créons de nouvelles cartographies sans nous baser sur une cartographie faite par l'enseignante, elle sera considérée comme une CITD.

Les cartographies pour représenter la trajectoire documentaire rendent plus visibles les aspects liés aux événements (analyse exposée dans les sections § 5.1.2 et § 7.1.2). Elles présentent de façon moins visible la structure du système des ressources. Alors, pour analyser la structure du système de ressources nous proposons des cartographies que nous présentons dans la section suivante.

Analyse de la cartographie réflexive du système de ressources

Notre analyse du travail documentaire cherche à comprendre les changements dans les systèmes de ressources des enseignants, puisque nous avons comme hypothèse que ces changements sont une voie pour analyser le développement professionnel des enseignants. Nous analysons les cartographies produites par eux et aussi nous proposons des cartographies inférées pour mettre en avant des aspects structurants de leurs systèmes (analyse exposée dans les sections § 5.3 et § 7.3).

L'analyse de la trajectoire documentaire cherche à comprendre la transformation dans les systèmes de ressources au long du temps. Les ressources utilisées par les enseignants changent tout le temps, des petites modifications et des grandes modifications sont faites toutes les années. Alors, la question qui se pose est de comment analyser le système des ressources dans une année ou une période ? Conscients de la complexité des systèmes de ressources, nous n'avons pas une réponse complète pour cette question, mais nous avons fait quelques choix d'analyse.

Notre premier choix est d'analyser des *cartographies réflexives du système de ressources* (CRSR) faites par les enseignants pour certaines périodes de sa trajectoire documentaire. La cartographie des enseignants est le point de départ pour l'analyse de leur système de ressources. Hammoud (2012, p. 129) – en se basant dans les études de Cossette (2003) – a construit une grille d'analyse pour analyser les RSSR (§ 3.1.2). Nous importons et adaptons certains éléments de cette grille qui sont adaptés à la nature de nos données :

- *Structure générale de la cartographie* : dans ce cas nous chercherons quelles sont les ressources présentes ;
- *Localisation ou position des termes dans la cartographie* : la présence ou l'absence d'une hiérarchie, la présence ou l'absence d'une relation entre la localisation des termes dans la feuille. ;
- *Les termes influencés et les termes influençant* : la présence des ressources (influençant) qui vont influencer la création d'autres ressources (influencés) ;
- *Regroupement des termes* : la présence d'une catégorisation des ressources présentées par les enseignants (similitudes et différences).

Ces éléments nous aident à prendre en compte des aspects visuels liés à la cartographie qui nous montrent des éléments de structure du système de ressources. Il est important de souligner que le même travail n'est pas fait au niveau de la cartographie réflexive de la trajectoire documentaire, parce que la représentation a été guidée par des instructions précises des chercheurs.

Notre deuxième choix est de construire des cartographies inférées pour mettre en lumière certains des éléments du système des ressources des enseignants (§ 3.1.2), cartographie inférée du système de ressources (CISR). Pour cela, nous allons catégoriser les ressources présentées par les enseignants. Nous utilisons les mêmes catégories utilisées dans l'analyse des ressources présentées dans la trajectoire documentaire (§ 3.4.1). Les CISR sont construites par le chercheur en prenant en compte l'ensemble des données récoltées. Nous avons comme hypothèse qu'une cartographie est un support pour l'analyse du travail documentaire et pour mettre en évidence des caractéristiques de celui-ci. Cette analyse cherche à capturer les transformations du système de ressources des enseignants au long du temps qui va soutenir aussi l'analyse des connaissances professionnelles que nous présentons dans la section suivante.

Analyse des connaissances professionnelles : traits d'expérience

Dans cette section nous montrons comment nous identifions un trait d'expérience documentaire (§ 2.5.3). D'abord nous relevons les relations et différences entre trait d'expérience et schèmes. Ensuite, nous présentons des exemples de repères qui nous aident à identifier un trait d'expérience. Par la suite, nous présentons un exemple de trait d'expérience modélisé par le chercheur. Nous concluons en présentant notre méthode d'analyse.

Dans le moment du retour réflexif des enseignants sur leur travail documentaire, ils font un aller-retour entre le *local* et *global*. Par exemple, les enseignants peuvent expliciter (une partie de) leur action pour une classe de situations comme « préparer une leçon pour introduire le concept de variable » ce qui nous donne des éléments pour inférer des composants des schèmes, alors, nous considérons un niveau *local*. Cependant, au moment où les enseignants réfléchissent sur le travail documentaire au long du temps, plusieurs classes de situations sont explicitées en même temps, puisque les enseignants essaient d'analyser leur travail documentaire comme une unité : « comment je prépare (ou préparais) mes ressources » et « ce qui est important (ou était) pour préparer mes ressources ». Nous considérons ainsi un point de vue dans un niveau *global*. Ainsi, l'analyse des schèmes et ses transformations pour une classe de situations devient complexe. Cependant, pendant cette réflexion, les enseignants fournissent des éléments de connaissances professionnelles qui guident leur travail documentaire à un moment donné. Ces réflexions des enseignants fournissent une vision méta sur leur travail documentaire à un moment donné que nous modélisons à travers les traits d'expérience documentaire.

Les traits d'expérience documentaire sont identifiés à travers le croisement entre l'analyse du discours et l'observation du travail réel des enseignants. Toutefois, le trait est vraiment lié à la réflexion des enseignants sur leur pratique. Pour son analyse nous faisons une lecture de toutes les transcriptions de discours des enseignants et nous repérons les moments où les enseignants font une analyse de leur travail documentaire. Certaines marques dans les discours sont des repères pour analyser un trait : « je me suis rendu compte que … », « je ne peux pas travailler autrement que… », « je me suis dit que… », « je pense qu'avant je faisais… » entre autres. Ils sont identifiés aussi à travers les questions dans lesquelles les enseignants sont amenés à réfléchir sur les évolutions de leur pratique au long du temps. Certains entretiens favorisent plus l'apparition des traits que d'autres. Par exemple, dans

notre étude, les entretiens pour créer des cartographies mettent les enseignants dans une position de recul sur leur pratique plus que ceux de la visite guidée.

Nous présentons dans le Tableau 3.6 un exemple de trait d'expérience : à gauche, notre formulation du trait d'expérience ; et à droite l'extrait du discours qui illustre le trait dans le discours de l'enseignant.

Tableau 3.6 – Um exemple d'analyse de trait d'expérience

Trait d'expérience	*Extrait du discours d'Anna*
À partir du moment où je suis rentrée à Sésames, j'ai commencé à m'intéresser davantage à l'enseignement de l'algèbre.	Je ne connaissais rien de l'Algèbre. C'est un truc, ce n'était pas ce que je préférais. J'ai aimé beaucoup la Géométrie et j'avais beaucoup réfléchi à mes séquences de Géométrie. J'aimais bien ça. L'Algèbre, bon, bas, voilà. C'est là où elle m'a dit — si c'est quelque chose que tu ne sais pas trop enseigner, viens, tu vas essayer de voir, de réfléchir, comment faire. (E1_Anna_CRTD, lg. 90)

Ce trait d'expérience est un exemple de recul réflexif par rapport au travail documentaire pour l'enseignement de l'algèbre. Nous avons identifié ce trait dans l'entretien pour cartographier la trajectoire documentaire d'Anna. Il est aussi présent quand on analyse le système de ressources d'Anna.

Pour notre analyse des traits d'expérience nous procédons par : (1) une lecture du discours des enseignants pour repérer des extraits qui expriment un recul réflexif sur le travail documentaire ; (2) un repérage dans le système de ressources des indices qui confirment l'existence de ce trait ; (3) une formulation par le chercheur du trait documentaire (analyse exposée dans les sections § 5.5 et § 7.5).

Dans la section suivante, nous présentons nos choix d'analyse de la dimension collective du travail documentaire des enseignants.

Analyse du travail collectif au long du temps

Notre analyse de la trajectoire documentaire cherche à identifier les influences du travail collectif sur le travail documentaire des enseignants (§ 2.3). Nous nous basons pour cela sur le concept de style de pensée et de collectif de pensée (Fleck, § 2.3.1). Comme vue dans le Chapitre 2, la définition de collectif de pensée est très ample. Cependant, il nous semble très audacieux de chercher à comprendre l'influence de toutes les formes de collectifs de pensée dans le travail documentaire des enseignants tout au long d'une carrière. Ainsi, nous avons établi des critères d'analyse. Nous attirons l'attention sur deux contraintes :

- *Manque d'informations sur les collectifs éphémères* : même si une interaction avec un collègue une seule fois pour échanger des copies a eu un impact dans le travail documentaire, ce type de collectif est trop éphémère pour être analysé et la contribution est très ponctuelle ;
- *Variété des collectifs* : l'identification des collectifs dans une trajectoire documentaire nous amène à identifier différents types de collectifs ; dans et hors des établissements ; informels ou formels (inscrit dans une institution donnée) ; règlementés (règles explicites dans une charte, mission, projet, etc.) ou pas ; momentanés (courtes durées : maximum deux ans) ou stable (longue durée) ; et existants et éteints. Cela nous semble ambitieux d'essayer d'identifier un style de pensée pour chaque collectif, vu que, pour cela, une vision de plusieurs membres ou une observation de leurs travaux serait nécessaire.

Ces deux contraintes nous amènent à deux choix importants. D'abord, nous cherchons des collectifs qui ont une durée moins éphémère et pour cela nous avons établi une durée au-delà d'un an, c'est-à-dire davantage qu'une année scolaire, la durée est importante pour pouvoir avoir accès à des informations du style de pensée associé.

La seconde est liée à l'identification d'un style de pensée à partir de la vision d'un seul membre. D'un côté, la variété des collectifs présents dans l'analyse de trajectoire documentaire peut être très riche pour analyser l'impact de la dimension collective sur le travail documentaire des enseignants. D'un autre côté, elle rend complexe l'analyse de la profondeur de chaque collectif. En effet, nous ne pouvons pas analyser tous les collectifs à l'intérieur ou accéder à plusieurs membres. Nous ne pouvons pas non plus nous en tenir aux textes officiels liés à un collectif pour déterminer son style de pensée, même s'il contient des principes qui vont être liés au style de pensée. De plus, notre intérêt pour l'analyse de la manière avec laquelle un collectif enrichit le travail documentaire d'un individu nous fait choisir d'analyser le style de pensée d'un collectif à travers le regard d'un individu de ce collectif. Notre objectif est de comprendre quelles sont les *ressources collectives* que cet individu identifie comme produit par ce collectif ; quelle est la *méthode de travail* décrite par cet individu comme étant l'apport de ce collectif ; quels sont les *jugements* que cet individu considère commun à ce collectif et qui influence son travail documentaire. Prenons un exemple de l'analyse dans le Tableau 3.7.

Tableau 3.7 - Un extrait pour illustrer l'analyse du style de pensée

[À Sésames] Donc toujours sur l'algèbre, on travaillait l'algèbre et on a inventé un petit peu, on a utilisé le rituel de début d'heure pour l'utiliser autrement et on a fait ce qu'on appelle les Mises En Train (Annexe 1- Glossaire). C'est-à-dire qu'on a utilisé de petites entrées différentes sur une même notion régulièrement espacée qu'on faisait vivre au fur et à mesure de l'année pour éviter d'avoir de très grands chapitres. (E2_Anna_ETD, Partie A, lg. c4)

Nous pouvons inférer de cet extrait des éléments de méthode de travail qui reviennent plusieurs fois dans le discours d'Anna : créer des situations ensemble et réfléchir à la dynamique du début d'heure en classe ; éviter les grands chapitres dans l'enseignement de l'algèbre ; importance de la mise en train.

Pour l'analyse des données nous procédons : d'abord par une identification des collectifs mentionnés par les enseignants ; ensuite, nous identifions les extraits dans lesquels les enseignants fournissent plus de détails sur les collectifs et les ressources associés ; puis nous inférons dans les discours des éléments de la *méthode de travail* et des *jugements* que les enseignants considèrent comme communs (voir analyse dans les sections § 5.4 et § 7.4). Dans le cas de la méthode de travail, cela prend en compte les caractéristiques de chaque collectif : associatif, rôle des membres, entre autres. Dans ce contexte, la caractérisation des collectifs auxquels les enseignants font partie proposée dans le projet ReVEA (Trouche *et al*, 2015) servira comme une orientation dans notre analyse. Cette caractérisation d'un collectif a proposé quatre éléments : « *leurs sources de financement et de leurs modes d'organisation, collectifs institutionnels ou associatifs* », « *statut de leurs membres* », « *l'étendue géographique de leur audience* » et « *type de support utilisé* ». Ces éléments nous permettent de comprendre la méthode de travail des collectifs présenté par les enseignants dans leur passé, mais aussi dans l'analyse du travail collectif pour un contenu donné, comme la préparation de l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation que nous traitons dans la section suivante.

3.4.2 Méthodologie d'analyse du travail documentaire pour l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation

Nous présentons dans cette section nos choix d'analyse du travail documentaire des enseignants pour mettre en œuvre l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation (dimension B). Nous présentons d'abord quelques considérations sur l'enseignement de ce thème. Ensuite, nous relevons nos choix d'analyse du travail collectif des enseignants pour préparer une progression. Pour finir, nous abordons nos choix méthodologiques pour analyser la mise en œuvre de la leçon par nos sujets de recherche.

L'enseignement de l'algorithmique et de la programmation

Nous présentons dans cette section quelques considérations sur l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation qui soutiennent notre analyse du travail documentaire des enseignants. Cette section complète et est complétée par la section § 1.3 dans laquelle nous avons présenté des recherches dans le domaine de la didactique des mathématiques où sont exploré les éléments plus globaux sur cette réforme (notamment les études de Modeste, Gravier & Ouvrier-Buffet (2010), Gueudet *et al* (2017) et Alves *et al.* (2013)).

Notre choix pour le domaine « algorithmique et programmation » est lié à sa nouveauté dans l'enseignement des mathématiques au collège (§ 1.3). En effet, même si les enseignants ont pu déjà traiter certains algorithmes ou faire des petits programmes, avec les élèves, depuis la réforme de 2016, ce travail est devenu obligatoire pour l'enseignement des mathématiques. La plupart des enseignants au collège n'ont pas de formation en informatique. Notre recherche a coïncidé avec cette période de changement, ce qui nous a permis de voir comment les enseignants orientent leur travail documentaire pour faire face à ce changement des programmes scolaires. Nous avons comme hypothèse que le suivi du travail documentaire devant un contenu jamais enseigné nous permet d'avoir plus d'informations sur le processus de développement professionnel des enseignants.

Nous sommes intéressée par le travail documentaire des enseignants : quelles ressources leur manquent, quelles ressources utilisent-ils et lesquelles conçoivent-ils. Parmi les ressources, nous cherchons à comprendre en particulier comment les programmes scolaires et les ressources d'accompagnement sont pris en compte par l'enseignant. Ces ressources peuvent influencer les choix didactiques des enseignants (Chevallard, 2002, Bessot, à paraitre).

L'enseignement de l'algorithmique et de la programmation est présenté comme le cinquième thème dans le programme scolaire (B.O spécial n°11 du 26 novembre 2015). Nous citons deux extraits importants précisant des contraintes institutionnelles qui peuvent influencer le travail documentaire des enseignants :

> Au cycle 4, les élèves s'initient à la programmation, en développant dans une démarche de projet quelques programmes simples, sans viser une connaissance experte et exhaustive d'un langage ou d'un logiciel particulier. En créant un programme, ils développent des méthodes de programmation, revisitent les notions de variables et de fonctions sous une forme différente, et s'entraînent au raisonnement. (B.O spécial n°11 du 26 novembre 2015)

> Le programme définit comme attendu de fin de cycle : « Écrire, mettre au point et exécuter un programme simple. » Il met l'accent sur l'analyse d'un problème en vue de concevoir un algorithme, mais aussi sur la phase de programmation effective, indissociable d'une étape de mise au point. (MEN, 2016a, p. 11)

Nous pouvons observer dans ces extraits que l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation insiste sur la création de programmes par les élèves et l'élaboration d'algorithmes. Ils montrent aussi certaines précautions à prendre et des objectifs pour cet enseignement. Ces types de consignes peuvent guider le travail documentaire des enseignants. Nous avons donc analysé brièvement trois ressources (B.O spécial n°11 du 26 novembre 2015 ; MEN, 2016a ; MEN, 2016b) proposées par l'éducation nationale pour identifier : les *compétences* à développer par les élèves, les *objectifs* attendus en fin du cycle 4, ce qui est *conseillé* dans la mise en œuvre de ce thème et quelles *précautions* sont mises en évidence. Par rapport aux compétences, nous avons trouvé dans le B.O mars 2016 une mention explicite concernant celles qui doivent être développées par les élèves (Figure 3.5) : (C.1) décomposition des problèmes en sous-problèmes ; (C.2) reconnaissance des schémas ; (C.3) généralisation et abstraction et (C.4) conception d'un algorithme.

Compétences développées

Cet enseignement a pour objectif de développer chez les élèves les compétences suivantes :

- **décomposition** : analyser un problème compliqué, le découper en sous-problèmes, en sous-tâches ;
- **reconnaissance de schémas** : reconnaître des schémas, des configurations, des invariants, des répétitions, mettre en évidence des interactions ;
- **généralisation et abstraction** : repérer les enchaînements logiques et les traduire en instructions conditionnelles, traduire les schémas récurrents en boucles, concevoir des méthodes liées à des objets qui traduisent le comportement attendu ;
- **conception d'algorithme** : écrire des solutions modulaires à un problème donné, réutiliser des algorithmes déjà programmés, programmer des instructions déclenchées par des événements, concevoir des algorithmes se déroulant en parallèle.

Figure 3.5 - Les compétences à travailler au cycle 4 (B.O mars 2016, p.2)

Ces compétences peuvent guider les choix des situations didactiques à travailler par les enseignants. Le deuxième aspect que nous avons trouvé aussi de façon très explicite est constitué par les objectifs attendus à la fin du cycle 4. Dans une ressource d'accompagnement (MEN 2016b, p. 11) sont cités quatre objectifs de ce que l'élève doit maitriser :

Obj.1. « Expliquer le déroulement et le résultat produit par un algorithme simple ».

Obj.2. « Écrire un algorithme ou un programme qui permet une interaction avec l'utilisateur ou entre les objets qu'il utilise, en réponse à un problème donné ».

Obj.3. « Mettre au point un programme pour corriger une erreur ou apporter une amélioration ».

Obj.4. « Implanter et tester un programme dans un système réel pour imposer un comportement ».

Ces objectifs sont liés au domaine du socle « les langages pour penser et communiquer » plus particulièrement dans la composante « comprendre, s'exprimer en utilisant les langages mathématiques, scientifiques et informatiques ».

Par rapport à la mise en œuvre de cet enseignement, nous avons repéré, dans le texte du MEN (2016a), certains passages qui donnaient des conseils et des précautions pour la mise en œuvre de cet enseignement. Cette ressource a pour objectif de donner des orientations pour le travail des enseignants. Dans notre analyse, nous avons repéré 14 conseils :

Cons.1. Il est conseillé de travailler dans une pédagogie de projet active et collaborative ; (p. 2)

Cons.2. Il est conseillé de travailler avec le langage *scratch*. (p. 2)

Cons.3. Il est suggéré un travail avec d'autres démarches d'investigation, d'autres modes de résolution de problèmes, de simulation ou de modélisation. » (p. 3)

Cons.4. Il est incité de travailler avec des situations sans utilisation d'un dispositif informatique (situation dites de débranchée) (p. 2)

Cons.5. Il est suggéré une démarche de création autonome par les élèves. (p. 2)

Cons.6. Il est conseillé un travail interdisciplinaire. (p. 3)

Cons.7. « Il convient de réserver l'essentiel du temps à une activité autonome des élèves. » (p. 4)

Cons.8. Il faut stimuler la créativité et l'imagination des élèves. (p 4)

Cons.9. « La différenciation pédagogique permet de réaliser cet objectif[28] et ne saurait se réduire à de la remédiation pour les élèves qui ont plus de besoins. » (p. 4)

Cons.10. « L'apprentissage de l'algorithmique et de la programmation bénéficie d'une boucle essai-erreur » (p. 5)

Cons.11. « Le professeur, […] accepte pour ses élèves la nécessité de phases de tâtonnement et d'essais-erreurs, durant lesquelles il intervient le moins possible. » (p. 5)

Cons.12. Il est conseillé que les élèves comparent et apurent leurs solutions dans une phase de « mise au point » du programme. (p.5)

Cons.13. « Il convient donc de s'accorder sur un vocabulaire précis ». (p. 6)

Cons.14. « Il est important d'expliquer correctement la notion de variable » (p. 6)

Ces consignes sont présentées tout au long du texte du MEN (2016a) et donnent des indices de ce qui doit être travaillé dans l'enseignement de l'algorithme et de la programmation. Elles sont aussi mentionnées dans les situations didactiques. Ils constituent pour nous des possibles guides du travail documentaire des enseignants.

Par ailleurs, dans ce texte (MEN, 2016a), nous avons aussi identifié plusieurs passages qui appellent l'attention des enseignants sur les précautions à prendre dans la préparation et la mise en œuvre des leçons. Nous en avons repéré neuf :

Préc.1. Il faut éviter un travail exhaustif d'un langage de programmation (p.2)

Préc.2. « La maîtrise des langages informatique n'est pas la finalité de l'enseignement » (p.3)

Préc.6. « Il est recommandé de résister à l'envie de taper sur le clavier ou de manipuler la souris à la place de l'élève, et de se contenter de répondre oralement aux questions de l'élève, de lui rappeler éventuellement tel ou tel script déjà écrit qui pourrait l'inspirer ou encore de lui suggérer de nouvelles pistes pour résoudre la difficulté

[28] C'est-à-dire « objectif d'opérationnaliser l'acquisition par chacun des élèves des attendus du socle commun de connaissances, de compétences et de culture » (MEN 2016a p. 4)

Préc.3. Il n'est pas question de formaliser d'aucune manière la distinction algorithme/programme. (p.3)
Préc.4. Il ne faut pas négliger la phase de mise au point d'un programme. (p.3)
Préc.5. « Une séance d'apprentissage de l'algorithmique et de la programmation ne saurait se dérouler sous forme d'un cours descendant, magistral, où les élèves resteraient passifs ». (p.3)
qu'il rencontre, mais sans intervenir directement sur la machine de l'élève. » (p.5)
Préc.7. « Il n'est pas souhaitable de systématiquement proposer aux élèves un programme incomplet qu'ils seraient chargés de compléter, d'améliorer ou de corriger ». (p.5)
Préc.8. Il ne faut pas essayer de découvrir toutes les commandes disponibles sur *scratch*. ». (p.11)
Préc.9. Il faut éviter que les élèves passent beaucoup de temps à jouer avec les détails liés à l'interface graphique. (p.14)

Ces précautions sont aussi présentées de façon à guider la mise en œuvre de ce thème par l'enseignant, elles ont ainsi un fort potentiel pour guider le travail documentaire de l'enseignant.

De façon générale, tous les *compétences*, *objectifs*, *conseils* et *précautions* présentés dans cette section nous serviront de support pour l'analyse du travail documentaire des enseignants pour la préparation et la mise en œuvre de l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation (voir les analyses dans les chapitres § 6 et § 8).

L'analyse de la préparation collective de la progression : partenariat documentaire entre deux enseignants

Dans cette section nous présentons la méthode employée pour analyser le style de pensée du collectif préparant la progression pour l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation. Nous présentons dans l'ordre la méthode d'analyse de : leur méthode de création de ressources ; leurs jugements communs et leurs ressources créées (données exposées dans les annexes 4 et 7).

Notre analyse de la méthode de création de ressources consiste, dans un premier moment, à transcrire l'audio de la préparation de la leçon (Etape 1) ; ensuite, nous organisons la transcription dans un tableau en numérotant les lignes (Etape 2) ; par la suite, nous analysons la transcription en identifiant les actions, discussions et décisions prises par les enseignants pour décrire la préparation de la progression (Etape 3). Nous prenons un exemple du travail d'Anna et Cindy, dans le Tableau 3.8 nous présentons l'intervalle de transcription de la ligne 137 à 143.

Tableau 3.8 - extrait de la préparation de la progression par Anna et Cindy

137.	Claire : qu'est-ce que ça veut dire… « Certains langages n'utilisent pas la déclaration type »

138.	Anna : je sais pas (rires). Le problème, moi ce qui me gêne, c'est ça, le Python (un langage de programmation), c'est super compliqué, puis ce « égal » (le signe =) qui apparaît de nouveau, avec une autre… C'est de l'affectation, mais ça te fait encore un sens différent pour le « égal »
139.	Claire : hum
140.	Anna : je ne sais pas si cela sert à quelque chose
141.	Claire : la suite, « ils utiliseront le symbole « flèche dans l'autre sens » pour indiquer une affectation dans le langage algorithmique » (rires)
142.	Anna : et du coup, c'est un vrai cours, c'est pas possible…
143.	Claire : mais surtout, il n'y a pas de cours…

Dans cet extrait nous distinguons trois actions : lecture des manuels, discussion sur le langage Python et discussion sur la variable comme affectation. Nous faisons cette procédure pour toute la transcription et nous remplissons un tableau avec l'intervalle et les descriptions (Tableau 3.9).

Tableau 3.9 - Description des intervalles de la transcription

Intervalle de ligne	*Actions, discussions, décisions*
137-143	Lecture des manuels ; Discussion sur le langage Python ; Discussion sur la variable comme affectation.
144-209	Lecture rapide des plusieurs manuels pour voir les propositions d'activités sans trouvés des activités intéressantes.
210-214	Discussion sur les situations avec des problèmes de calcul, construction de figure et expériences aléatoires.

Une fois que nous avons décrit tout l'entretien, nous catégorisons les actions des enseignants dans les actions très générales (Etape 5) : par exemple, il y a eu plusieurs moments où les enseignantes ont lu les manuels scolaires que nous dénotons par « lire un ensemble de manuels ». Ces actions sont à la base de la méthode de création des ressources.

Pour l'inférence des jugements communs, nous avons repéré dans la transcription (Etape 1) les moments dans lesquelles les enseignants discutent et prennent des décisions sur les questions liées à l'enseignement des mathématiques en général (Niveau +3) ; l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation (Niveau +2) ; des choix des situations didactiques

pour la leçon (Niveau +1). Les jugements communs sont identifiés dans les dialogues aux moments où les enseignants semblent être arrivé à un accord (explicite ou implicite). Nous organisons ces extraits des dialogues dans un tableau. Nous présentons dans le Tableau 3.10 un extrait du dialogue entre Anna et Cindy pendant la première préparation de la progression.

Tableau 3.10 - Extrait du dialogue entre Anna et Cindy

P.2	Cindy : (elle lit à son tour le programme) « revisiter les notions de variables et de fonctions sous une forme différente, et s'entraînent au raisonnement ». Anna : oui, le problème...c'est que ... ils ne peuvent pas le revisiter, vu qu'en 5ième ils ne l'ont pas encore visité... Cindy : oui. […] Anna : Oui, en 4ème, 3ème, mais... non, je veux dire, ils revisitent le... il faut déjà que… Ils n'ont pas encore découvert l'algèbre... par exemple .... Ils n'ont pas encore utilisé la variable algébrique... ils ne peuvent pas la revisiter. (L.48-51)

Dans l'extrait ci-dessus, la discussion est relative à l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation. Nous mettons dans la colonne de gauche le numéro d'extrait (Annexe 4.1) et à droite le dialogue des enseignants. Une fois que nous avons repéré tous les points de discussions et décisions, nous les comparons pour trouver des similitudes et des différences et nous groupons les points similaires (Etape 2), pour chaque ensemble similaire nous énonçons le jugement commun inféré. Par exemple, dans le tableau ci-dessus nous inférons le jugement commun « faire attention au vocabulaire utilisé, en particulier la question des variables ».

Par rapport aux ressources collectives, nous identifions d'abord celles qui ont été créées pour garder les traces du travail collectif (Etape 1). Nous cherchons à comprendre la structure de ces ressources (Etape 2) (voir analyse dans les sections § 6.1 et § 8.1).

Nous présentons dans la suite nos outils d'analyse pour la mise en œuvre de la séance par Anna et Viviane.

L'analyse de la mise en œuvre d'une séance

Dans cette section, nous présentons nos choix d'analyse pour la mise en œuvre d'une leçon des enseignants. Nous présentons d'abord trois échelles de temps pour l'analyse du travail documentaire de l'enseignant ; ensuite, nous présentons les cinq étapes de notre analyse de l'organisation didactique de la leçon et une modélisation des schèmes (Vergnaud, § 2.1.2) développés par les enseignants (Annexe 5.4 et 8.4).

Notre analyse de la mise en œuvre est inspirée des études de Sensevy et Mercier (2007, p. 102) qui ont proposé des éléments de méthode pour analyser des situations en classe. Notre

analyse du travail documentaire des enseignants nous amène à une analyse suivant trois échelles de temps :

- *Macroscopique* : cette échelle est liée à ce qui les auteurs définissent par le *temps scolastique* qui contient l'organisation de l'enseignement par rapport à l'année scolaire ou les mois. Elle dépend aussi des programmes officiels ;
- *Mésoscopique* : qui est déterminé par le temps didactique, plus précisément la totalité de la mise en œuvre d'une leçon, l'unité de temps suit l'heure et les minutes ;
- *Microscopique* : qui est déterminé par un temps d'un énoncé ou un une action précise de l'enseignant. Ainsi ce niveau se base sur un aspect précis de la mise en œuvre d'une leçon, l'unité de temps dans ce qui concerne les minutes et les secondes.

Ces trois niveaux sont présents dans notre analyse. Le macroscopique a été analysé dans la préparation de la progression (présenté dans la dernière section). Nous présentons ici notre méthode d'analyse pour les niveaux mésoscopique et microscopique afin de présenter l'organisation didactique et les schèmes des enseignantes.

Pour l'analyse du niveau mésoscopique (Etape 1), nous allons identifier dans l'enregistrement de la leçon les *phases didactiques* (Ibid., 105) qui dans notre cas contiennent les grandes actions de l'enseignante pour organiser la séance : introduire la tâche, mettre en commun, etc… Nous n'avons pas un ensemble de phases didactiques apriori, nous les déterminerons à travers de l'analyse a *posteriori* de la séance. Nous allons mettre dans un tableau toutes les *phases didactiques* (Etape 2) pour lesquelles nous allons associer *leurs intervalles de temps*, les *ressources utilisées* dans ces intervalles et une *description* de la phase. Ces quatre composants vont nous permettre de décrire l'organisation didactique de la leçon : le niveau *mésoscopique*. Nous présentons un extrait d'analyse dans le Tableau 3.11.

Tableau 3.11 - Tableau d'analyse du niveau mésoscopique

Intervalle	*Organisation de la séance*	*Ressources*	*Description*
04 :00/12 :59	E1) Introduction de la situation didactique de trier les crêpes	Vidéo, Diapositifs, Crêpes	Les élèves ont vu la vidéo Anna a repassé les consignes et distribué les crêpes ;

Ce tableau sera reproduit pour toute la mise en œuvre d'une leçon. Cette analyse servira de base pour le niveau microscopique. Ce troisième niveau est aussi utilisé pour analyser les schèmes mobilisés par le sujet. En effet, nous allons repérer chaque phase des actions des

enseignants pour les questionner afin d'avoir plus d'informations (Etape 3). Nous allons chercher à comprendre en particulier quatre points de cette mise en œuvre : les *choix des phases didactiques*, c'est-à-dire pourquoi l'enseignant organise la séance comme nous l'avons perçu ; comprendre les *usages des ressources*, c'est-à-dire, l'ordre d'utilisation, les nouvelles ressources utilisées et des changements dans les ressources : comprendre les *notions attendues* dans le travail avec les élèves ; comprendre comment l'enseignant utilise le *feedback des élèves*. Ces questions sont posées dans un entretien d'autoconfrontation (§ 3.1.1). Puis, après cet entretien, nous transcrivons les extraits qui nous aident à comprendre l'action de l'enseignant, que nous organisons dans le tableau (Etape 4).

Par la suite nous modélisons le schème (Etape 5), pour cela nous avons choisi une analyse du décours temporel de l'activité des enseignants. Cette modélisation part de l'identification de la classe de situations et du *but* qui guide la mise en œuvre de la séance. Ensuite, nous avons choisi d'analyser ce schème en le décomposant en plusieurs parties liées aux phases didactiques. Nous considérons alors que le changement de phase didactique implique une décomposition du *but* dans un *sous-but*. Pour chaque sous-but nous essayons de comprendre les *règles* (R-A), les *invariants opératoires* (I-O) et les *inférences* (Inf). Il faut souligner que ce choix de présenter les schèmes ne rend compte que d'une partie de l'activité de l'enseignant. Dans le Tableau 3.12, nous présentons un exemple de notre analyse.

Tableau 3.12 - Un extrait de la modélisation du schème d'Anna

Phase	*Modélisation du schème*	
	Classe de situations : « introduire le concept d'algorithme en 5ème »	
	But : Faire créer par les élèves un algorithme pour trier les crêpes	
E1) *introduction de la situation de trier les crêpes*[29] ;	Sous-but : introduire le problème et la consigne	
	RA :	Passer la vidéo avec la consigne et les problèmes Reformuler les consignes de la vidéo en utilisant les crêpes utilisées en classe Différencier l'algorithme et le programme Donner les crêpes aux élèves pour qu'ils essaient de trier
	IO :	Il faut être sûr que les élèves aient bien compris les consignes Il est important que les élèves sachent qu'il existe une différence entre faire un algorithme et programme

[29] L'analyse de la situation didactique est dans la section 7.2.1.

		Il est important de traiter le concept de l'algorithme sans être lié à un langage de programmation
	Inf :	L'interférence de l'enseignant de technologie en parlant du langage de programmation amène l'enseignant à distinguer algorithme et programme

Cette modélisation est faite en se basant sur des données collectées à plusieurs occasions : l'entretien d'avant la séance, la mise en œuvre de la séance, l'autoconfrontation et la préparation de la progression.

3.5 Conclusion

Nous avons exposé dans ce chapitre la méthodologie que nous avons développée permettant d'analyser les transformations du travail documentaire des enseignants au long du temps.

Nous avons placé la réflexivité des enseignants sur leur travail à la base de notre réflexion sur nos outils méthodologiques (§ 3.1). Nous avons adopté les principes de l'investigation réflexive pour notre suivi des enseignants dans et hors de leur établissement. Nous utilisons la verbalisation de l'action et l'analyse du travail effectif des enseignants pour comprendre les transformations dans leur travail documentaire au long du temps. Nous avons choisi d'analyser la dimension collective du travail documentaire des enseignants en exploitant à la fois leur réflexivité sur leur travail collectif et l'analyse des deux enseignants qui travaillent ensemble.

Nous avons présenté nos outils de recueil des données (§ 3.2) qui soutiennent deux dimensions d'analyse proposées dans notre recherche : l'une centrée sur les situations vécues (dimension A) et l'autre centrée sur la situation dans le présent pour faire face à l'enseignement d'un nouveau contenu (dimension B). Pour la dimension A, nous avons exploité un ensemble d'entretiens pour analyser la trajectoire documentaire et l'expérience documentaire, pour la dimension B, nous avons choisi d'articuler entretiens et observations du travail des enseignants.

Nous avons exposé notre terrain de recherche (§ 3.3) qui a été construit en interaction avec une autre thèse, celle de Chongyang Wang, et aussi avec un ensemble de projets qui ont soutenu notre recherche. Dans cette exposition des terrains de recherche, nous avons choisi des enseignantes qui sont à mi-carrière, de collèges différents et de profils contrastés : Anna (2015-2018) et Viviane (2016-2018).

Nous avons enfin présenté nos choix d'analyse des données suivant les deux dimensions d'analyse A et B (§ 3.4). Pour la dimension A, nous avons utilisé une méthode articulée en quatre sections : analyse du discours des enseignants, analyse des cartographies produites

(soit par le chercheur, soit par l'enseignant) ; analyse des connaissances professionnelles et analyse de la dimension collective du travail documentaire des enseignants. Pour la dimension B, nous avons analysé trois textes fournis par le ministère de l'Éducation pour délimiter certaines perspectives de l'enseignement proposé pour le thème algorithmique et programmation ; nous avons précisé notre méthode pour l'analyse de la production collective des ressources par deux enseignants ; nous avons décrit notre méthode pour inférer les schèmes qui guident la mise en œuvre d'une leçon par un enseignant.

Partie B : Une enquête nationale sur les ressources utilisées par les enseignants de mathématiques

Chapitre 4. Un questionnaire sur les ressources des enseignants de mathématiques au collège

Nous présentons dans ce chapitre un questionnaire proposé entre juin et septembre 2016 qui cherchait à comprendre les ressources utilisées par les enseignants de mathématiques au collège (§ 3.1.1). Pour cela nous séparons ce chapitre en deux sections : d'abord nous présentons le questionnaire et l'échantillon des répondants (§ 4.1) ; ensuite, nous présentons notre analyse du questionnaire qui nous permettra d'avoir une vision panoramique du travail documentaire des enseignants de mathématiques au collège en France (§ 4.2).

4.1 Présentation du questionnaire et de l'échantillon des répondants

Dans cette section nous exposons d'abord quelques considérations sur la création du questionnaire (§ 4.1.1) ; ensuite, une description générale du questionnaire (§ 4.1.2) ; par la suite, nous présentons la description de notre méthode d'analyse (§ 4.1.3) ; pour finir, nous présentons les caractéristiques de la population des répondants (§ 4.1.4).

4.1.1 La création et diffusion du questionnaire

Dans notre recherche nous investiguons les transformations dans le travail documentaire des enseignants au long du temps et au moment de changement de la réforme curriculaire de 2016 (§ 1.3). Pour analyser cela, nous travaillons via une approche qui articule une partie d'étude qualitative et une partie d'étude quantitative (§ 3.1.2), cette dernière est liée à l'exploitation du questionnaire que nous traitons dans ce chapitre.

La proposition de faire un questionnaire est reliée à quatre points : d'abord, l'intérêt du projet ReVEA (§ 3.3.1) de comprendre quelles ressources nourrissent le travail des enseignants ; ensuite, le début de notre recherche a coïncidé avec la mise en œuvre de la réforme du collège. Sur ce point nous avons comme hypothèse qu'il s'agit d'un phénomène riche pour comprendre les transformations dans le système des ressources des enseignants. Par la suite, nous avons observé les apports d'autres recherches qui s'intéressaient au travail documentaire des enseignants qui montrent que l'usage du questionnaire se révèle être un outil qui supporte bien l'analyse qualitative (Hammoud, 2012 ; Alturkmani, 2015 ; Sabra, 2008) ; enfin, la proposition de ce questionnaire vient de l'envie de mieux comprendre l'enseignement au collège en France (sachant que la rédactrice de cette thèse est brésilienne) et de comprendre ce qui nourrit le travail documentaire des enseignants. Ainsi, la création

d'un questionnaire nous apparut un outil important pour avoir une vue générale des ressources utilisées par les enseignants au collège.

Dans ce contexte, nous avons créé un questionnaire destiné aux enseignants travaillant au collège en France. Notre objectif est d'avoir une vision plus globale du travail documentaire des enseignants, pour cela nous avons trois objectifs liés à nos questions de recherche (§ 2.5) :

- Investiguer quels événements transforment les systèmes de ressources des enseignants ;
- Avoir une vue globale des ressources utilisées par les enseignants, en particulier les ressources Sésamath ;
- Tisser quelques éléments de relations entre travail collectif et système de ressources des enseignants.

Pour chaque objectif nous allons aussi chercher à comprendre quelles relations l'expérience de l'enseignant peut avoir avec les interactions qu'il a avec ses ressources, puisque nous nous intéressons à l'analyse de l'expérience documentaire et de la trajectoire documentaire des enseignants. Il faut souligner aussi qu'au début de notre thèse nous nous sommes intéressée aux usages des ressources Sésamath (§ 3.1.2 ; Rocha, 2018). Cependant, nos intérêts de recherches ont changé au cours de la thèse, malgré tout dans le questionnaire nous avons une partie des questions qui s'intéressent aux usages des ressources produites par l'association Sésamath.

Pour la préparation du questionnaire nous avons rédigé nos propres questions en nous inspirant du questionnaire mis en œuvre par Sabra (2008). Ensuite, nous avons envoyé la première version à plusieurs membres du projet ReVEA pour révision et commentaires, suite à cet envoi nous avons pu faire une nouvelle version. Par la suite, nous avons envoyé la nouvelle version à plusieurs enseignants, suite à ce second envoi nous avons fait la dernière version du questionnaire (voir annexe 9).

Nous avons diffusé le lien vers le questionnaire via les réseaux de l'APMEP, de la Commission Française pour l'Enseignement des Mathématiques[30] (CFEM) et de l'Institut Français de l'Education (IFE). Nous avons aussi partagé le questionnaire via un compte personnel sur Twitter. A chaque actualisation de ce compte, le nombre des réponses

[30] http://www.cfem.asso.fr/actualites/archives/.

augmentait d'ailleurs de façon significative. On peut s'attendre ainsi à une surreprésentation des utilisateurs de Twitter dans notre échantillon, ce qui peut conduire à un biais. Le questionnaire a été mis en ligne entre mi-juin et fin août 2016, les mois qui précédaient la mise en œuvre de la réforme 2016. Dans la section suivante, nous présentons certains éléments du questionnaire.

4.1.2 Description générale du questionnaire

Le questionnaire contient 17 questions. Nous donnons dans le Tableau 4.1 l'extrait de la présentation du questionnaire aux enseignants.

Tableau 4.1 - Message de présentation du questionnaire

Les ressources que vous utilisez pour enseigner les mathématiques
Ce questionnaire a pour objectif de comprendre quelles ressources vous utilisez et pour quelles raisons, en particulier les ressources produites par l'association Sésamath. Les données seront exploitées dans le cadre d'un travail de thèse.
La plupart des questions sont à choix multiples et nous estimons un temps nécessaire pour y répondre de 20 à 30 minutes. Le questionnaire est structuré en cinq parties : les ressources que vous utilisez en général, les manuels scolaires, les ressources Sésamath, le travail collectif et enfin les conséquences du prochain changement de programme.
Nous vous remercions d'avance pour votre disponibilité.

Le questionnaire est séparé en cinq parties liées aux objectifs énoncés dans la section précédente. La première partie dénommée *« l'ensemble des ressources utilisées »* a comme objectif de saisir les principales ressources utilisées par l'enseignant et la place des manuels scolaires dans son travail. Nous proposons cette section, car elle nous permet d'avoir un éclairage sur les ressources utilisées par les enseignants de mathématiques et sur l'éventualité que le manuel scolaire constitue une ressource importante dans leur travail. Cette partie contient deux questions centrales : dans une question nous proposons une liste de ressources qui ont été identifiées par plusieurs chercheurs dans le projet ReVEA (§ 3.3.1) ; dans l'autre, nous demandons sous la forme d'une question ouverte quels sont les manuels scolaires utilisés pour préparer la leçon.

La deuxième partie concerne le « *choix du manuel scolaire* » qui a comme objectif de comprendre comment les manuels scolaires sont choisis dans les établissements et quels critères sont utilisés. Nous avons comme hypothèse que le choix du manuel a une liaison avec l'usage fait du manuel. Cette partie comporte trois questions principales : la première est ouverte et porte sur le manuel officiel dans le collège de l'enseignant ; la deuxième propose quelques critères

possibles par rapport au choix de l'enseignant ; la dernière demande si les manuels vont être changés pour s'adapter à la réforme curriculaire de 2016.

La troisième partie concerne les « *ressources Sésamath* », elle cherche à comprendre l'impact de l'association dans les ressources utilisées par les enseignants en France et quelles ressources proposées par Sésamath sont principalement utilisées. Cette partie est séparée en trois questions : la première est ouverte et demande depuis quand l'enseignant utilise les ressources proposées par l'association et comment il les a découvertes ; la deuxième question cherche à savoir quelles ressources — présentes dans la plateforme — sont utilisées et avec quelle fréquence ; la dernière question demande aux enseignants s'ils ont participé à l'équipe de production des ressources de l'association.

La quatrième partie du questionnaire traite la question du « *travail collectif et [du] renouvellement de [vos] ressources* » qui est une question essentielle pour l'analyse des événements. Par rapport au travail collectif, nous cherchons à comprendre quels collectifs soutiennent le travail documentaire de l'enseignant et quels sont les raisons qui le mènent à participer à ces collectifs. Par rapport au renouvellement des ressources par l'enseignant, notre objectif est de comprendre quels sont les événements qui lui font chercher une ressource et quelles stratégies sont adoptées quand une ressource lui manque. Cette partie contient quatre questions : la première cherche à savoir à quels collectifs les enseignants participent ; la deuxième question porte sur les outils de partage et stockage des ressources en ligne utilisés ; l'avant-dernière question demande la cause du dernier changement par l'enseignant dans le répertoire des ressources ; la dernière question interroge les stratégies devant un manque de ressource.

La dernière partie du questionnaire traite du « changement curriculaire de 2016 ». Notre objectif dans cette partie est de comprendre quelles transformations la nouvelle réforme impose au travail documentaire des enseignants. Nous avons comme hypothèse que cette réforme peut être un événement marquant dans le travail documentaire des enseignants, puisque de nouvelles ressources et contenus sont proposés. Cette partie est composée de cinq questions : une sur le travail documentaire fait pour se préparer pour la réforme ; la deuxième porte sur les EPI (§ 1.3) en cherchant savoir lesquelles ont été choisies dans l'établissement de l'enseignant ; la troisième demande s'il y avait un possible manque des ressources pour travailler un thème d'EPI ; l'avant-dernière question est ouverte et cherche à quantifier si le nouveau programme demande du travail supplémentaire ; la dernière

question est ouverte et questionne le point de vue des enseignants sur les nouveaux programmes.

4.1.3 Description de la méthode d'analyse

Nous avions, parmi les 17 questions, trois types à analyser : des questions fermées, c'est-à-dire des questions pour lesquels les interrogés devaient choisir dans une liste prédéfinie de réponses ; des questions semi-ouvertes qui cherchaient une information précise (comme le nom d'un manuel ou les années d'expérience) ; et des questions ouvertes dans lesquelles les interrogés avaient un espace de rédaction libre ou contraint par le nombre de caractères.

La méthode d'analyse pour les questions fermées est la suivante : nous avons fait une analyse quantitative des réponses en nous concentrant sur les tendances les plus significatives, c'est-à-dire les résultats plus marquants de l'ensemble de réponses (en se limitante à en seuil de 5%). Par ailleurs, nous avons aussi cherché à identifier les tendances en croisant certaines questions (exemple, expérience et usages de ressources numériques).

La méthode d'analyse pour la question semi-ouverte a été : d'abord de normaliser les réponses, par exemple, dans la question « quels manuels utilisez-vous » nous avons cherché dans la réponse des enseignants les noms de collections des manuels qu'ils utilisent ainsi si l'enseignant à dit « des temps en temps j'utilise le manuel Sésamath » nous avons mis « Sésamath » comme manuel utilisé; pour ensuite chercher à identifier des tendances ; et enfin, faire des analyses quantitatives en fonction de ces tendances.

Pour les questions ouvertes, nous avons procédé de la façon suivante : d'abord, nous avons fait une recherche lexicale pour révéler les mots les plus fréquents, qui seront par la suite nos thèmes d'analyse (exemple, les mots « élèves» ou « élève » seront désignés sous le thème *élèves*) ; ensuite, nous avons utilisé ces thèmes pour chercher la fréquence des réponses dans lesquelles ils apparaissent (une réponse peut mentionner plusieurs fois le même thème, exemple, « les ressources pour travailler avec les élèves et les difficultés des élèves ») ; afin de nous concentrer sur les thèmes les plus significatifs, nous avons restreint notre analyse aux rois thèmes plus cités ; pour finir nous avons fait un nuage de mots, qui montre une vision globale des réponses par thèmes et nous avons présenté quelques réponses pour illustrer notre analyse.

Dans la section suivante, nous présentons les caractéristiques de la population des répondants.

4.1.4 Caractéristiques de la population de répondants

Notre échantillon rassemble 409 répondants. Nous présentons dans cette section cinq caractéristiques de cette population, en particulier une catégorisation par rapport aux années d'expérience.

D'abord, nous situons géographiquement les répondants qui ont précisé dans quels collèges ils travaillent (seuls deux tiers des répondants ont indiqué leur établissement d'exercice). La Figure 4.1 donne cette répartition géographique (regroupés par département). Il est à noter que sept enseignants ont répondu depuis les DOM/TOM et onze depuis des lycées à l'étranger. Il faut aussi souligner que l'on constate une sur représentativité des zones de Rennes, Lyon et Montpelier, en raison des liaisons fortes avec des chercheurs, ReVEA en particulier, qui ont contribué à la diffusion du questionnaire sur ces zones (Figure 4.1).

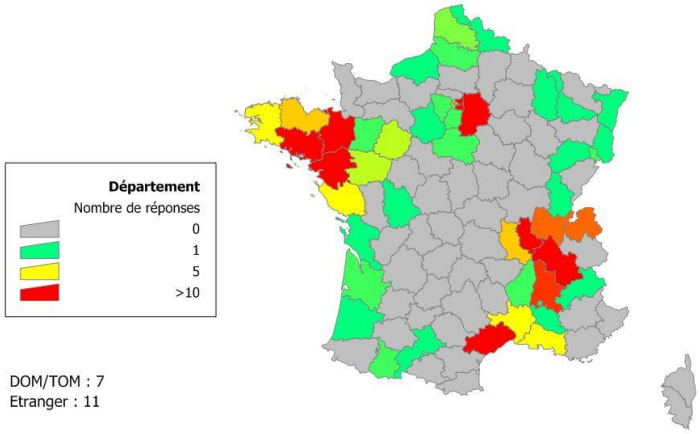

Figure 4.1- Répartition géographique des répondants

Ensuite, nous précisions que 59 % des répondants sont des femmes et 39 % des hommes (2% n'ont pas répondu). Par rapport aux âges des répondants nous avons dans le graphique ci-contre la distribution des répondants. Nous pouvons observer que la classe la plus représentée est celle des 35 et 40 ans (Figure 4.2).

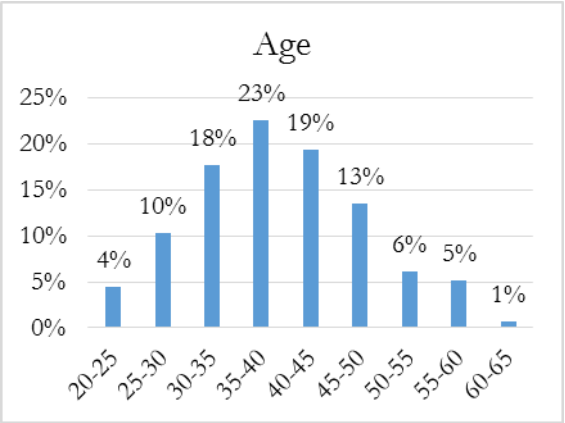

Figure 4.2 – Graphique relatif à l'âge des répondants

Quatrième caractéristique, le nombre d'années d'expérience des répondants (Figure 4.3). La moitié des répondants a moins de 15 d'expérience. Dans le cas de nos sujets de recherche, elles sont toutes les deux dans le groupe 20-25 ans d'expériences.

Comme nous essayons de comprendre l'influence du nombre d'années d'expérience sur les ressources utilisées, nous distinguerons quatre catégories d'âge, en segmentant les années d'expérience par 10 : groupe A (moins de 10 ans d'expérience ; groupe B entre 10 à 20 d'expérience ; groupe C (entre 20 et 30) ; et groupe D plus de 30 ans d'expérience.

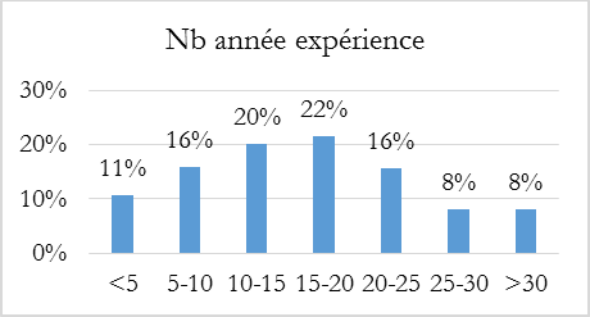

Figure 4.3 - Graphique relatif à l'année d'expérience

Pour finir, nous avons aussi obtenu des données par rapport aux niveaux d'enseignement des répondants. Ils couvrent tous les niveaux du collège et environ un quart travaille aussi au lycée (aucun des répondants ne travaille qu'au lycée). 5% (sur 409) n'enseignent que dans un niveau, 30 % (sur 409) enseignent sur deux niveaux, 28 % (sur 409) sur trois niveaux, 31% (sur 409) sur les quatre niveaux, 4% (sur 409) sur plus de quatre niveaux (c'est-à-dire qu'ils travaillent au collège et au lycée)[31].

4.2 Une vision panoramique du travail documentaire des enseignants des mathématiques au collège en France

Nous présentons dans cette section l'analyse des réponses au questionnaire pour avoir une vision panoramique du travail documentaire des 409 répondants[32] (Annexe 9). Nous présentons les résultats en cinq sous-sections : d'abord, les réponses relatives à l'ensemble de ressources utilisées (§ 4.2.1) ; ensuite, celles liées aux choix du manuel scolaire (§ 4.2.2) ; par la suite, celles qui éclairent les usages des ressources Sésamath (§ 4.2.3) ; ensuite, celles liées au travail collectif et au renouvellement des ressources (§ 4.2.4) ; pour finir, celles liées au changement curriculaire de 2016 (§ 4.2.5).

[31] Pour cette question 1% des enseignants n'ont pas répondu.

[32] Dans l'ensemble des questions proposées, nous n'avons pas analysé une question (question 6), puisque les réponses n'éclairent pas nos questions de recherches.

4.2.1 Ensemble des ressources utilisées

La première question du questionnaire demandait aux enseignants de choisir dans une liste les ressources qu'ils utilisent et avec quelle fréquence (Q1, annexe 9). Nous avons proposé deux groupes de ressources. D'une part le groupe de ressources liées au numérique qui contenait quatre items : sites Internet, logiciels, Tableau Blanc Interactif et vidéoprojecteur. D'autre part, le groupe de ressources qui pouvait avoir un support matériel : rétroprojecteur, manuel scolaire, brochures ou site IREM, brochures ou site APMEP, autres revues de Mathématiques et articles de recherche.

Par rapport aux ressources numériques, 71 % des répondants utilisent internet souvent ou toujours tandis que seulement 1% ne l'utilise jamais. En croisant cette analyse avec les groupes d'expériences des enquêtés, nous constatons que les enseignants ayant entre 10 et 30 ans d'expérience ont une fréquence d'utilisation plus élevée de 10 % par rapport à ceux en début et en fin de carrière.

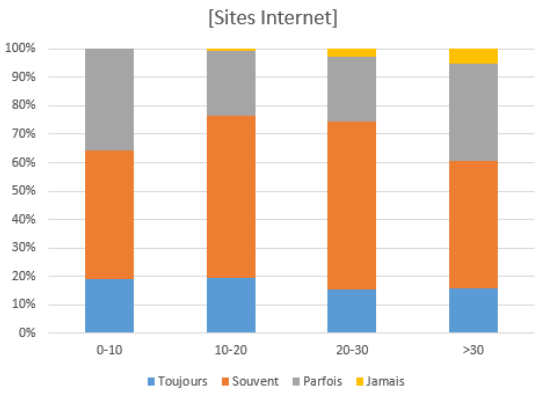

Figure 4.4- Fréquence d'usage d'internet par catégorie d'expérience

70 % de l'échantillon des enseignants utilisent souvent ou toujours les logiciels pour préparer leurs cours. De même, ce sont les enseignants entre 10 et 30 ans de carrière qui utilisent le plus (73%) internet (Figure 4.4). Par ailleurs, 90 % des répondants utilisent souvent au moins une ressource de projection visuelle numérique (Tableau Blanc Interactif et/ou vidéoprojecteur). Enfin, les ressources numériques sont très utilisées par les enseignants de mathématiques pour préparer leurs cours. Nous ajoutons à ce résultat que le rétroprojecteur (ressource dans la catégorie non numérique) est utilisé seulement par 8% des répondants, ce qui recoupe le fait que la plupart des enseignants utilisent le numérique.

Le manuel scolaire est une ressource fortement utilisée par les enseignants de toutes les catégories d'expérience. Dans la Figure 4.5, nous constatons que plus de 80% des répondants utilisent cette ressource, et ceci, quelle que soit leur ancienneté.

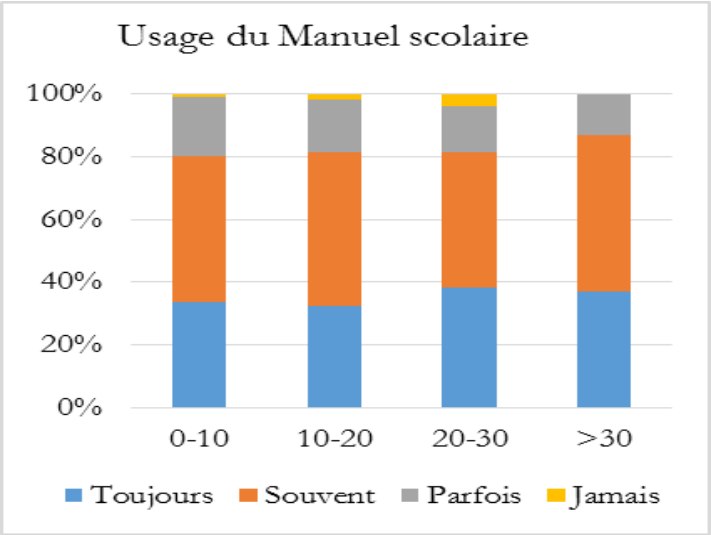

Figure 4.5- Fréquence d'usage du manuel scolaire par catégorie d'expérience

Nous avons demandé aux enseignants s'ils utilisent les ressources de l'IREM, de l'APMEP, d'autres revues liées à l'enseignement de mathématiques ou des articles de recherche. Parmi ces quatre ressources, les ressources de l'APMEP sont le plus utilisées : 20 % (de 409) des enseignants les utilisent souvent ou toujours, et plus les enseignants avancent dans leurs carrières plus ils utilisent cette brochure (ce n'est pas le cas pour les autres ressources). Ensuite, les ressources IREM sont utilisées par 18 % (de 409) des enseignants. Par la suite, les autres revues mathématiques sont utilisées par seulement 6% (de 409) des enseignants. Enfin, les articles de recherche sont utilisés par 5% des enseignants.

Par rapport à notre étude de cas, nous avons que Viviane utilise moins internet qu'Anna (*souvent* versus *toujours*), plus le manuel qu'Anna (*souvent* versus *parfois*) ; moins les ressources IREM et APMEP qu'Anna (*parfois* versus *toujours*) ; moins les revues mathématiques qu'Anna (*parfois* versus *souvent*) ; moins les articles de recherche (*jamais* versus *toujours*) ; moins les logiciels qu'Anna (*parfois* versus *souvent*) ; Viviane et Anna utilisent toujours le vidéoprojecteur, en particulier Anna dispose d'un Tableau Blanc interactif et elle l'utilise toujours aussi. Nous observons ici le contraste entre les ressources utilisées par les deux enseignantes, surtout l'usage du manuel fait par Anna ne correspond pas à celui de la majorité des enseignants (qui utilise le manuel scolaire de façon plus fréquente), tandis que l'usage fait par Viviane s'approche de celle de la majorité. D'ailleurs, Anna montre une préférence dans ses ressources pour les ressources issues de l'IREM et de l'APMEP (sachant qu'elle en fait partie des collectifs § 3.3.2).

Nous relevons de cette section trois résultats : d'abord, le numérique est fortement utilisé par toutes les catégories d'expérience des enseignants ; ensuite, le manuel scolaire est aussi très

utilisé par les enseignants ; enfin, les ressources produites par l'APMEP semblent les plus utilisées. Dans la section suivante, nous nous focalisons sur les choix de manuel scolaire.

4.2.2 Choix de manuel scolaire

Nous avons demandé aux enseignants quels manuels ils utilisaient en donnant quatre options (Question 2, annexe 9). Nous avons décidé de poser cette question de façon ouverte pour ne pas contraindre les réponses des enseignants. L'analyse de cette question est particulièrement délicate et nous procédons de façon semi-quantitative, c'est-à-dire que nous faisons un ensemble de choix qualitatifs liés à nos intérêts de recherche et ensuite nous cherchons des tendances quantitatives.

Notre méthode d'analyse consiste à d'abord normaliser les noms des manuels fournit par les enseignants, par exemple, « *manuel Sésamath* » est normalisé par « *Sésamath* ». Ensuite, la plupart des enseignants ont donné uniquement le nom de la « collection », certains l'éditeur et d'autres les deux informations. Nous avons choisi de prendre en compte la collection. Enfin, nous ne prenons en compte que les manuels qui ont une fréquence d'apparition supérieure à 5% (seuil choisi pour l'analyse), ainsi notre analyse se concentrera sur les collections : Sésamath, Phare, Transmath, Triangle et Myriade. Les collections citées par les enseignants totalisant moins de 5% de réponses sont regroupées sous la dénomination « autres ».

Nous observons dans le graphique (Figure 4.6) que Sésamath est utilisé par 219 enseignants (54%), Transmath par 195 enseignants (48%), Phare par 164 enseignants (40%), Triangle par 85 enseignants (21%) et Myriade par 64 enseignants (16%). Ainsi, nous observons que le manuel le plus utilisé par les répondants est le manuel Sésamath[33].

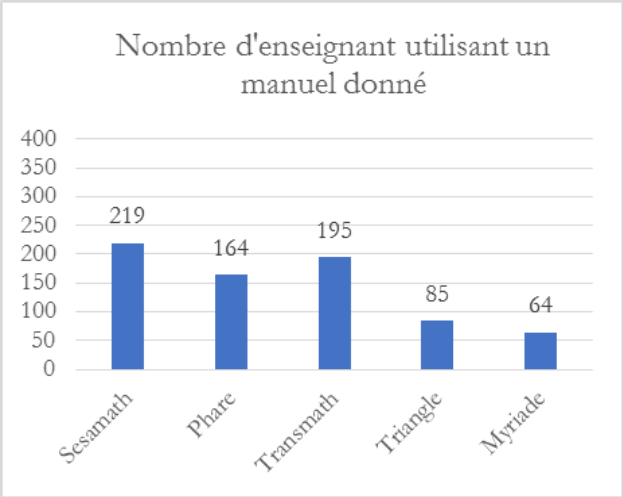

Figure 4.6 - Graphique de fréquence des manuels utilisés

[33] La somme des nombres de réponse pour les manuels cités dans ce paragraphe dépasse le nombre (409) de réponses au questionnaire car le formulaire permettait aux enseignants de renseigner jusqu'à quatre manuels.

Nous avons pu observer aussi que 80% des enseignants utilisent au moins deux manuels. Par rapport à la distribution de l'usage du nombre de manuels, une analyse croisée avec le nombre d'années d'expérience permet uniquement de montrer qu'il y a une surreprésentation des enseignants de plus de 30 d'expérience qui utilisent un seul manuel. Cela veut dire que 14 enseignants parmi les 38 qui ont plus de 30 ans d'expérience utilisent un seul manuel (ce qui représente 37% des enseignants de cette catégorie d'expérience, alors que dans la population général (409) 17% des enseignants utilisent un seul manuel). Par ailleurs, les enseignants mettent comme premier manuel ceux qu'ils utilisent le plus fréquemment (89% des répondants utilisent souvent ou toujours le premier manuel ; manuel n°2 65% ; manuel n°3 34% ; et manuel n°4 16%), ainsi nous inférons que les autres sont en général pour compléter leur travail documentaire. Si nous regardons la première option comme manuel, elle est en cohérence avec la fréquence des manuels utilisés, c'est-à-dire que Sésamath et Transmath restent les plus utilisés.

Nous nous sommes intéressée également aux types d'usages des manuels et leurs fréquences respectives (Questions 2.1 et 2.2, annexe 9). Premièrement, nous nous sommes posée la question *indépendamment de la collection, comment les manuels sont-ils utilisés par les enseignants* ? Dans la figure 4.7 nous représentons les résultats de cette analyse par tranche d'années d'expérience.

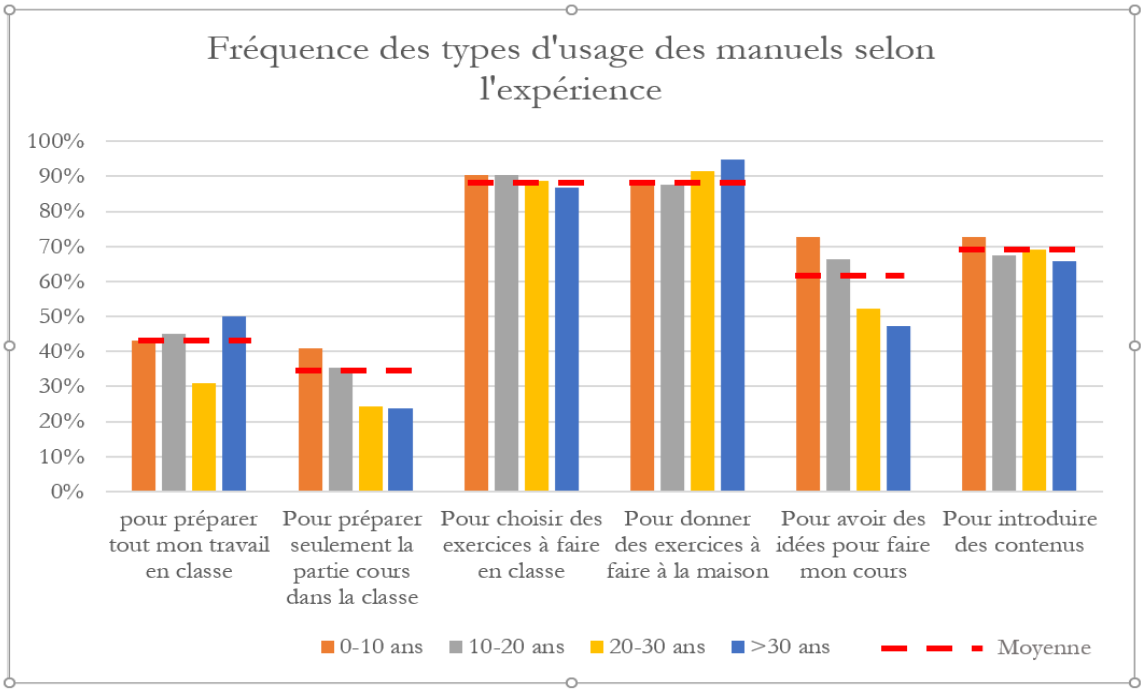

Figure 4.7- Fréquence des types d'usages des manuels par ancienneté

Dans la Figure 4.7 nous présentons les six types d'usages des manuels proposés aux enseignants : « pour préparer tout mon travail », « pour préparer seulement la partie cours dans la classe », « pour choisir des exercices à faire en classe », « pour donner des exercices à faire à la maison », « pour avoir des idées pour faire mon cours » et « pour introduire les contenus ». Nous avons séparé les réponses par les groupes d'année d'expérience et nous avons inséré un trait rouge pour marquer la moyenne par type d'usage. Par exemple, en moyenne 33% des répondants utilisent le manuel « *pour préparer seulement la partie cours dans la classe* », on remarque que les enseignants débutants sont au-dessus de la moyenne (40%).

Nous observons dans la Figure 4.7 trois tendances sur les types d'usages de manuels : d'abord la quasi-totalité des enseignants utilisent les manuels pour choisir des exercices à faire à la maison et en classe ; les enseignants en fin de carrière sont ceux qui utilisent le plus les manuels scolaires pour préparer leurs cours ou avoir des idées pour le cours ; les enseignants en début de carrière utilisent le manuel scolaire pour préparer leur travail en classe, mais pas pour faire leurs cours. Nous supposons que les enseignants en début de carrière, qui doivent créer leurs cours, utilisent plus les manuels pour le faire et que les enseignants en fin de carrière qui ont des cours déjà « conçus » les utilisent moins.

La question suivante concernait le manuel officiel utilisé au collège (Questions 3, 3.1 et 3.2, annexe 9). Nous avons posé trois questions : « quel est le manuel officiel dans votre établissement » (question ouverte), « avez-vous participé à ce choix » (question fermée) et « étiez-vous d'accord » (question fermée). D'abord, par rapport aux deux dernières questions fermées, nous avons les résultats suivants : 226 (sur 409) enseignants ont participé aux choix des manuels et parmi eux 211 étaient d'accord avec ce choix. La première question était posée de façon ouverte et de nombreux enseignants utilisent des manuels différents selon les niveaux. De la même manière que précédemment, nous avons normalisé les noms des manuels. Ainsi, nous avons pu identifier 533 réponses uniques, c'est-à-dire que certains enseignants ont plus qu'une collection. D'abord, nous nous sommes posée questions « si l'enseignant utilise le manuel X est-ce que ce manuel est l'officiel ». Ainsi, d'une part nous avons trouvé que parmi les 219 enseignants qui utilisent Sésamath, 61 % (soit 135) ne l'ont pas comme manuel officiel. À l'inverse parmi les 164 utilisateurs de Phare seuls 38% (soit 61 enseignants) ne l'ont pas comme manuel officiel. De façon générale, la part des enseignants qui n'utilisent pas du tout le manuel scolaire officiel est inférieure à 3%. Ce qui peut se traduire par l'analyse suivante, la quasi-totalité des enseignants utilisent le manuel officiel et certains le complètent par le manuel Sésamath en premier choix, et Phare en deuxième choix. Ainsi, cette question nous permet de voir que Sésamath est un manuel très utilisé, même s'il

n'est pas le manuel officiel. Ceci peut être lié au fait que Sésamath est le seul manuel à être gratuit et en ligne.

La question suivante s'intéresse au changement et au choix du manuel face à la réforme de 2016. D'abord, 77% des répondants étaient en train de changer de manuel en raison de la réforme de 2016 (question 5 qui était fermée, voir annexe 9). Ensuite, nous nous sommes intéressée aux critères de choix du manuel (question 4 qui était fermée, voir annexe 9). La Figure 4.8 représente les réponses des enseignants face aux 15 critères proposés.

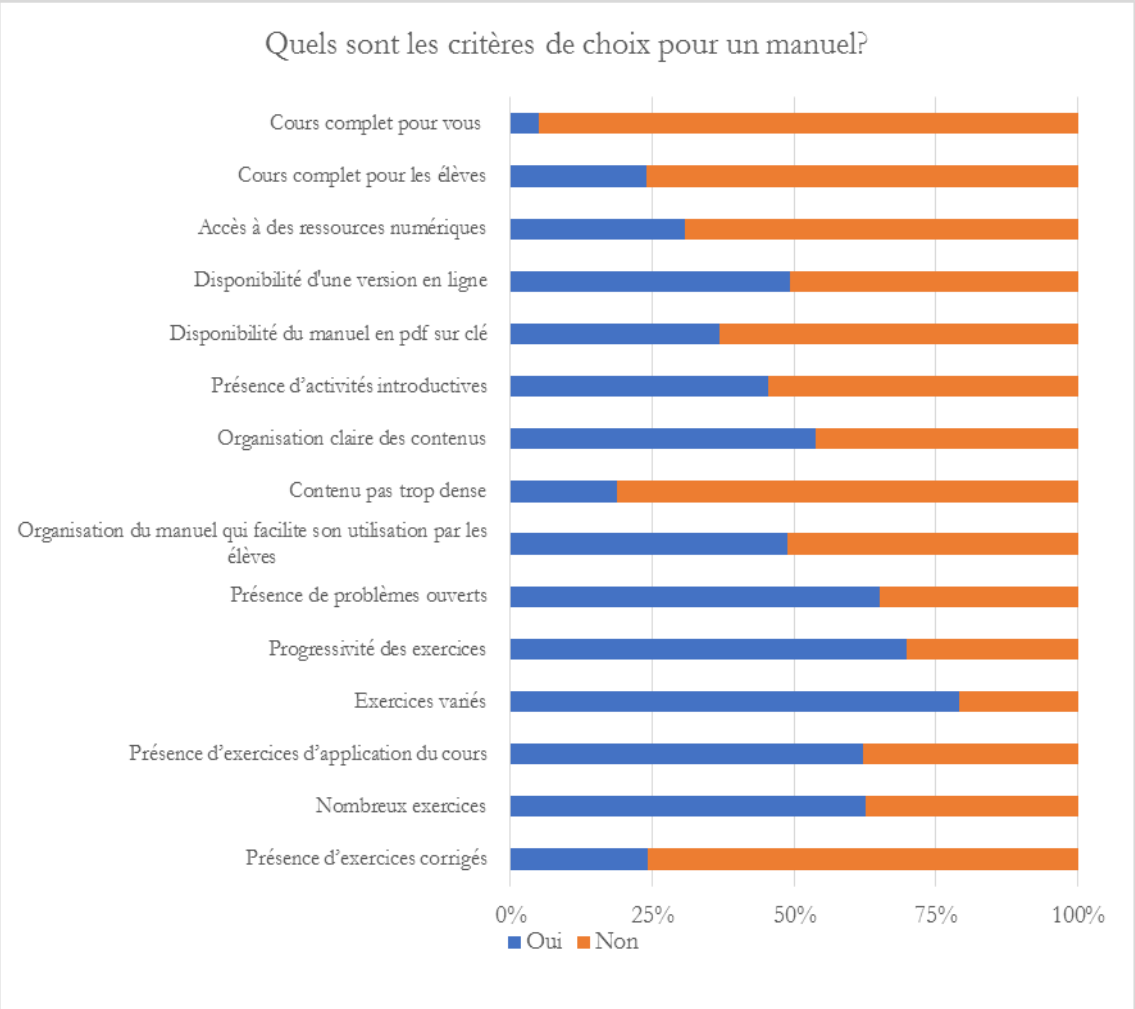

Figure 4.8 - Graphique de fréquence de réponses par critère de choix des manuels

Nous observons dans ce graphique que moins que ¼ des enseignants répondants choisissent leurs manuels par rapport aux critères « cours complet pour vous », « cours complet pour les élèves », « contenu pas trop dense » et « présence d'exercices corrigés ». En revanche, plus de 50% des enseignants répondants choisissent leur manuel en raison de « l'organisation claire des contenus », « présence de problèmes ouverts », « progressivité des exercices », « exercices variés », « présence d'exercices d'application du cours », « nombreux exercices ». Par ailleurs, nous avons les deux extrêmes : 95% des répondants n'ont pas comme critère de choix avoir

« un cours complet » et 75 % ont comme critères chercher « des exercices variés ». Face à ces résultats, nous pouvons inférer que le choix des manuels est très peu lié au cours, mais beaucoup plus aux exercices proposés par le manuel.

Par rapport à nos cas d'étude, nous avons que Viviane utilise « toujours » le manuel Sésamath et Triangle tandis qu'Anna utilise « parfois » le manuel Triangle et Sésamath, qui sont aussi les manuels officiels dans leurs établissements. En ce qui concerne les types des usages du manuel, les deux enseignantes utilisent les manuels pour proposer des exercices aux élèves comme la plupart des enseignants. Cependant, Viviane utilise aussi pour préparer le cours et introduire les contenus, ce qui nous permet d'inférer la place importante que le manuel occupe dans son système de ressources.

Par rapport, aux critères de choix du manuel nous avons : d'abord, que pour Anna la relation du manuel avec le numérique semble être plus important que pour Viviane, puisque pour Anna l'accès à des ressources numériques est un critère de choix ; ensuite, le manuel pour Anna semble être une ressource pour les élèves, puisqu'elle a comme critère de choix « cours complet pour les élèves » et « organisation claire qui facilite son utilisation par les élèves », tandis que Viviane a comme critère seulement le dernier ; par la suite, Viviane a comme critères aussi la « présence de problèmes ouverts » et « présences d'activités introductives », ce qui est cohérent avec le fait qu'elle utilise le manuel pour introduire les contenus ; enfin, les deux enseignantes ont comme critère la « progressivité des exercices » et « l'organisation claire du contenu ». Par ailleurs, les deux enseignantes vont changer de manuel face à la nouvelle réforme.

De façon générale, nous concluons que les cinq manuels plus utilisés sont Sésamath, Phare, Transmath, Triangle et Myriade. Parmi ces manuels, Sésamath est très utilisé même quand il n'est pas le manuel officiel du collège, par contre Phare est surtout utilisé quand il est le manuel officiel du collège. D'ailleurs, nous avons constaté que la plupart des enseignants utilisent le manuel choisi et que plus de la moitié ont participé à ce choix, parmi ceux qui ont participé la plupart étaient d'accord avec le choix final. Par rapport aux groupes d'expérience, très peu de tendances ont été trouvées, nous avons identifié que les enseignants en début de carrière utilisent plus les manuels pour avoir des idées pour le cours que ceux en fin de carrière. Par rapport à la réforme de 2016 plus des ¾ des enseignants ont changé de manuel. Pour cela, les critères de choix de la majorité des enseignants ne sont pas liés à la partie cours, mais aux exercices proposés dans le manuel. Dans la section suivante, nous nous concentrons sur les usages des ressources Sésamath, en particulier des manuels Sésamath.

4.2.3 Ressources Sésamath

La première question demandait aux enseignants s'ils avaient participé au processus de conception de ressources de Sésamath. Nous avons que 10 enseignants ont participé au processus de conception des ressources de Sésamath à un moment donné, et 4 étaient toujours actif dans le collectif (question 8, annexe 9). Par ailleurs, parmi les 10 enseignants qui ont quitté le collectif, 9 l'ont fait par manque de temps.

Ensuite, nous nous sommes intéressée aux ressources Sésamath utilisées et à leur fréquence d'utilisation (question 7, annexe 9). Parmi ces ressources, nous en avons identifié cinq qui sont utilisées de façon significative (c'est-à-dire au moins souvent) : les manuels en ligne (202 enseignants), Mathenpoche (128), manuels papier (119), Labomep (120) et Sésaprof (86). Ainsi, nous observons que le manuel en ligne est la ressource la plus utilisée par les enseignants, ce qui fait écho au fait que le manuel papier est aussi utilisé de façon significative.

Nous attirons l'attention sur un phénomène lié aux usages des manuels scolaires Sésamath. 80 % des enseignants utilisent au moins « parfois » le manuel en ligne, ainsi nous pouvons voir l'importance de cette ressource pour les répondants. D'ailleurs, nous avons interrogé les enseignants sur la présence des manuels en classe ou à la maison pour les élèves. Nous avons que 164 des répondants affirment que élèves ont leurs manuels chez eux, 121 précisent qu'ils les ont en classe et 111 que les élèves les ont à la fois chez eux et en classe.

Dans la question suivante, nous nous sommes intéressée aux usages des sections du manuel Sésamath et à leurs fréquences respectives. Dans la Figure 4.9, nous présentons les résultats.

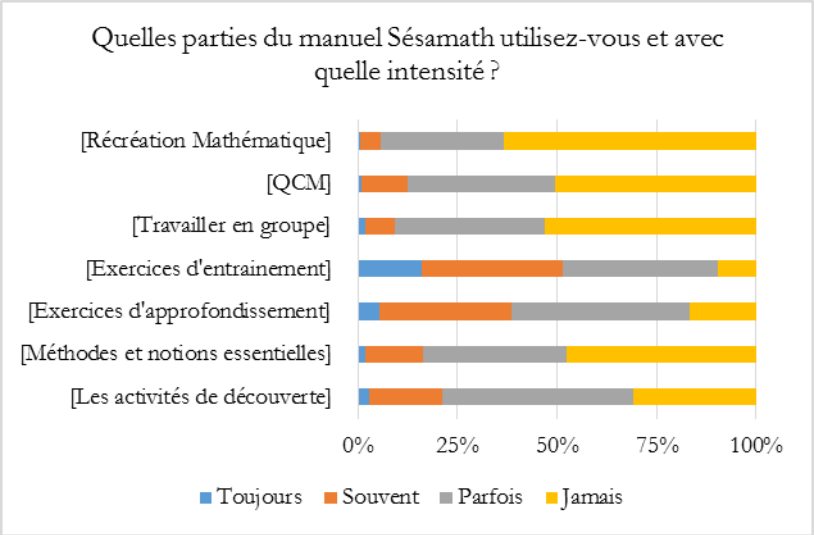

Figure 4.9 - Graphique de fréquence de réponses par item

Nous pouvons observer que les sections les plus utilisées sont « exercices d'entrainement » et « exercices d'approfondissement ». Ainsi, le manuel Sésamath, quand il est utilisé est plutôt utilisé pour avoir des exercices. Par ailleurs, nous avons demandé leurs avis aux enseignants par rapport aux « niveaux des exercices », à « la variété des exercices », au « nombre des exercices et aux « explications théoriques ». Il apparaît que, pour les exercices, 100 enseignants sont satisfaits tandis que les explications théoriques sont jugées moins satisfaisantes (seuls 69 enseignants sont satisfaits).

Dans le cas de nos sujets de recherche, nous observons que Viviane utilise plus les ressources Sésamath qu'Anna. En effet, Viviane utilise plus les manuels en papier et en ligne qu'Anna (*toujours* versus *parfois*). De même, pour l'utilisation de Labomep et Sésaprof qu'elle utilise « *souvent* » tandis qu'Anna « *parfois* ». Nous rappelons que les deux enseignantes ont le manuel Sésamath comme manuel scolaire officiel, de plus ses élèves ont le manuel à la maison et dans le cas d'Anna en classe aussi. Encore une fois la fréquence des usages de manuel par Viviane est annoncé plus forte que pour Anna, puisque : Viviane utilise « *souvent* » le manuel pour donner « *des exercices d'approfondissements* » et « *d'exercices d'entrainement* » tandis qu'Anna les utilise « *parfois* » ; ensuite, Viviane utilise « *souvent* » le manuel pour trouver des « *activités de découverte* » tandis qu'Anna « *jamais* » ; enfin, Viviane utilise « *parfois* » aussi la partie « méthodes et notions essentielles » et « *travailler en groupe* » et Anna « *jamais* ». Tout cela nous permet d'inférer que les ressources Sésamath ont une importance plus significative chez Viviane que chez Anna. Cette donnée est intéressante, puisqu'Anna a participé pendant 4 ans aux relectures du manuel en ligne au début de sa carrière, mais ici on voit un usage marginal des ressources proposées par l'association.

D'une façon générale, les ressources Sésamath sont utilisées par la plupart des enseignants qui ont répondu à notre questionnaire. Nous avons eu des résultats plus précis sur les manuels scolaires, puisque les enseignants l'utilisent plutôt pour avoir des exercices puisque leur niveau et leur variété sont jugés satisfaisants.

Dans la section suivante, nous nous intéressons au travail collectif des enseignants

4.2.4 Travail collectif et les renouvellements de vos ressources

D'abord, nous nous sommes intéressée au travail collectif des enseignants (question 9, annexe 9). Notre première question a été de savoir si les enseignants participent à des collectifs : APMEP, IREM, collectif dans l'établissement et autres. La première chose que nous avons constatée est qu'il y a 274 (67%) répondants qui ne disent participer à aucun collectif (Figure 4.10), d'ailleurs ces enseignants n'ont pas désigné d'autres collectifs dans l'option « autre » qui était ouverte (9,2 % des enseignants l'ont rempli) ; il y a, par ailleurs, trois enseignants (0,7%) qui participent au moins à quatre collectifs, parmi eux Anna et Cindy.

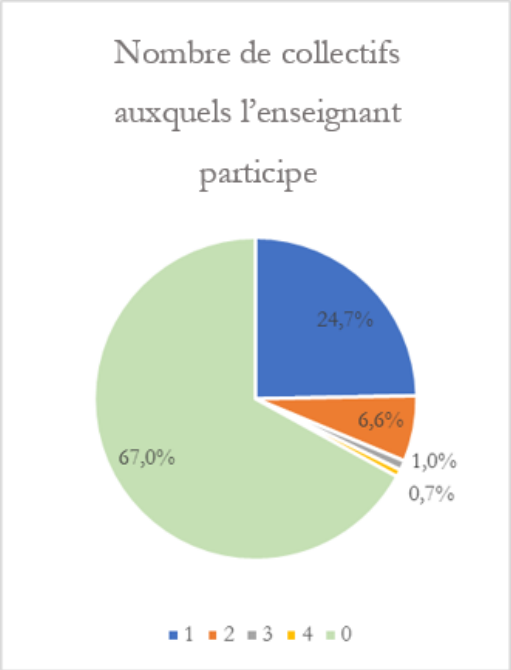

Figure 4.10 – Graphique de nombre des collectifs auxquels un enseignant participe

Parmi les collectifs identifiés, 43 enseignants participent à l'IREM, 27 à l'APMEP, 66 à un collectif dans l'établissement et 38 autres. Nous pouvons observer dans cette question que le mot « collectif » pour les enseignants n'est pas forcement associé au travail qu'ils réalisent à l'intérieur de leur établissement. Nous avons utilisé le mot « collectif » dans le questionnaire qui est assez courant dans notre domaine de recherche, mais qui semble avoir une autre signification chez les enseignants que notre questionnaire n'a pas réussi à repérer. Celui-ci nous fait remettre en cause la formulation de la question, puisque nous aurions des réponses très différentes si nous avions demandé si les enseignants échangeaient avec des collèges dans et hors établissements.

Ensuite, nous avons aussi interrogé les enseignants pour savoir s'ils utilisaient des espaces de stockage en ligne, puisque cela peut favoriser l'échange à l'intérieur des collectifs (question 10). Nous avons que 74% (soit 302) des répondants utilisent ou moins un espace de stockage, dont 42 % (soit 172) utilisent plus qu'un espace de stockage. Nous soulignons ici l'importance des plateformes en nuage pour stocker et/ou partager leurs ressources.

Pour finir, nous nous sommes intéressée à la question du renouvellement des ressources, qui est liée à notre intérêt de recherche pour analyser les événements qui transforment les systèmes de ressources des enseignants (§ 2.5). D'abord, nous avons considéré les

circonstances qui ont provoqué des changements dans les ressources utilisées par les enseignants (question 11, annexe 9). Ainsi, nous avons proposé treize possibilités (Figure 4.11).

Figure 4.11 – Graphique de fréquence de réponses des raisons ayant amené à supprimer une ressource d'un répertoire partagé

Parmi les options proposées les trois réponses les plus fréquentes sont : les changements de programme (189 répondants, 46%), l'échange d'expérience avec un collègue (176 répondants, 43%) et une découverte fortuite sur internet (121 répondants, 30%) et 17 personnes ont signalé avoir d'autres raisons.

Par ailleurs, nous nous sommes intéressée aux stratégies adoptées par les enseignants devant un manque de ressources (question 12, annexe 9). Ainsi, nous avons demandé « *la dernière fois que vous avez réalisé qu'une ressource vous manquait, qu'avez-vous fait ?* ». Nous avons proposé cinq options que nous présentons ici avec leurs pourcentages respectifs : 81% (333) des enseignants « recherche[nt] sur internet », 43% (176) des enseignants « demande[nt] à un collège », 13% (55) des enseignants « discute[nt] dans un collectif de collègues », aussi 13% des enseignants « recherche[nt] dans une revue sur l'enseignement de mathématiques » et 5%

(22) des enseignants affirment avoir d'« autres » stratégies. Nous réaffirmons ici l'importance d'internet pour le travail documentaire des enseignants qui ont répondu le questionnaire.

Par rapport à nos sujets de recherche, nous avons que Viviane répond qu'elle ne participe à aucun collectif. Notre suivi du travail de Viviane nous permet de montrer ici que la compréhension du travail collectif par l'enseignante est différente de celle assumée dans la thèse. Nous avons montré dans nos analyses (§ 7 et § 8) la forte implication de l'enseignante dans le travail collectif dans l'établissement. Dans le cas d'Anna, nous avons qu'elle est dans un groupe restreint des enseignants qui annoncent participer à plusieurs collectifs, ce qui est aussi confirmé dans nos analyses (§ 5 et § 6). D'ailleurs, par rapport aux espaces de stockage de ressources en ligne, Anna utilise « toujours » trois espaces de stockage pour pouvoir partager ses ressources avec plusieurs autres collectifs auxquels elle participe, tandis que Viviane utilise un pour partager les ressources avec les collègues dans son établissement.

Nous avons aussi observé des différences entre les événements qui sont marqueurs des transformations dans le système de ressources pour les deux enseignantes analysées. Nous avons des événements qui ont transformé le système de ressources d'Anna et pas de Viviane, ce sont : « *participation à un processus de conception collaborative de ressources* », « *discussion dans un groupe de recherche* », « *participation à un congrès* » et « *une découverte fortuite sur internet* ». Nous observons que ces circonstances sont très liées à la forte liaison d'Anna avec la recherche (§ 3.3.2). Les autres circonstances sont communes aux deux enseignants : « *discussion dans une réunion du collège* », « *les changements de programme* », « *un changement d'établissement scolaire* », « *un changement de niveau d'enseignement* » et « *échange d'expérience avec un collègue* ».

En ce qui concerne les stratégies adoptées par les deux enseignantes face au manque de ressources, nous avons constaté des différences et similitudes dans le cas de Viviane et Anna. D'abord les similitudes puisque quand les deux enseignantes font face à un manque de ressources elles « demande[nt] à un collègue » et « recherche[nt] sur internet ». Ensuite les différences puisqu'Anna a comme autre stratégie de faire des « discussions dans un collectif de collègues » et elle « recherche [les ressources manquantes] dans [des] revue sur l'enseignement de mathématiques ». Nous observons ici encore une fois l'influence du travail collectif et de la recherche sur le système de ressources d'Anna.

Dans cette section, nous avons mis en évidence que c'est le travail collectif dans l'établissement qui est le plus fréquent (la notion de collectif et de travail collectif sont sujettes à interprétation du répondant : nous pouvons faire l'hypothèse que, pour la plupart des enseignants, les réunions ordinaires – conseils d'établissement, réunion avec des collègues…

ne sont pas considérées comme des occasions de « collectifs »). D'ailleurs, très peu des enseignants participent à plus de deux collectifs pour créer ses ressources. Les ressources en ligne sont aussi très marquantes pour les enseignants puisqu'elles sont utilisées pour stocker les ressources, mais aussi comme un moyen de faire face à un manque de ressources et elles permettent de gérer des changements fortuits sur les ressources. Pour finir, nous avons remarqué que c'est pour faire face à un changement de programme ou comme résultat d'échanges avec des collègues, que les enseignants ont plus tendance à renouveler leurs ressources.

4.2.5 Changement curriculaire de 2016

D'abord, nous avons demandé aux enseignants quelles actions ils avaient déjà mis en place (le questionnaire a été ouvert entre juin et août 2016) pour préparer la mise en œuvre du nouveau programme (question 13, annexe 9). 95% des répondants ont déjà commencé à lire les programmes, 92% à discuter avec les collègues, 80% à participer à des formations, 44% à préparer le travail avec les collègues d'autres disciplines, 38% à concevoir de ressources adaptées et finalement, 16% à participer à des groupes de recherche. Nous observons que la majorité des enseignants ont commencé à penser à comment mettre en œuvre les nouvelles propositions.

Ensuite, nous nous sommes intéressée aux thématiques choisies par les enseignants pour travailler *l'enseignement pratique interdisciplinaire* (nommée « EPI » plus de détail voir section 1.3 ; pour voir la question 14 voir l'annexe 9). 62% des répondants ont choisi le thème « *sciences, technologie et société* », 50% « *corps, santé, bien-être et sécurité* », 29 % « *transition écologique et développement durable* », 26% « *culture et création artistiques* », 26% « *monde économique et professionnel* », 18% *« langue et cultures de l'antiquité »* et 8% *« langues et cultures étrangères/ régionales »*. Le thème plus choisi a été ainsi « sciences, technologie et société » et en opposé les moins choisis sont les thèmes liés à l'enseignement des langues.

Nous avions posé une question concernant les thèmes sur lesquels les enseignants se sentaient le plus en manque des ressources. Dans la Figure 4.12, nous présentons les pourcentages de réponses (question 15, annexe 9).

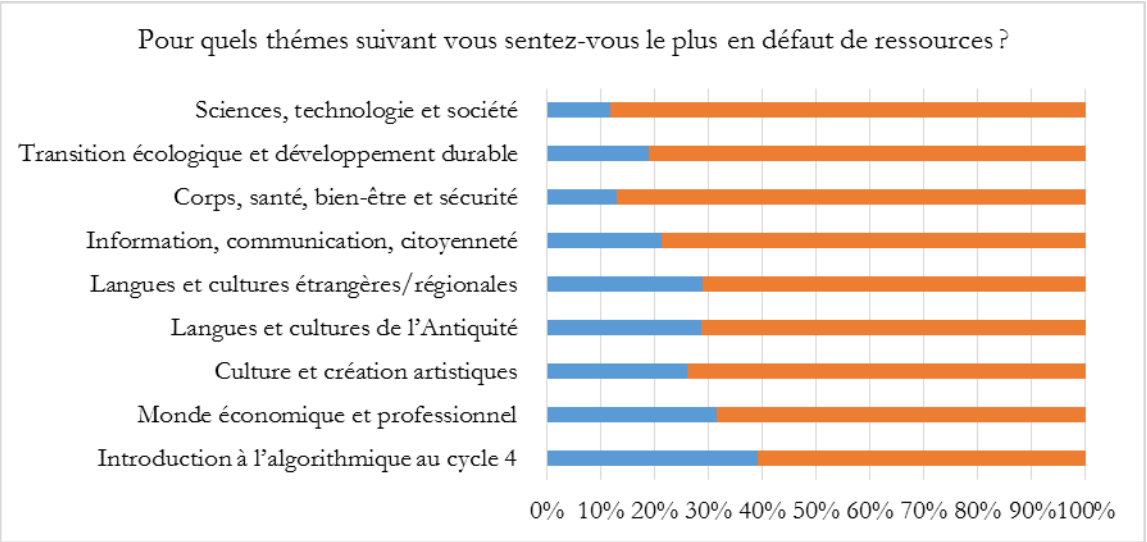

Figure 4.12- Graphique de fréquence de réponses sur les thèmes où est ressenti un défaut de ressources

Nous constatons que le thème avec lequel les enseignants se sentent le plus de manque de ressources est l'introduction à l'algorithmique au cycle 4. Par ailleurs, si nous croisons cette question avec la question précédente nous pouvons observer que les EPIs moins choisies sont parmi celles où les enseignants sentent le plus fort manque de ressources.

Ensuite, nous avons proposé la question ouverte « *pourriez-vous dire (en utilisant 150 caractères maximum) ce qui vous demandera le plus de travail dans la mise en œuvre du nouveau programme ?* » (question 16, annexe 9). Nous avons 316 réponses non vides. Notre analyse lexicale nous a permis de repérer les mots significatifs[34] les plus cités. Nous présentons dans la Figure 4.13 les fréquences d'occurrence de mots.

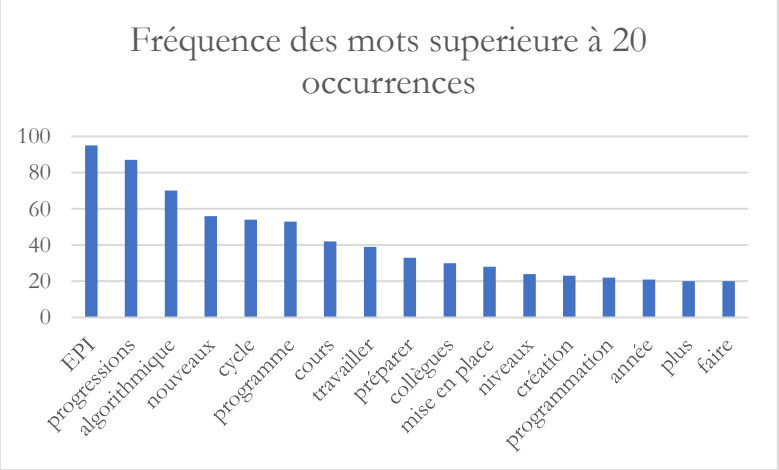

Figure 4.13 – Fréquence des mots dans les réponses de la question

[34] Nous avons exclu les articles et mots de liaison de cette analyse

Nous pouvons observer dans les mots récurrents certains indices de ce qui demanderait le plus de travail pour les enseignants. Nous observons que les trois mots les plus cités - qui seront nos thèmes d'analyse - sont EPI, progression et algorithmique. Ce fait est cohérent avec ce que nous avons présenté (§ 1.3) sur la restructuration de l'enseignement qui engendre l'enseignement par cycle, les nouvelles interactions entre les disciplines et l'introduction de l'algorithmique.

Nous avons constaté que 94 réponses concernent « le travail avec les EPI », 82 pour la « création des progressions » et 72 à « l'enseignement de l'algorithmique ». Pour donner des exemples des réponses des enseignants, nous présentons dans la suite les cinq premières réponses trouvées avec la plus grande quantité de caractère pour chaque thème (sans répétition).

En ce qui concerne le thème « le travail avec les EPI » nous avons les réponses suivantes et un nuage des mots à côté :

Tableau 4.2 – Cinq réponses liées au thème « le travail avec les EPI » et le nuage des mots avec toutes les réponses

R1.	Les EPI, l'AP et l'organisation du nouveau programme sous la forme de séquence alors que jusqu'ici il fallait penser chapitre. Toute la réorganisation	
R2.	Revoir les progressions ; préparer les EPI ; préparer les AP ; réfléchir à la formation et à l'évaluation avec les compétences du socle et du programme	
R3.	Création des deux EPI qui restent pour l'instant à l'état d'idée peu avancée. Recherche de ressources pour l'AP en 6ème (initiation aux logiciels)	
R4.	La constitution des EPI, car ces derniers ne m'ont pas encore été communiqués ne sachant pas dans quel établissement et classes je serai affecté.	
R5.	La progression par cycle, la mise en place des EPI par thème impose par niveau, la concertation avec les collègues, l'accompagnement personnalisé.	

Les enseignants ont souligné plus de deux thèmes à prendre en considération face aux nouveaux programmes. Dans les réponses présentées, nous observons que : dans deux réponses il y a une incertitude autour de ce qui sera fait comme EPI (R3 et R4) ; deux réponses concernent la préparation de la progression (R2 et R5), parmi les réponses citant

les EPI 23% citent aussi « progression » ; enfin, une des réponses (R5) souligne l'interaction avec les collègues, thème aussi présent dans 32 % des réponses.

Par rapport au thème « création des progressions » nous avons les réponses et le nuage de mots ci-dessous :

Tableau 4.3 Cinq réponses liées au thème « *création des progressions* » et le nuage des mots avec toutes les réponses

R1.	Travailler sur le cycle 3 avec mes collègues PE provenant de 7 écoles Choisir le "bon" manuel avant la fin de l'année Rétablir une progression spiralée	
R2.	Concevoir une progression sur 3 ans. -Différencier pour les élèves -Préparer EPI et AP. Le problème est de changer les 4 niveaux en une seule année scolaire	
R3.	Progressions communes et annuelles, adaptations aux nouveaux manuels, parties nouvelles du programme, EPI, nouveau DNB, multiplication des réunions...	
R4.	Dans un premier temps, la répartition des programmes du cycle 4 (commencée) puis élaboration de progressions communes. Plus tard, séances d'AP et EPI.	
R5.	Organiser l'enseignement en tenant compte de tous les critères imposés : progression, concertation avec les autres disciplines ...sur les 4 niveaux !	

Nous observons dans les cinq réponses : que les réponses mettent en évidence le travail de mettre les progressions à jour pour une approche par cycle, parmi les 82 réponses de ce thème 26 parlent aussi de cycle (voir nuage aussi) ; une réponse (R2) met en évidence la problématique de changer tous les quatre niveaux en même temps. Pour finir, dans le nuage nous pouvons aussi remarquer les mots « communes », « concertation » et « collègues » qui nous permet d'inférer un travail collectif pour adapter la progression. Encore dans le nuage, nous observons la corrélation entre la citation de progression (82 réponses) et l'enseignement de l'algorithmique (22). Par ailleurs, en ce qui concerne « l'enseignement de l'algorithmique », nous avons le tableau ci-dessous.

Tableau 4.4 - Cinq réponses liées au thème « *l'enseignement de l'algorithmique* » et le nuage des mots avec toutes les réponses

R1.	L'introduction de l'algorithmique dans les cours, la création d'une nouvelle progression et la construction de séance d'A.P prendront le plus de temps	

R2.	Modifier les progressions des différents niveaux et préparer les nouveaux cours. Se former en algorithmique pour être capable de l'expliquer aux élèves.	
R3.	Contenu des séances d'AP et évaluations différenciées mise en place des EPI (concertations avec collègues, réalisation dossier, évaluation) algorithme	
R4.	Travailler sur les 4 niveaux en même temps. Rencontrer les écoles primaires. Rencontrer les collègues pour la préparation des EPI. Introduire l'algo.	
R5.	- Répartition du cycle 4 sur les 3 années+ progression. - création ressources : questions flash, scratch - Algorithmique + scratch : progression...	

Nous avons présenté dans le Tableau 4.4 : deux réponses qui mentionnent explicitement que les enseignants sont concernés par l'introduction de l'algorithmique (R1 et R4), en particulier une réponse montre une corrélation avec le cours qui a été aussi vrai pour 6 autres réponses ; une réponse met en évidence le besoin de l'enseignant de se former pour se préparer à ce nouveau thème (R2) ; nous avons aussi deux réponses qui mettent en évidence la corrélation entre l'algorithmique et le changement de progression. Dans le nuage de mots, nous observons que des mots sont liés au thème « l'enseignement de l'algorithmique », nous attirons l'attention pour « préparation », « programmation », « cours », « progression », « notion » qui nous donne une idée du travail documentaire à faire.

Nous passons maintenant à la dernière question du questionnaire « *quel est votre point de vue par rapport à ce nouveau programme ?* » (Question 17, annexe 9). Nous exposons dans la

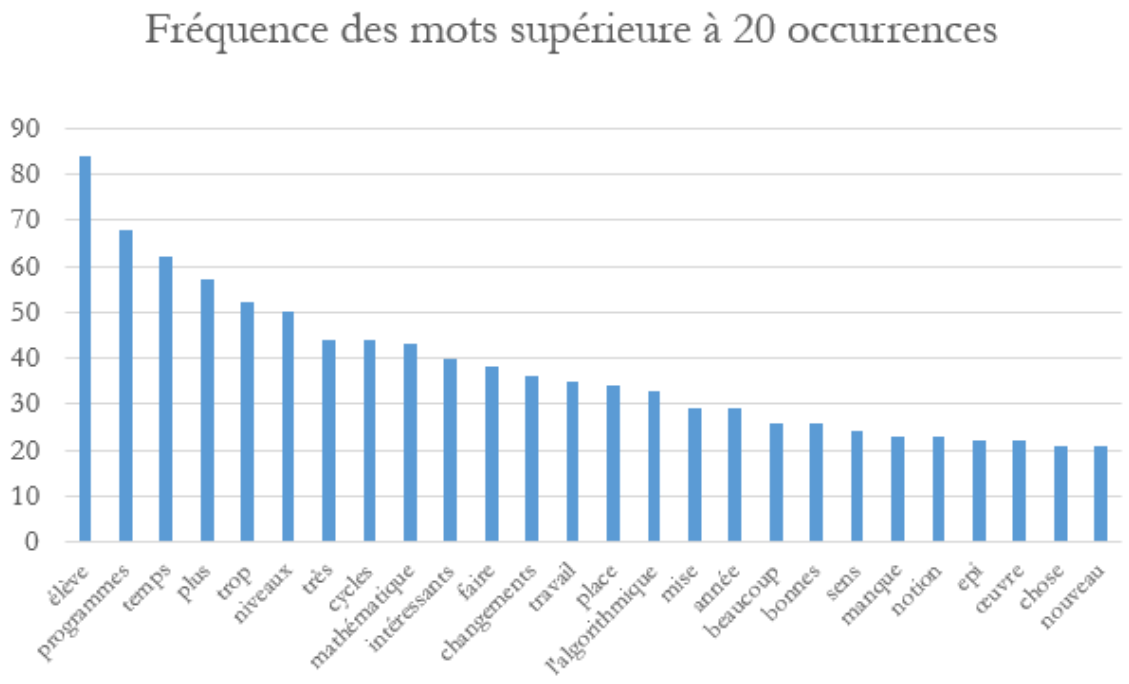

Figure 4.14 la fréquence d'occurrence des mots dans les 312 réponses non vides.

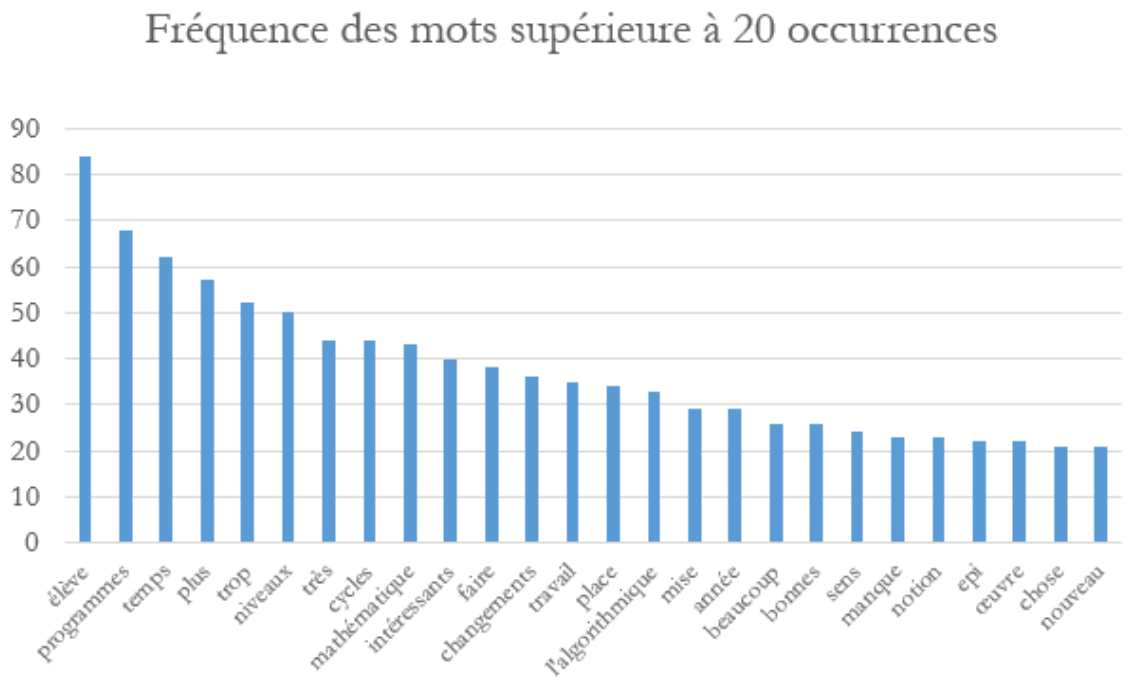

Figure 4.14 - Fréquence des mots dans les réponses de la question 17

Nous observons dans la

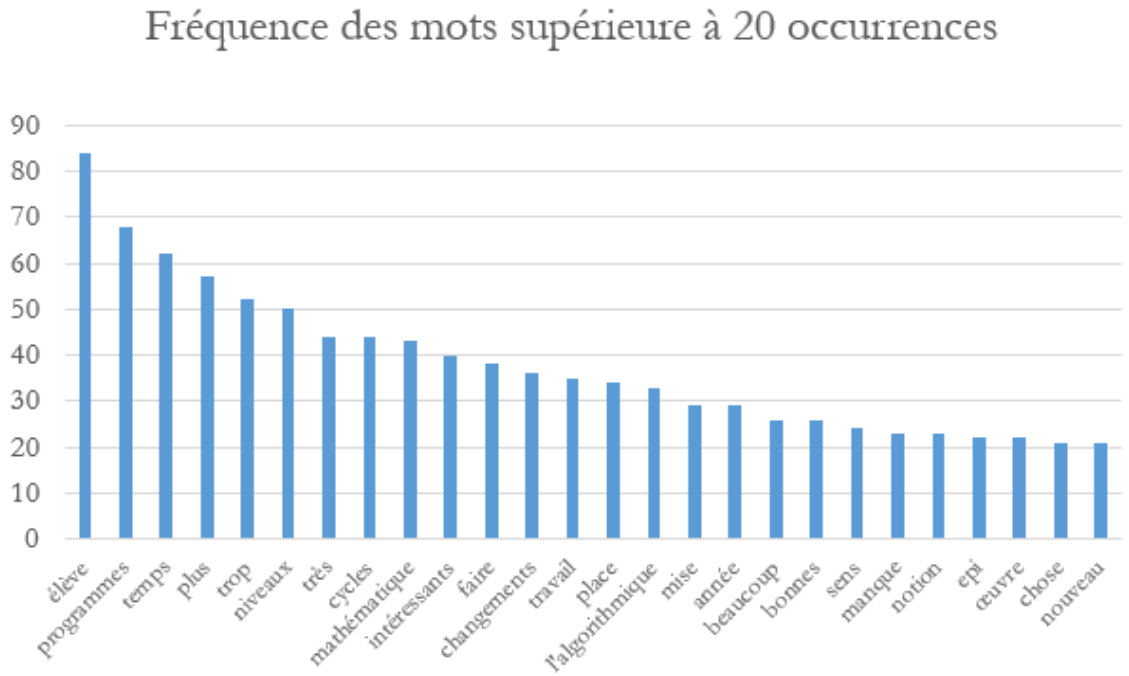

Figure 4.14 que les mots les plus fréquents sont élèves, programmes et temps. Ainsi, nos thèmes d'analyse sont « travail des élèves », « le programme » et la « gestion du temps ».

Par rapport au thème « travail des élèves » (70 réponses) nous avons les réponses et un nuage des mots correspondant à toutes les réponses à la question ci-dessous :

Tableau 4.5 - Cinq réponses liées au thème *« travail des élèves »*

R1.	Nous formerons des *élèves aux profils différents du profil formé actuellement* Nos élèves seront -à terme- plus *autonomes, plus de brouillards, plus investis*. Par contre, ce gain se fera au dépend des contenus d'enseignement. Comment peut-on croire que les EPI favoriseront l'acquisition des connaissances ? De plus, nous ne parviendrons pas à débloquer la réticence d'une partie des élèves à l'égard des maths en ajoutant des heures d'AP... Certains élèves auraient simplement besoin d'un allégement drastique des contenus d'enseignement pour pouvoir se concentrer sur l'essentiel.
R2.	*Je la trouve intéressante sur le fond*, mais très rigide sur la forme (contrainte d'horaires hebdomadaires fixes pour les élèves). Pour les répartitions de services (on est en plein dedans), c'est très compliqué : les temps partiels, agrégés, temps complets qui souhaitent ou pas d'heures supplémentaires ... *à combiner avec les heures fixes que les élèves doivent avoir, les AP/EPI ne servent plus les élèves*, mais servent juste à ajuster nos services !
R3.	Le nouveau programme laisse plus de liberté aux enseignants et nous oblige à revoir nos pratiques, à différencier notre pédagogie et favoriser le travail de groupe. *Je trouve cette approche très intéressante, mais je m'interroge sur la poursuite des études par certains élèves et notamment la liaison collège lycée* (les professeurs de lycée connaissent-ils les conséquences de ce changement de programme et vont-ils s'y adapter ?)

R4.	*Sur le fond pourquoi pas,* mais incompréhension de la mise en place des 4 niveaux en même temps et de la réorganisation du temps de travail en parallèle. *Sentiment que les bons élèves de milieux défavorisés vont en pâtir.* Comment appliquer cette réforme sans moyens ? Impression que les maths passent aux seconds plans et que cela réduit l'égalité des chances. (*Rôle social des maths comme aide à la sélection pour les élèves défavorisés)*
R5.	*Je pense que c'est une très bonne chose de vouloir être au plus proche de nos élèves*, de toujours repartir de leurs acquis réels (et non d'un niveau qu'ils sont censés avoir atteint) J'aime beaucoup la liberté que nous avons au niveau de la progression, qui nous permettra de mieux ajuster nos contenus aux besoins des autres matières (actuellement nous voyons les puissances de 10 après qu'ils en aient besoin en Sc Physiques !!!)

Nous observons dans ces cinq réponses que la plupart mettent en évidence une position plutôt favorable par rapport la mise en œuvre des programmes, mais en soulignant la complexité de leur mise en œuvre. D'ailleurs, dans le nuage des mots nous observons qu'il y a des mots qui montrent une vision positive du travail des élèves « bien », « intéressant » et « bonne » (Figure 4.15). Plus particulièrement dans les questions présentées dans le Tableau 4.5 nous observons : d'abord, que deux réponses (R1 et R5) exposent des contributions pour le travail des élèves « plus autonomes » et « vouloir être au plus proche des élèves », par ailleurs le mot « plus » et « élèves » ont été en corrélation dans 23 réponses ; ensuite, deux réponses (R2 et R4) montrent les besoins d'organisation qui engendrent les nouveaux programmes notamment en relation avec le temps, les mots « élèves » et « temps » ont été en relation dans 16 réponses ; deux réponses (R3 et R5) mettent en évidence aussi les rôles des enseignants qui auraient plus de liberté.

Figure 4.15 – Nuages de mots pour le thème « travail des élèves »

Pour ce qui concerne le thème « le programme » nous avons les réponses suivantes et un nuage des mots correspondant à toutes les réponses à la question à côté :

Tableau 4.6 - Cinq réponses liées au thème *« les programmes »*

R1.	1) Très bonne idée des EPI (mais le diable est dans les détails organisationnels). 2) A.P [accompagnement personnalisé des élèves] d'avantage douteuses organisationnellement. 3)*Programme vraiment bien pensé, avec énormément d'exemples concrets déjà fournis* : TB ! 4)Documents d'accompagnement SUPERS ! (Dommage que certains ne soient pas encore disponibles : ça devient urgent...). 5)Très bonne démarche d'enlever beaucoup de géométrie et de mettre davantage de probas et de la programmation (quoi qu'un peu trop désormais). 6)Toujours pas assez de place aux

	statistiques et à la démonstration par inférence. 7)Confrontation avec problèmes matériels : pas assez de moyens humains pour une bonne maintenance du parc informatique des collèges.
R2.	J'enseigne à l'étranger où les enfants bougent dans l'année ou année par année d'un établissement à l'autre. *Il était déjà difficile de rattraper le programme dans l'année en cours alors sur tout un cycle* ... Le fait de laisser l'enseignant choisir est très bien, mais dans un monde où les enfants suivent des parents qui restent 1 ou 2 ans au même endroit, les choses se compliquent si la progression de cycle n'est pas la même d'un établissement à l'autre. *Pour le programme en lui-même il faut l'expérimenter pour voir ce qu'il en ait exactement.*
R3.	Le changement d'un coup des 4 niveaux du collège me semble trop ambitieux et risque d'être de la poudre aux yeux parce qu'on n'aura pas le temps de préparer correctement les changements des 4 niveaux en même temps, on sera obligé de proposer des changements superficiels. *Un réel travail de formation sur les changements de programme tout au long des 4 années aurait été plus judicieux.* C'est donc la forme que je critique, le fond va dans le bon sens en mathématiques, à mon avis.
R4.	Le programme de mathématiques est toujours dense, mais avec encore moins d'heures...Les nouveaux programmes qui mettent l'accent sur la mise en pratique des math *semblent très intéressants, mais le manque d'heures et les programmes toujours aussi chargés ne permettront sûrement pas d'explorer convenablement ce point-là, qui pourtant donne toute la force aux math...*
R5.	*Ces nouveaux programmes diminuent le temps d'enseignement des maths* ; le travail transversal est bien s'il n'empiète pas sur l'enseignement des bases ; et appliquer le programme en même temps à ts les niveaux est une aberration et dommageable pour les élèves et les profs. Moins de temps pour préparer les cours s'il faut reprendre tous les niveaux en mm temps.

Dans le cas des réponses qui ont mentionné le thème « programme(s) » (58 réponses), on constate qu'elles sont plutôt liées à la complexité de mise en œuvre tant pour ceux qui sont en faveur que pour ceux qui sont contre la réforme. Dans le nuage de mots par exemple, on remarque les mots « difficiles », « manque », « plus », « travail », « temps » qui peut nous aider à inférer le thème des réponses qui les contenaient. Dans le cas spécifique des cinq réponses présentées dans le Figure 4.16, nous avons : trois réponses (R1, R3 et R4) qui montrent le côté positif du programme, mais soulignent les complexités dans leur mise en œuvre notamment par rapport aux questions organisationnelles, au manque de personnel, au manque de temps, à la densité des programmes et au manque de formation ;

Figure 4.16- Nuages de mots pour le thème « le programme »

deux réponses (R2 et R5) indiquent une méfiance par rapport aux propositions des programmes notamment sur la densité des programmes et des temps d'enseignements.

Par rapport au thème « gestion du temps », les réponses et un nuage des mots correspondant sont présentés ci-dessous :

Tableau 4.7 - Cinq réponses liées au thème *« gestion du temps »*

R1.	Les manuels sont peu adaptés. Les activités des manuels sont sur des sujets éloignés de la réalité d'adolescents de 11 à 14 ans. Les EPIs sont constitués de manière à réunir des professeurs autour d'un thème. Comment convaincre si soi-même on n'est pas intéressé par le sujet. *La pédagogie par projet à ses limites : rendement des compétences acquises sur temps passé faible*, *focalisation sur la forme de la production finale au détriment des connaissances.* L'AP, je trouve cela plutôt positif.
R2.	Nous fonctionnons depuis des années dans le même sens, étant en rep. La différentiation, les aides persos... *Par contre, réduire les temps d'apprentissage ne me semblent pas judicieux, les élèves travaillant plus au collège que chez eux (dans notre contexte).* Donc sauf le travail transversal qui ne me semble pas nécessaire à ce point, et l'enseignement de l'algorithmique, pas de chgt fondamental pour ma part.
R3.	Enseignant en REP+, nous devrions bénéficier des 2h d'enseignement de complémentarité, bien que nous ne proposions ni langues anciennes ni langues régionales, pour faire du FLE ou encore *pour avoir un peu plus de temps pour pouvoir réellement pratiquer un enseignement explicite à la vitesse de nos élèves.*
R4.	J'aurais souhaité une progressivité de mise en œuvre. J'attendais l'arrivée en force des compétences donc j'accueille le nouveau socle positivement. *J'apprécie les adaptations visant un enseignement des maths plus en phase avec son temps.*
R5.	Intéressant, mais qui ne se rapproche pas encore assez à mon goût d'une construction sensée des concepts […] ou *dégageant un temps réel pour la recherche par les élèves de tâche complexes*

Il est plus difficile pour les réponses liées à la « gestion du temps » (54) de mettre en évidence une tendance, en effet le temps est toujours associé à d'autres mots comme « élèves » ou « programme ». D'ailleurs, dans le nuage de mots (Figure 4.17) nous ne pouvons pas tirer d'inférences particulières. Ainsi nous avons regardé en détail d'autres questions pour mettre en évidence ce qui est associé au temps, nous avons : « rendement des compétences acquises sur temps passé faible » (R1), réduction du temps d'apprentissage » (R2), « avoir un peu plus de temps pour réellement pratiquer » (R3) « plus

Figure 4.17 - Nuages de mots pour le thème « gestion du temps »

en phase avec son temps » (R4); « pas assez de temps pour la recherche par les élèves » (R5) ; « pas de temps de préparer », « réduire les temps d'apprentissage », « diminue temps d'apprentissage », « moins de temps pour préparer les cours », « programme trop conséquent par rapport au temps disposé », « crains de mal gérer le temps », « pas de temps », « on ne sait pas quel temps y consacrer », « manque de temps et de moyen », « peu de temps d'échanges prévus », « trop de choses à faire dans très peu de temps », « trop peu de temps pour mettre en œuvre », « au détriment des temps d'enseignements », entre autres. Dans toutes les réponses observées, nous avons plutôt une perception du temps comme étant insuffisant.

Nous nous intéressons maintenant au cas des deux enseignantes analysées dans la thèse. Au moment où les enseignantes ont répondu au questionnaire, elles avaient déjà commencé à se préparer pour faire face aux nouveaux programmes : en lisant les programmes, en concevant des ressources adaptées, en participant à des formations, en discutant avec les collègues des mathématiques et d'autres disciplines. L'unique différence qui a été présentée a été qu'Anna a aussi participé à des groupes de recherche pour se préparer aux nouveaux programmes.

En ce qui concerne les choix d'EPI, dans le collège de Viviane ils en ont choisi deux « corps, santé, bien-être et sécurité » et « sciences, technologie et société » tandis que dans le collège d'Anna ils ont choisi seulement la dernière. Par rapport aux thèmes pour lesquels les enseignantes se sentent le plus de défauts de ressources : dans le cas d'Anna il s'agit de « l'introduction de l'algorithmique et programmation » ; dans le cas de Viviane ce sont « monde économique et professionnel », « langues et cultures de l'antiquité » et « langues et cultures étrangères/régionales ».

Plus particulièrement dans les questions ouvertes Viviane a souligné le point qui demandera le plus de travail en disant « *création des EPI / gestion de l'AP [Accompagnement Personnalisé] / création de ressources pour les nouvelles parties du programme* » et Anna « *l'organisation en cycle et le choix en équipe de la progressivité. L'algorithmique, transformations...* ». Dans ce qui concerne leur point de vue sur les programmes Viviane déclare « *plutôt bon avec les EPI (même si la mise en œuvre est à améliorer) ...* » et Anna « *je le trouve très ambitieux, peu de notions en moins et moins d'heures en 3ème pour le traiter.* ». Nous observons dans ces deux questions que les enseignantes mettent en avant certains points qui vont être complexe à mettre en œuvre, Viviane est satisfaite avec le travail interdisciplinaire proposé et Anna concerné par le temps dédié à la mise en œuvre.

D'une façon générale, nous avons présenté dans cette section des résultats qui nous permettent de voir la complexité des changements de programme. Nous avons souligné que, dans l'année qui précédait les changements de programme, plus des ¾ des enseignants

avaient déjà commencé à lire les programmes, participer à des formations et se concerter avec les collègues. Par rapport aux EPI, le thème qui intéresse le plus les enseignants est celui de « *sciences, technologie et société* » qui est d'ailleurs celui pour lequel ils se sentent le moins en défaut de ressources. Par contre, les thèmes qui intéressent le moins les enseignants sont ceux liés aux enseignements de langues qui d'ailleurs sont parmi les trois pour lesquels ils se sentent le plus en défaut de ressources. Le défaut de ressources est aussi constaté pour l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation. D'ailleurs, une part des enseignants considère que c'est ce thème qui demandera le plus de travail, notamment pour créer les cours et les progressions. De même, certains enseignants considèrent que la mise en œuvre de l'EPI sera aussi complexe. D'une façon globale, les enseignants trouvent que le programme a des propositions intéressantes pour le travail des élèves, mais en même temps ils prévoient une mise en œuvre délicate pour ce qui concerne l'organisation en particulier la gestion du temps.

4.2.6 Conclusion partielle

Nous avons présenté dans ce chapitre une analyse des réponses de 409 enseignants volontaires. Nos analyses nous donnent une vision d'ensemble du travail documentaire des enseignants de mathématiques au collège dans le sens qu'elles ne se veulent pas et ne peuvent pas déterminer ce que font exactement les enseignants, mais elles nous montrent certains éléments de ce travail.

Nous avons constaté que les ressources numériques (§ 4.2.1) sont utilisées par presque la totalité des répondants (ce qui est cohérent avec l'accès au questionnaire via internet). Les ressources numériques pour projeter sont fortement utilisées ainsi que les ressources internet. L'analyse croisée par rapport à l'expérience des enseignants ne montre pas une grande différence d'usage selon qu'ils soient débutants ou plus expérimentés.

Nous avons aussi observé que les manuels scolaires (§ 4.2.2) sont très importants dans le travail documentaire des enseignants de mathématiques. Parmi les réponses, les manuels les plus utilisés sont dans l'ordre : Sésamath, Transmath, Phare, Triangle et Myriade. En particulier, le manuel Sésamath est très utilisé même quand il n'est pas le manuel officiel du collège et Phare surtout quand il est le manuel officiel du collège. D'ailleurs, plus de ¾ des enseignants utilisent au moins deux manuels scolaires. Les manuels sont plus utilisés pour la recherche des exercices et très peu pour le cours, excepté pour les enseignants en début de carrière qui les utilisent plus pour préparer leurs cours. Par rapport aux changements des programmes ¾ des enseignants affirment que leurs collèges vont changer de manuel.

D'ailleurs, nous avons constaté que les critères de choix sont plus liés aux exercices proposés dans le manuel que n'importe quel autre critère.

Nous avons analysé aussi les usages des ressources Sésamath (§ 4.2.3), notre analyse confirme sa grande reconnaissance dans l'enseignement des mathématiques en France. En effet, plus de ¾ des répondants utilisent ou ont utilisé certaines ressources proposées par l'association. Parmi cette catégorie de ressource, ce sont les manuels qui sont le plus utilisés, surtout le manuel en ligne. D'ailleurs, quand ils utilisent les manuels Sésamath c'est surtout pour avoir des exercices, puisque la plupart des enseignants considèrent que les niveaux et la variété des exercices sont suffisants.

Nous nous sommes intéressée aussi au travail collectif des enseignants et au renouvellement de leurs ressources (§ 4.2.4). Nous avons observé que (basé sur une définition subjective de l'enseignant sur ce qui est un collectif) la majorité des enseignants déclarent ne pas participer à un collectif. Parmi les collectifs présentés, ce sont les collectifs à l'intérieur des établissements qui sont les plus cités par les enseignants. Par rapport à ce qui concerne le renouvellement des ressources par les enseignants, nous avons qu'une partie des enseignants qui ont eu à supprimer où à insérer une ressource dans leur système de ressources l'ont fait en raison d'un changement de programme, d'un échange avec un collègue ou d'une découverte fortuite sur internet. Pour ce qui concerne internet, nous avons constaté que la recherche sur internet est la solution la plus courante vis-à-vis du constat d'un manque de ressources par l'enseignant (plus de ¾ des répondants).

Pour finir, nous nous sommes intéressée aux effets du changement de programme de 2016 (§ 4.2.5) sur le travail documentaire des enseignants. Nous avons constaté que les enseignants trouvent en général la mise en œuvre de ce programme complexe au niveau organisationnel, puisqu'il demande une mise en œuvre concomitante dans les quatre niveaux, une concertation avec les autres enseignants et un travail sous le format du cycle. En particulier, l'enseignement des EPI et du thème algorithmique et programmation attire l'attention des enseignants, surtout vis-à-vis de la préparation de la progression et du cours. En particulier, le manque de temps et la densité des programmes inquiètent les enseignants.

4.3 Conclusion

Nous revenons sur les trois objectifs proposés (§ 4.1.1).

(1) investiguer quels événements transforment les systèmes de ressources des enseignants ;

Nous avons pu observer que les échanges entre enseignants, les recherches sur internet et le changement de programme peuvent générer des transformations dans le système de ressources des enseignants qui ont répondu le questionnaire.

Nous avons aussi constaté en particulier que la réforme de 2016 impliquera une création intense des ressources, en particulier pour adapter la progression pour un enseignement par cycle, pour le travail interdisciplinaire proposé dans les EPI et pour l'introduction de l'algorithmique et de la programmation.

Dans le cas de nos deux sujets de recherche, nous observons certains contrastes et similitudes dans les événements qui engendrent des transformations dans leurs systèmes de ressources. Le contraste est lié à l'implication d'Anna dans les collectifs de recherche, et les similitudes liés aux interactions avec les collègues au sein d'établissements.

(2) Avoir une vue globale des ressources utilisées par les enseignants, en particulier les ressources Sésamath

Dans le cas des 409 enseignants qui ont répondu le questionnaire, nous avons observé l'importance des ressources numériques et des manuels scolaires. Le manuel scolaire étant utilisé plutôt pour donner des exercices aux élèves. D'ailleurs, nous étions attentifs dans toutes les questions aux possibles influences de l'expérience sur l'interaction des enseignants avec les ressources. Les résultats que nous avons trouvés dans ces tris croisés sont relatifs seulement aux usages du manuel. Nous avons constaté ainsi que les enseignants en fin de carrière sont ceux qui utilisent en général un manuel. D'ailleurs, nous avons constaté aussi qu'en début de carrière les enseignants de notre échantillon sont ceux qui utilisent le plus les manuels pour préparer ou avoir des idées pour le cours et les enseignants en fin de carrière le moins.

Dans le cas des ressources Sésamath nous avons observé que les ressources sont utilisées par la majorité des répondants. Parmi les ressources proposées par l'association ce sont les manuels papier et en ligne qui sont le plus utilisé, en général pour donner des exercices aux élèves. Le manuel Sésamath est assez souvent utilisé alors qu'il n'est pas le manuel officiel des enseignants, ce que nous inférons être lié au fait qu'il est gratuit et disponible en ligne.

Dans le cas de nos sujets de recherche, nous avons constaté un contraste entre les ressources utilisées par les enseignantes. Pour Viviane les manuels scolaires sont utilisés de façon plus fréquente pour introduire des contenus et pour donner des exercices aux élèves. Tandis qu'Anna les utilise seulement parfois et plutôt pour donner des exercices aux élèves. Les

ressources qui vont avoir une place importante dans le travail d'Anna sont les ressources provenant de l'APMEP, de l'IREM et des revues mathématiques. En ce qui concerne les ressources Sésamath, elles sont plus utilisées par Viviane que par Anna.

(3) tisser quelques éléments des relations entre travail collectif et système de ressources des enseignants ;

Nous avons observé que les enseignants répondent qu'ils participent très peu à des « collectifs ». Nous avons inféré que la formulation de la question n'a pas aidé à faire sortir cette dimension du travail des enseignants. Cependant, dans les questions sur les événements qui génèrent des transformations dans le système de ressources (question 11, annexe 9), sur le manque des ressources (question 12, annexe 9), sur la préparation de la mise en œuvre des nouveaux programmes (question 13, annexe 9), nous avons remarqué que l'interaction des enseignants avec d'autres collègues est très présente. Nous concluons que la question des collectifs aurait dû être traitée en explicitant mieux aux enseignant ce que recouvre le concept de « collectif ».

Dans le cas spécifique de nos sujets de recherches, nous avons observé qu'Anna est parmi un groupe très restreint d'enseignants qui participent à plusieurs collectifs hors établissements. Dans le cas de Viviane notre suivi de son travail complète sa réponse en montrant aussi qu'elle participe à plusieurs collectifs dans son établissement.

D'une façon générale, l'analyse présentée dans ce chapitre peut être mise à profit sous deux points de vue : d'un côté elle nous permet d'élargir le champ de cette recherche en offrant un ensemble de résultats à la communauté de recherche, et d'un autre côté nous pouvons l'utiliser comme un guide pour notre analyse du cas des deux enseignantes. En particulier, cette analyse nous a permis de mettre en évidence le contraste des deux cas analysés dans cette thèse et qui vont être approfondis dans les chapitres suivants.

Partie C : Analyse des données relatives à Anna

Chapitre 5. Analyse des transformations du travail documentaire d'Anna au long du temps

Dans ce chapitre nous présentons nos analyses de la trajectoire et de l'expérience documentaire d'Anna. Avant de commencer, nous présentons un bref portrait du travail documentaire d'Anna selon ses réponses du questionnaire. Anna est une enseignante depuis 1991. Pour préparer sa classe et son cours, elle utilise toujours internet, les brochures IREM, les brochures APMEP (Annexe 1- Glossaire) et le Tableau Blanc Interactif. Le manuel scolaire semble avoir une place très réduite dans son travail documentaire, pour elle il est utilisé essentiellement pour donner des exercices à la maison et en classe. Pour Anna, le manuel scolaire semble être une ressource pour l'élève. Dans ce qui concerne les ressources Sésamath, nous avons qu'Anna utilise très peu les ressources créées par l'association. Par ailleurs, elle participe de plusieurs collectifs hors établissements. Dans ce qui concerne les renouvellements de ses ressources, ils peuvent être liés à : la participation à un processus de conception collaborative des ressources, discussion dans des collectifs de recherche, la découverte fortuite des ressources sur internet, une discussion dans une réunion du collège, les changements de programme, un changement d'établissement scolaire et un changement de niveau d'enseignement et échange d'expérience avec un collègue. Pour faire face à un manque des ressources Anna a comme stratégie de demander à un collègue, de rechercher sur internet, de discuter dans des collectifs et/ou de rechercher des ressources sur internet.

Dans cette section nous présentons d'abord une analyse globale de la trajectoire documentaire pour disposer d'une vision panoramique des événements et ressources présentés par l'enseignante dans une relecture de sa CRTD (§ 5.1). Par la suite, nous présentons les événements réflexifs et inférés qui impactent son travail documentaire (§ 5.2). Puis, nous nous intéressons plus particulièrement aux changements dans son système de ressources tout au long de sa carrière (§ 5.3). Nous poursuivons notre analyse en nous focalisant sur la dimension collective du travail documentaire d'Anna (§ 5.4). Pour finir, nous présentons quelques connaissances professionnelles repérées qui sont modélisées par les traits d'expérience documentaire (§ 5.5).

5.1 Une vision panoramique de la trajectoire documentaire d'Anna

Pour mieux comprendre la trajectoire d'Anna, nous proposons de faire un aller-retour entre le global (la cartographie en entier) et le local (les événements, collectifs et ressources en

particulier). Nous dédions cette section aux aspects globaux de la trajectoire documentaire d'Anna. Pour ce faire, nous nous basons sur un ensemble d'entretiens, mais plus spécialement sur deux entretiens : l'entretien de repérage pour cartographier sa trajectoire documentaire (§ 3.2.1), qui nous a fourni la première cartographie de la trajectoire documentaire d'Anna (dénotée : 1°-CRTD, annexe 3.1); et l'entretien de révision de la première cartographie de la trajectoire documentaire (§ 3.2.1) dans lequel Anna a revu notre transposition numérique en ajoutant des événements et des ressources à celle-ci (dénoté 2°-CRTD, entretien codé E2_Anna_ETD).

Cette section est divisée deux parties : d'abord nous présentons les composantes de la trajectoire documentaire d'Anna (§ 5.1.1), ensuite nous catégorisons l'ensemble de ressources et événements présents dans ses cartographies avec la transposition numérique de CRTD d'Anna (§ 5.1.2).

5.1.1 Composantes de la trajectoire documentaire d'Anna

Dans cette section nous présentons les composantes de la trajectoire documentaire d'Anna (§ 3.4.2). D'abord, nous identifions les *amplitudes de changement dans le système de ressources* et la *fréquence des événements par année* dans sa trajectoire documentaire. Ensuite, nous traitons des *événements symboliques de transition* et des *dominantes documentaires* correspondantes qui précèdent et succèdent ces événements.

Parmi les événements que nous avons identifiés, quatre ont entraîné une *amplitude forte de changement du système de ressources* d'Anna. Le premier événement réflexif est (ER4) « arrivée de la loi du socle (Annexe 1- Glossaire) ». Cet événement a eu un impact important sur le système de ressources d'Anna *« ça a été une modification, enfin, moi j'ai trouvé que cette loi, elle était très forte pour moi, parce qu'elle m'a dit "attention il faut que tu regardes ton travail autrement et il faut que maintenant tu vois ça par compétences"* » (Annexe 3.1, r7). De plus, Anna a créé un ensemble de ressources pour évaluer ses élèves par compétences à tel point qu'elle a encadré un stage de formation sur les compétences quelques années plus tard.

Le deuxième événement est le (ER5) « début du travail collectif à Sésames » (§ 3.3.2) qui a entraîné une *forte amplitude de changement sur son système de ressources* pour l'enseignement de l'algèbre (Rocha & Trouche, 2017). En effet, selon Anna « *donc, 2006 c'est le début de Sésames. Voilà, donc, ça a été un grand changement quand même, parce que c'était sur l'algèbre et je ne connaissais pas grand-chose sur l'algèbre, etc.* » (Annexe 3.1, c5). De plus, c'est à Sésames qu'elle a créé un ensemble de ressources pour l'algèbre (§ 5.2.2). Il est important de souligner qu'Anna est encore à Sésames aujourd'hui (2006-2019). Elle totalise ainsi 13 ans de production collective

de ressources pour l'enseignement de l'algèbre, ce qui influence la création des ressources pour plusieurs thèmes mathématiques comme l'algorithmique et la programmation (Trouche *et al.*, 2019).

Le troisième événement qui a eu une *amplitude forte de changement dans le système de ressources* d'Anna est le (ER13) « sortie des brochures sur les grandeurs ». Ici, Anna souligne qu'« *il est sorti à l'IREM* (§ 3.3.2) *de Poitiers une brochure sur les grandeurs. Et donc, j'ai revu tous mes cours sur les grandeurs, parce que j'ai trouvé que ça serait bien mieux de rentrer comme ça* » (Annexe 3.1, r5). Ainsi, cette brochure est très marquante pour Anna, elle la mentionne plusieurs fois dans plusieurs entretiens différents. L'IREM a une forte tradition dans la production et diffusion des ressources pour l'enseignement de mathématiques (Trouche, 2016) et qui impactent aussi le système de ressources d'Anna.

Le dernier événement qui a entraîné une *amplitude forte de changement dans le système de ressources* d'Anna est le (ER18) « début du travail collectif à la commission collège APMEP » (§ 3.3.2). Elle a dit « *sur le cycle 3, on a pris toutes les Mises en train* (MET, Annexe 1- Glossaire) *importantes au cycle 3. Et on essaie de voir comment on fait pour avoir des ressources sur le site pour que les gens puissent aller récupérer un PowerPoint ou bien des sites simplement sur la Mise en train* » (E2_Anna_ETD, lg. c10). Nous constatons que cet événement a entraîné une réorganisation et une adaptation des ressources MET pour correspondre aux nouveaux programmes (Rocha, 2018c). De plus, elle ajoute « *on décide ensemble de quoi on veut parler, donc, en gros, voilà, c'était beaucoup le changement de programme. Les différentes façons, ben, voilà. C'était beaucoup beaucoup de ressources d'accompagnement, ça a été du travail sur algorithmique, etc.* » (E3_Anna_VG, lg. c4). Donc, nous pouvons constater qu'elle a travaillé dans cette commission pour réfléchir à l'enseignement du nouveau thème algorithmique et programmation (§ 3.4.2). L'APMEP a une histoire très importante du point de vue de la réflexion des enseignants de mathématiques en France et du point de vue aussi de l'organisation des enseignements (Trouche, 2016), c'est dans cette association qu'Anna trouve du soutien pour réfléchir aux nouveaux programmes, en partageant et créant de nouvelles ressources.

En ce qui concerne la *fréquence des événements par année*, Anna a présenté 18 événements pour un intervalle de 24 ans, soit moins qu'un événement en moyenne par an. Quand nous mettons les événements sur une échelle de temps (Figure 5.1) nous pouvons observer des caractéristiques révélatrices de la distribution des événements.

Figure 5.1 – Distribution d'événements par ans

D'abord, nous observons une absence d'événements professionnels entre 1994 et 1997, période qui coïncide avec un événement personnel de la vie d'Anna qui est l'arrivée de ses enfants. Nous constatons aussi qu'il y a une concentration d'événements sur 2006, 2010 et 2013 : dans ces années la *fréquence des événements* est élevée (Figure 5.1).

Par rapport, aux *événements symboliques de transition* et aux *dominantes documentaires* correspondantes, nous avons identifié deux événements de ce type, et par conséquent, trois dominantes documentaires selon les critères définis (§ 3.4.1). Le premier *événement symbolique de transition* inféré est (ER5) « début du travail collectif à Sésames ». En effet, cet événement était un fort candidat à être événement symbolique de transition, puisqu'il possède tous les critères pour être un candidat : il est parmi les événements pour lesquels il y a plus de ressources associées ; il a déclenché plusieurs autres événements (ER6, ER7, ER11, ER12 et ER14). Il arrive dans une année où la *fréquence des événements par année* est élevée avec quatre événements parmi lesquels ER6 et ER7 qui sont les conséquences d'ER5 et ER8, par ailleurs ces deux derniers événements ne montrent pas d'indices leur permettant d'être qualifiés d'événements symboliques de transition.

De fait, avant la rentrée à Sésames Anna créait ses ressources selon le besoin de ses classes dans l'urgence du début de carrière, elle témoigne en disant « *au début, il y a une certaine urgence de créer, d'avoir des ressources, tu as toujours peur de ne pas savoir faire, etc.* (Annexe 3.2, r1) ». Alors, nous inférons que jusqu'à sa rentrée à Sésames, Anna était vraiment dans une dominante de « création de nouvelles ressources » et après cette rentrée elle est passée à la « réflexion et renouvellement des ressources utilisées ». Nous pouvons reprendre l'extrait de discours d'Anna qui soutient notre inférence de la dominante documentaire « réflexion et renouvèlement de ressources » : « *c'est le début de Sésames. Voilà, donc, ça a été un grand changement quand même, parce que c'était sur l'Algèbre et je ne connaissais pas grand-chose sur l'algèbre, etc.* » (Annexe 3.1, c5). Trouche *et al* (2016, p. 50) propose de nommer les collectifs qui connectent d'autres collectifs de *collectif hub*. Dans ce sens, comme Rocha et Trouche (2017) nous avons montré que ce collectif a structuré le système de ressources d'Anna et constitue un collectif qui l'a connecté à d'autres collectifs, accédant ainsi au statut de *collectif hub*.

Nous déduisons que le deuxième événement symbolique de transition est le (ER12) « début du travail à mi-temps ». Cet événement était candidat à être événement symbolique pour deux raisons : d'abord c'est dans une année où *la fréquence des événements par année* est élevée et il a déclenché plusieurs autres événements inférés (§ 5.2.3). Ce qui rend cet événement un événement symbolique de transition, c'est le fait qu'il est l'unique – parmi les quatre autres arrivant en 2013 – marquant un changement de dominante documentaire dans le travail documentaire d'Anna.

En effet, ce travail a été un marqueur de changement de dominante documentaire, puisqu'Anna commence à travailler à mi-temps pour « raffiner et diffuser les ressources ». Ce mi-temps était initialement prévu pour créer une formation en ligne, ce qui était nouveau pour Anna, elle a dit « *qu'il a fallu rentrer dans ce processus, moi je ne connaissais pas du tout* […] *on ne voulait pas que ça soit quelque chose trop descendant, donc ça a été quelque chose pas mal compliqué. Et plus tout le boulot qu'il y a eu à faire, c'est un gros morceau quand même* » (E2_Anna_ETD, r.1). Cette formation utilisait les ressources de Sésames. Elle a dû ainsi *raffiner* (avec ses collègues) plusieurs ressources pour les *diffuser* en ligne. Selon Anna « *il y a eu besoin de poser beaucoup de choses […] il y a eu besoin de poser plein de choses sur le programme de calcul. Le mi-temps a permis d'organiser toutes les choses ensemble. De vraiment les poser et de pouvoir les poser parce qu'avant sinon je travaillais, donc, c'était la course de tous les côtés* » (Annexe 3.1, r.6). Le premier mi-temps dont elle a bénéficié était en 2013, et après elle en a eu d'autres (2013 à 2019, sauf 2017). Ainsi, cet événement est un événement symbolique de transition qui marque la fin de la dominante documentaire « réflexion et renouvellement des ressources » pour la dominante « raffinement et diffusion de ressources ».

5.1.2 L'ensemble d'événements et de ressources cartographier par Anna

Dans cette section, nous présentons les éléments structurants de la trajectoire documentaire d'Anna (§ 3.4.2). D'abord, nous catégorisons les *événements* présents dans sa trajectoire documentaire. Ensuite, nous catégorisons les *ressources* présentées dans sa trajectoire. Pour finir, nous présentons une transposition numérique de la cartographie réflexive de la trajectoire documentaire d'Anna (cf. la cartographie faite par Anna est présenté dans la section 3.4.1).

Par rapport aux cinq catégories d'événements (§ 3.4.2), Anna a présenté 18 événements réflexifs dans les deux entretiens analysés : (1) quatre événements dans la catégorie « événements liés à la vie d'établissement » ; (2) un événement dans la catégorie « événements liés aux changements scolaires » ; (3) huit événements dans la catégorie « événements liés à

la vie collective dans et hors établissement » ; (4) un événement lié à la catégorie « événements liés aux changements de statuts de l'enseignant » ; et (5) quatre événements dans la catégorie « événements liés à la découverte d'une nouvelle ressource ». Nous donnons plus de détail sur ces événements plus loin dans le présent chapitre (§ 5.2). Ici nous voudrions souligner que la plupart des événements présents dans la cartographie sont liés au travail collectif d'Anna, ce qui nous permet de faire une hypothèse, à vérifier dans notre analyse : le travail collectif a une place importante dans le développement professionnel d'Anna.

En outre, nous identifions aussi six catégories de ressources (§ 3.4.1). Nous avons identifié 24 ressources associées aux événements : (1) cinq ressources *« pour travailler avec les élèves »* ; (2) une ressource *« pour se former »* ; (3) quatre ressources *« curriculaires »* ; (4) trois ressources qui sont des *« issues des différents concepteurs dans l'enseignement de mathématiques »* ; (5) dix ressources *« produites dans le travail collectif »* ; (6) une ressource *« liée au numérique »*. Nous avons trois éléments qui ressortent des ressources présentées : le premier est le fait qu'elle a aussi un statut de formatrice liée au travail réalisé dans le collectif IREM et Sésames ; le deuxième est le fait qu'elle ait travaillé sur les articles qui ont été publiés soit dans la revue Repères-IREM soit à l'APMEP ; le dernier est que la plupart des ressources sont liées au travail collectif d'Anna.

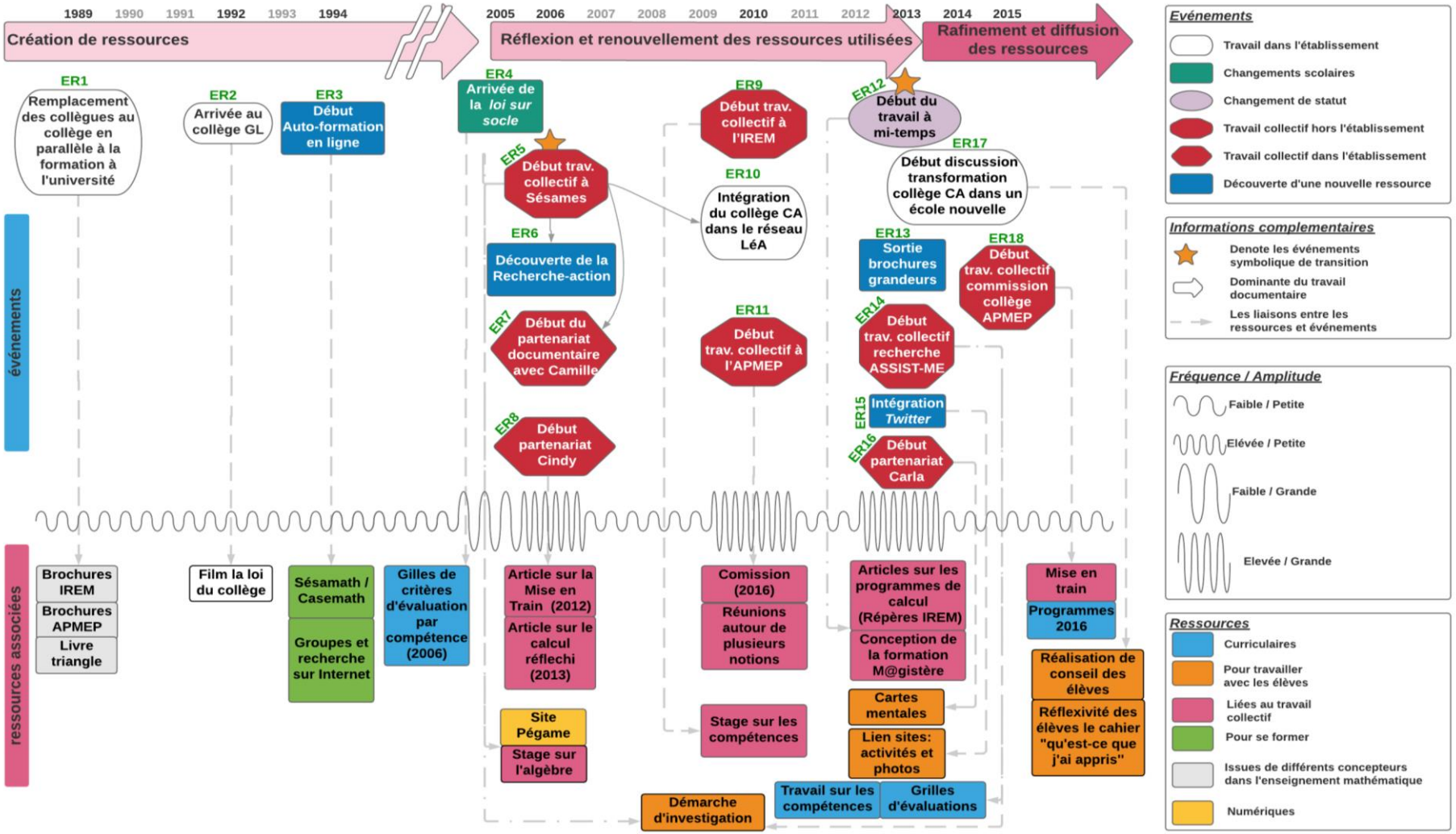

Figure 5.2 - transposition numérique avec des éléments d'analyse de la CRTD d'Anna (faite 24/02/2016 et révisée le 01/04/2016)

Tous les résultats qui ont été présentés dans cette section pour donner une idée globale de la trajectoire documentaire d'Anna vont être approfondis dans les sections qui suivent.

5.2 Analyse de la trajectoire documentaire à travers ses événements

Nous présentons ici une analyse plus locale qui divise la trajectoire documentaire en trois périodes pour lesquelles nous allons nous intéresser aux événements correspondants. Nous allons revenir sur chaque événement identifié dans l'ordre chronologique en mettant en évidence ses conséquences sur le travail documentaire d'Anna. Pour ce faire, nous mobilisons nos quatre entretiens faits avec Anna (§ 3.2.2) : entretien de repérage (Annexe 3.1), entretien d'exploration (E2_Anna_ETD) et les deux entretiens d'approfondissements (E3_Anna_VG ; Annexe 3.2). Pour cela, nous présentons les analyses en trois parties liées aux trois dominantes documentaires : création de ressources (§ 5.2.1) ; réflexion et renouvellement des ressources (§ 5.2.2) ; et raffinement et diffusion des ressources (§ 5.2.3).

5.2.1 Période 1 : création de ressources

Le premier événement est (ER1) « remplacement des collègues au collège en parallèle à la formation à l'université ». Il a permis à Anna de « découvrir des nouvelles ressources fondamentales (§ 3.2.1) pour créer ses cours ». En effet, elle en témoigne en disant « *en fait, les brochures IREM et APMEP, elles m'étaient présentées à la Fac. […] Quand j'étais à la Fac, je faisais des remplacements, donc, j'étais amenée à remplacer des gens qui les utilisaient beaucoup […]* » (E2_Anna_ETD, lg. r3). Ces brochures sont utilisées encore aujourd'hui pour préparer ses leçons. Nous pouvons donc les considérer comme des ressources fondamentales. De plus, c'est pendant ces remplacements qu'elle a eu aussi l'opportunité de connaitre les concepteurs du manuel Triangle, donc nous avons inféré un autre événement (associé à ER1) qui est (EI1) la « découverte du manuel Triangle » (Annexe 1- Glossaire). Selon Anna : « *quand j'étais à la faculté, je faisais des remplacements. Je remplaçais des gens de l'équipe Triangle, c'est vrai que quand j'ai commencé à travailler, je travaillais sur leurs fiches d'exercices à eux.* » (E2_Anna_ETD, lg. r3). Ainsi, cet événement a permis à Anna de « connaitre en détail le contenu du manuel scolaire Triangle » qui a été utilisé pendant plusieurs années dans son travail documentaire : « *on a beaucoup travaillé avec le livre Triangle ensuite. Et on [« on » se réfère aux collègues CA] a eu du mal quand on n'a plus pu les financer dans l'établissement qui nous a demandé de ne pas changer les livres ou d'acheter des livres moins chers.* » (E2_Anna_ETD, lg. c.6).

Par la suite, nous avons identifié l'événement (EI2) « début du travail collectif à l'IUFM (Annexe 1- Glossaire) » qui a contribué à « créer certains cours et réfléchir sur la

didactique des mathématiques ». En effet, selon Anna « *j'étais dans l'IUFM […], on travaillait, on préparait, on avait des cours, puis la didactique et puis ils nous donnaient des conseils.* ». (Annexe 3.2, lg. c1). De plus, c'est en liaison à sa participation à l'IUFM que nous identifions l'événement (EI3) « découverte des brochures Suivi scientifique (Annexe 1- Glossaire) » qui l'ont amené à « développer un support pour réfléchir à l'enseignement de certaines notions ». De ce fait, selon Anna « *le Suivi scientifique c'était des manuels dans des petits livres qui reprenaient certaines notions, qui expliquaient et qui donnaient des exemples de comment on pourrait les enseigner […] c'était plus une réflexion sur certains chapitres, qui permettent de réfléchir de comment le mettre en œuvre, comment s'en servir, etc.* » (Annexe 3.2, lg. r2). Ces ressources ont été découvertes pendant sa participation à l'IUFM, mais son utilisation a été plus longue que celle-ci.

Les éléments que nous avons présentés jusqu'ici sont des événements qui précèdent l'occupation de son poste comme professeur certifié après la réussite au CAPES (Annexe 1-Glossaire) mais qui ont eu un impact sur son travail documentaire sur une longue durée. Sur les quatre événements mentionnés, Anna avait trois statuts différents : étudiante à l'université, remplaçante et stagiaire. Par la suite, elle occupe son premier poste à Paris dans le collège GL, correspondant à l'événement (ER2) « arrivée au collège GL » qui l'a amenée à « créer des cours pour l'enseignement au collège de façon intensive ». En effet, selon Anna (§ 5.1) en début de carrière elle a eu une urgence pour créer des ressources. C'est au collège CA que nous identifions le premier collectif des enseignants pour créer ses ressources (EI4) « début du travail collectif avec les enseignants d'autres disciplines » pour « créer des ressources pour améliorer la gestion de la classe ». Elle mentionne « *c'est la gestion de classe qui pose beaucoup de problèmes, parce qu'on n'avait jamais géré de classe. Ça fait un peu peur, je veux dire* » (Annexe 3.2, lg. c2).

Un autre événement qui a eu des conséquences sur le travail documentaire d'Anna est son changement d'établissement pour travailler au collège LB à Lyon, dont l'événement (EI5) « arrivée au collège LB » qui a ouvert la possibilité de « produire des ressources en échangeant avec les autres enseignants de mathématiques dans l'établissement ». En effet, Anna affirme que « *je ne me souviens pas d'avoir vraiment travaillé avec eux là-bas [Collège GL]. Alors, que quand je suis arrivé ensuite collège LB à Lyon. J'ai beaucoup travaillé avec les gens, les collègues qui étaient là.* » (Annexe 3.2, lg. c3). Nous avons un événement associé à celui-ci qui est (EI6) « début du travail collectif avec les enseignants de mathématiques au collège LB ». Il a influencé le travail documentaire d'Anna en permettant de « créer des progressions collectivement ». En effet, selon Anna « *on avait des progressions communes, on préparait nos cours*

ensemble. On s'appuyait beaucoup sur les livres. C'était la collection Triangle […] on faisait des contrôles [entier] c'est-à-dire on se répartissait, on ne préparait pas tout le contrôle. » (E2_Anna_ETD, lg. 2). Il faut souligner qu'Anna a donné des indices d'un travail de partenariat documentaire avec une collègue au collège LB en disant « *on travaillait beaucoup ensemble avec une collègue au collège LB, […] j'étais habituée à travailler avec ma copine au collège LB, pendant très longtemps* » (Annexe 3.1, c3). Cependant, nous n'avons pas de données qui précisent comment ce collectif a nourri le travail documentaire d'Anna. Toutefois, il est intéressant de mettre en évidence que cette forme de collectif est très présente dans la trajectoire documentaire d'Anna (§ 5.2.3), en effet depuis le début de sa carrière Anna travaille régulièrement avec une *partenaire documentaire* (§ 3.1.5).

Par la suite, nous avons l'événement (ER3) « début d'autoformation en ligne » qui a ouvert une voie pour « créer et échanger des leçons en ligne ». En effet, selon Anna, « *c'est des gens qui échangeaient sur… Ils posaient des questions, des questions sur "comment moi je peux faire ça" […]. J'ai posé des questions. J'ai pris des informations.* » (Annexe 3.2, lg. c4). Dans cet extrait, Anna parlait plus spécifiquement de sa participation à la plateforme Casemath/Sésamath. Rocha (2018a) souligne que le collectif Sésamath a été à ce moment-là un support pour qu'Anna crée ses ressources en début de carrière, mais que l'usage par Anna des ressources produites par le collectif a diminué au cours du temps. Cependant, ce collectif a eu son importance pour le travail documentaire d'Anna à cette époque pour sa formation, selon elle : « *quand même plus l'autoformation je dirais. J'étais beaucoup sur internet. J'étais dans le groupe Sésamath.* » (Annexe 3.1, lg. c2). L'apport de ce collectif pour le développement professionnel des enseignants a été déjà repéré par plusieurs recherches (Sabra & Trouche, 2007 ; Quentin & Bruillard, 2009).

Dans la suite, apparaît l'événement (ER4) « arrivée de la loi du socle » qui stimule pour « créer des ressources pour travailler dans l'approche par compétences » d'Anna. En effet, comme présenté dans la section § 5.2, Anna après cet événement a créé un ensemble de ressources pour enseigner et évaluer par compétence. Pour clôturer cette période, nous présentons l'événement (EI7) qui est « l'arrivée au collège CA » à Lyon qui va « amplifier les nouvelles possibilités de travail collectif et des ressources à utiliser ». En effet, quand Anna arrive au collège CA elle a plus de 14 ans d'expérience et comme nous allons le souligner dans les sections suivantes, elle a établi un intense travail collectif avec les collègues de son établissement et a utilisé un ensemble de ressources présentes dans son établissement. Nous présentons dans le Tableau 5.1 un résumé de nos inférences des conséquences des événements sur le travail documentaire d'Anna de cette période.

Tableau 5.1 – Synthèse des événements et conséquences sur le travail documentaire d'Anna dans cette période

Événement réflexif ou inféré	**Conséquence sur le travail documentaire**
(ER1) « Remplacement des collègues au collège en parallèle à la formation à l'université »	*Découvrir des nouvelles ressources fondamentales pour créer ses cours*
(EI1) « Découverte du manuel Triangle »	*Connaître en détail le contenu du manuel scolaire Triangle*
(EI2) « Début du travail collectif à l'IUFM	*Créer certains cours et réfléchir sur la didactique des mathématiques*
(EI3) « Découverte des brochures Suivi scientifique »	*Développer un support pour réfléchir à l'enseignement de certaines notions*
(ER2) « Arrivée au collège GL »	*Créer les cours pour l'enseignement au collège de façon intensive*
(EI4) « Début du travail collectif avec les enseignants d'autres disciplines »	*Créer des ressources pour améliorer la gestion de la classe*
(EI5) « Arrivée au collège LB »	*Produire des ressources en échangeant avec les autres enseignants de mathématiques dans l'établissement*
(EI6) « Début du travail collectif avec les enseignants de mathématiques au collège LB »	*Créer des progressions collectivement*
(ER3) « Début d'autoformation en ligne »	*Créer et échanger des leçons en ligne*
(ER4) « Arrivée de la loi du socle	*Créer ressources pour travailler dans l'approche par compétences*
(EI7) « Arrivée au collège CA	*Amplifier les nouvelles possibilités de travail collectif et des ressources à utiliser*

De façon générale, dans cette période, nous avons observé quatre points : d'abord, la plupart des événements sont liés aux changements d'établissement d'Anna, ce qui va guider sa production de ressources ; ensuite, elle a eu quatre statuts différents comme étudiante à l'université, professeur remplaçant, stagiaire et enseignante certifiée ; par la suite, le travail numérique commence à influencer son travail documentaire. Dans la section suivante, nous présentons la deuxième période de la trajectoire documentaire d'Anna correspondant à la dominante documentaire « réflexion et renouvellement de ressources ».

5.2.2 Période 2 : réflexion et renouvellement de ressources

Le premier événement qui marque cette période est l'événement symbolique de transition (ER5) « début du travail collectif à Sésames ». En effet, nous avons souligné dans la section (§ 5.2.1) que cet événement marque une réorientation de son le travail documentaire. De plus, nous ajoutons que cet événement a amené Anna à « refondre les ressources pour l'enseignement de l'algèbre ». Dans l'extrait ci-dessous Anna en témoigne en disant qu'avant elle s'investissait plus dans l'enseignement de la géométrie, mais qu'à partir de sa rentrée à Sésames elle se penche sur le domaine de l'algèbre :

> J'aimais beaucoup la géométrie et j'avais beaucoup réfléchi à mes séquences de géométrie. J'aimais bien ça. L'algèbre, bon, bas, voilà. C'est là où Sylvie Coppée [la chercheuse responsable de Sésames] m'a dit — si c'est quelque chose qui tu ne sais pas trop enseigner, viens, tu vas essayer de voir, de réfléchir, comment faire. (Annexe 3.1, lg. c5)

Le collectif Sésames (cf. Annexe 1- Glossaire) a une vision très particulière de l'enseignement de l'algèbre, vue comme la conception de programmes de calcul, incluant le calcul mental, pour la résolution de problèmes (Coppé, 2010). Cette vision a influencé la réflexion et le renouvellement de l'ensemble des ressources pour l'enseignement de l'algèbre par Anna (§ 5.3.2). Par ailleurs, le collectif Sésames travaille sur le modèle de « recherche action » pour lequel tous les acteurs s'impliquent dans le processus de recherche (Catroux, 2002). Pour Anna (ER6) la « découverte de la recherche action » est un événement important qui l'a amené à « réfléchir sur ses ressources en articulant recherche et pratique ». Elle souligne « *c'était un changement quand même. Le fait d'accepter, enfin, d'avoir envie d'aller, d'accepter d'aller vers Sésames. Je ne m'étais jamais posé la question. Je ne savais même pas que ça existait, la recherche-action.* » (Annexe 3.1, lg. c5).

Le (ER7) « début du partenaire documentaire avec Camille » (au collège LB) est aussi liée à son travail à Sésames. Les deux enseignantes ont travaillé ensemble pour « concevoir collectivement les ressources pour l'enseignement par compétence » : « *on a bien avancé sur toutes les compétences transversales, on avait fait des grilles qu'on avait réfléchies sur les évaluations. […] On se posait des questions sur les évaluations et sur les critères d'évaluation* » (Annexe 3.1, lg. c7). Les deux enseignantes ont proposé ensemble, dans le fil de cette collaboration, un stage de formation à l'IREM sur les compétences.

Nous avons ensuite l'événement (ER8) « début du partenariat avec Cindy », qu'Anna commente ainsi :

> Je me suis trouvée toute seule de nouveau [au collège CA], quand Cindy était arrivée ça m'a fait un petit peu d'air.
>
> Cindy, est arrivée au collège CA, moi j'étais arrivé deux ans avant. Elle est arrivée on a commencé à travailler, parce que moi je travaille tout le temps avec des gens qui arrivent, donc, voilà, on a commencé à travailler. Et derrière je lui ai proposé de venir à Sésames. Donc, elle nous a rejoints à Sésames. Et c'est le fait qu'on a pu utiliser tout de suite ce qu'on a préparé à Sésames dans nos classes, en parallèle, et on discutait tout de suite (Annexe 3.1, c6)

Nous pouvons relever dans le discours d'Anna les relations entre le travail à Sésames et le travail avec Cindy. Le travail avec Cindy à Sésames et au collège Ampère a permis aux deux enseignantes d'utiliser les ressources Sésames pour l'enseignement de l'algèbre, mais aussi d'étendre les réflexions du collectif à d'autres domaines. Selon Anna : « *on a travaillé ensemble et du coup on a fait pour toutes les matières, enfin, les notions, parce que si on faisait pour l'algèbre il fallait bien aussi réfléchir à ce qui s'est passé entre temps. Et du coup, moi avec les informations que j'avais, elle avec les informations qu'elle avait, on a croisé tout et c'est vrai qu'on a avancé beaucoup plus vite* » (E2_Anna, lg. c8). Nous inférons ici que cet événement a amené Anna à « amplifier des réflexions faites à Sésames pour l'algèbre aux ressources d'autres domaines ».

Ensuite, nous avons l'événement (ER9) « début du travail collectif à l'IREM » où elle s'est investie pour « créer collectivement ressources pour certains thèmes mathématiques ». Anna souligne « *tu vois à l'IREM t'as un certain nombre de thèmes : calcul mental, cartes mentales, les compétences, les EPIs* (§ 1.3)*, fraction, décimaux, ce sont les travaux sur les thèmes sur quoi on a travaillé* » (E3_Anna_VG, c5). De plus, Anna participe aussi à des journées organisées par l'IREM pour travailler certains thèmes. C'est aussi à l'IREM qu'elle a établi des partenariats avec d'autres enseignants (§ 5.2.3).

L'événement suivant est (ER10) « Intégration du collège CA dans le réseau LéA » (§ 3.3.2). Cet événement est aussi lié à son travail à Sésames, a permis de « diffuser les ressources Sésames dans et hors d'établissements ». En effet, selon Anna « *le LéA est vraiment en lien avec le Sésames. […] On était obligé de beaucoup, beaucoup diffuser au niveau d'établissement sur Sésames. On a présenté Sésames au collège.* » (Annexe 3.1, lg. r9). Nous relevons dans le discours d'Anna la liaison établie entre le travail fait à Sésames et l'établissement à travers du réseau LéA.

Le dernier événement présenté dans cette période est (ER11) « l'engagement à l'APMEP » qui a contribué à « réfléchir et se positionner sur les ressources fournies par le ministère de l'Éducation ». En effet, Anna nous donne un exemple de cela pour la mise en œuvre de la réforme de 2016 : « *comme on est sur le changement de programme, on est beaucoup, beaucoup dans les réflexions des programmes. Mais on a eu pas mal de discussions sur la proportionnalité, on se montre ce que*

font les uns et les autres » (Annexe 3.1, lg. c9). Par ailleurs, Anna a présenté des liaisons entre les collectifs IREM et APMEP en disant « *et puis les gens de l'IREM ou les gens de l'APMEP, c'est les mêmes pratiquement. Enfin, on retrouve beaucoup de monde.* » (Annexe 3.2, c7). Nous observons dans le discours qu'il y a plusieurs membres qui connectent les deux collectifs.

Exploitant l'analyse exposée dans cette section, nous présentons dans le Tableau 5.2 un résumé des événements de la trajectoire documentaire d'Anna et les conséquences sur son travail documentaire pour cette période.

Tableau 5.2 - Synthèse des événements et conséquences sur le travail documentaire d'Anna dans cette période

Événement réflexif ou inféré	**Conséquence sur le travail documentaire**
(ER5) « Début du travail collectif à Sésames »	*Refondre les ressources pour l'enseignement de l'algèbre*
(ER6) « Découverte de la recherche action »	*Réfléchir sur ses ressources articulant recherche et pratique*
(ER7) « Début du partenaire documentaire avec Camille »	*Concevoir collectivement les ressources pour l'enseignement par compétence*
(ER8) « Début du partenariat avec Cindy »	*Amplifier des réflexions faites à Sésames pour l'algèbre aux ressources d'autres domaines*
(ER9) « Début du travail collectif à l'IREM »	*Créer collectivement ressources pour certains thèmes mathématiques*
(ER10) « Intégration du collège CA dans le réseau LéA »	*Diffuser les ressources Sésames dans et hors d'établissements*
(ER11) « Début du travail collectif à l'APMEP »	*Réfléchir et se positionner sur les ressources fournies par le ministère de l'Éducation*

De façon générale, nous soulignons dans cette période deux points : d'abord, la plupart des événements sont liés à l'ouverture de nouveaux travaux collectifs ; et ensuite, la participation d'Anna à Sésames a déclenché plusieurs autres événements (ER6, ER7, ER8, ER9 et ER10). Dans la section suivante, nous abordons la dernière période de la trajectoire documentaire d'Anna.

5.2.3 Période 3 : raffinement et diffusion des ressources

Cette période commence à partir de l'événement symbolique de transition (ER12) « début du travail à mi-temps » qui rapproche Anna de la recherche (§ 5.1), ainsi nous inférons que son impact sur le travail documentaire d'Anna est de « raffiner les ressources en interaction avec plusieurs chercheurs ». En effet, c'est au travers du travail à mi-temps qu'Anna a

participé à plusieurs projets de recherches. Le premier mi-temps en 2013 était consacré à créer la formation M@gistère (Annexe 1- Glossaire) en ligne. Cette formation avait aussi un lien avec le travail à Sésames, ainsi elle a raffiné une grande partie des ressources créées à Sésames pour les diffuser via la formation. Cependant, elle a eu d'autres missions à mi-temps à l'IFE en travaillant en direct avec les chercheurs, en ayant ce statut depuis 2013.

Dans ce qui suit, nous présentons l'événement (ER13) « sortie des brochures sur les grandeurs » qui a eu un fort impact sur son système de ressources (§ 5.1.1) en conduisant Anna à « refondre ses ressources pour l'enseignement des grandeurs ». En effet, selon Anna « *J'ai eu ce cas-là réellement quand la brochure sur les grandeurs de l'IREM de Poitiers est sortie, là vraiment j'ai dit - non ce n'est pas possible, il faut que je m'en serve - et j'ai changé pas mal de cours sur les grandeurs.* » (Annexe 3.2, lg. r6).

Par la suite, nous avons l'événement (ER14) « début du travail collectif à la recherche ASSIST-ME » (Annexe 1- Glossaire) dont la conséquence était : « adapter des ressources Sésames pour intégrer l'évaluation formative et favoriser l'argumentation ». Anna présente ainsi dans l'extrait ci-dessous le travail sur l'argumentation et l'évaluation formative.

> Il a fallu qu'on teste tout un tas d'activités *qui n'étaient pas trop évidentes, et du coup, ça nous a beaucoup fait travailler sur l'argumentation, on a beaucoup réfléchi sur l'argumentation*. Comment on la gère ? Qu'est-ce que ça apporte ? *Et en plus, il y a l'évaluation formative. Donc, il y a l'argumentation et là aussi, ça nous a fait réfléchir aux liens qui pouvaient y avoir avec le temps Mise en train.* Comme ça au moment où les élèves échangent sur toutes leurs procédures, « qu'est-ce qu'on peut faire pour que ce temps-là » soit aussi un temps d'évaluation formative. En plus d'un temps qui continue à faire travailler les notions, on les approche de différentes manières. *On [membres de Sésames] se disait sur les évaluations formatives « est-ce qu'on ne peut pas faire quelque chose sur ce qu'on a ?».* (E2_Anna_Partie B, lg. c1)

Nous observons dans le discours de l'enseignante l'effort fait pour intégrer les réflexions sur l'évaluation formative dans les ressources Sésames « *on se disait sur les évaluations formatives "est-ce qu'on ne peut pas faire quelque chose sur ce qu'on a ?" »*. De plus, le travail ASSIST-ME est en accord avec l'implication croissante que nous avons soulignée de son statut de mi-temps.

L'événement suivant dans la cartographie d'Anna est (ER15) « Intégration de Twitter » qui a permis à Anna de « faire de la veille numérique (Annexe 1- Glossaire) des ressources pour l'enseignement de mathématiques ». Selon Anna « *Twitter c'est quand même un endroit où il y a énormément d'échanges pédagogiques.* » (E2_Anna_F/R, r2). Nous observons ici qu'Anna met en évidence la potentialité de *Twitter* pour l'échange pédagogique, de plus elle ajoute aussi la question de la vitesse d'accès aux informations « *on a des infos super importantes et très rapidement* » (Annexe 3.2, lg. r8). En plus, elle met en évidence qu'elle peut avoir une

rétroactivité sur ses doutes assez rapidement, en effet, selon Anna « *maintenant, sincèrement maintenant Twitter si j'ai besoin de quelque chose, je vais poser la question. Et j'aurais la réponse immédiatement. … En un quart d'heure, une demi-heure, j'ai la réponse.* » (Annexe 3.2, r.8).

Un autre événement considéré par Anna comme important lors de notre entretien pour réviser la cartographie (E2_Anna_ETD) a été le (ER16) « début du partenariat avec Carla ». Elle a présenté « *avec Carla on a des cartes mentales* (Annexe 1- Glossaire)*, et on a décidé de cartographier un petit peu les programmes* » (E2_Anna_ETD, lg. c7). En effet, Anna et Carla ont introduit les cartes mentales pour préparer leurs enseignements et aussi pour travailler avec les élèves. Ainsi, ce collectif a été utilisé pour « créer des cartes mentales pour organiser l'enseignement et pour travailler avec les élèves ». De plus, nous avons inféré dans le discours d'Anna d'autres partenariats :

> Carla, on était sur le groupe IREM ensemble. Carla et Carol ce sont des gens qui sont sur le groupe IREM avec qui je travaille plus facilement. C'est-à-dire, *quand j'ai besoin d'un avis. Je vais envoyer mes fichiers* à Carol, à Carla à Bastien, et je vais avoir des retours, mais qui sont indépendants. (E3_Anna_VG, lg. c8)
>
> Il y a aussi les cours de Cindy, les cours de Bastien (membre de l'IREM), les gens avec qui je partage mes affaires, et les cours de Stella (membre de l'IREM). Donc ça, ça *permet d'avoir mon cours et puis si je veux aller voir si certains ont d'autres idées* que je n'ai pas, que je n'ai pas récupérées. (Annexe 3.2, lg. r.7)
>
> Par exemple, je sais que Bastien il aime bien réfléchir sur les fractions, *donc quand j'arrive presque à réfléchir sur ce chapitre-là, je vais voir s'il a changé*, c'est des gens que je ne vois pas tout le temps. (Annexe 3.2, lg. r.5)

Dans les deux premiers extraits nous soulignons les quatre membres de l'IREM avec lesquels Anna interagit hors du collectif : Carol, Carla, Bastien et Stella. Ainsi, nous ajoutons trois événements inférés à la trajectoire documentaire d'Anna : (EI8) « début du partenariat avec Carol, (EI9) « début du partenariat avec Bastien » et (EI10) « Début du partenariat avec Stella ». Dans les trois extraits Anna a mis en évidence des éléments de comment le travail avec ses enseignants nourrit son travail documentaire en l'amenant à « mutualiser de ressources et échange sur les pratiques ».

Un autre événement réflexif relevé par Anna est le (ER17) « début de la discussion d'une transformation du collège CA dans une éducation nouvelle[35]». Ce qui a amené les enseignants à étudier cette proposition et à réfléchir aux ressources qui pourraient être utilisées. Même si la proposition du collège n'a pas été retenue, il y a certaines ressources qui

[35] Disponible à https://www.meirieu.com/DICTIONNAIRE/education-nouvelle.htm date d'accès le 14/01/2019.

restent encore présentes dans leurs pratiques. En effet, selon Anna « *il reste le travail de faire le conseil d'élèves. Tu sais mettre les élèves et les faire parler dans les conseils des élèves. Il reste le cahier "qu'est que j'ai appris", pour que les élèves fassent un retour réflexif sur ce qu'ils ont appris* » (Annexe 3.1, lg. r10). Ainsi, cet événement a permis l'étude d'une nouvelle méthodologie en laissant des traces dans le travail documentaire d'Anna, alors la conséquence que nous inférons est qu'il a permis de « créer des ressources qui soutiennent la réflexivité des élèves sur leurs apprentissages ».

L'événement suivant que nous présentons a été inféré à partir de notre suivi d'Anna depuis 2015. C'est l'événement (EI11) « arrivée de la réforme du collège ». En effet, nous avons observé et fait des entretiens sur cette réforme (§ 3.2.2) ce qui nous a permis de voir son impact dans le travail documentaire d'Anna (§ 6). D'abord Anna a dû revoir ses ressources pour penser l'enseignement en cycle 3, mais aussi créer des nouvelles ressources notamment pour l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation (§ 6). Ainsi, cet événement a demandé de « réviser les progressions et créer des nouvelles ressources pour s'adapter à la réforme ». Anna souligne, par exemple, qu'*« on est train de travailler sur le programme [« on » se réfère aux enseignants du collège CA], la relecture sur les programmes. Les trucs croisés, pour savoir maintenant comment c'est ce curriculum-là, pour savoir qu'est-ce on fait et à quel moment* » (E2_Anna_ETD, lg. c6). Donc, ici nous observons que cette réforme a fait revoir l'organisation des contenus à enseigner. Par ailleurs, cette réforme a déclenché d'autres événements dans la trajectoire documentaire. En effet, Anna a présenté un événement réflexif qui est lié à cette réforme (ER18) « début du travail collectif à la commission collège APMEP ». Anna a exposé le travail de relecture fait dans la commission pour comprendre les objectifs du cycle 3 « *on a repris les attendus de fin de cycle et puis on prit à chaque fois, par exemple, il y a bien un découpage, […] et on a fait ça pour tout le programme.* » (E2_Anna_ETD, lg. c3). Ainsi, le travail de cette commission a été de « relire les programmes pour éclaircir les objectifs du cycle 3 ».

Nous avons inféré trois autres événements liés à la réforme du collège. Le premier est (EI12) « début du travail collectif avec les professeurs des écoles » qui a contribué à « réfléchir sur les ressources pour le cycle 3 ». Anna en témoigne « *au niveau du collège, on a beaucoup travaillé avec les professeurs des écoles. Donc, je mets aussi vers le cycle 3. On a commencé à réfléchir avec les professeurs des écoles comment on pourrait faire, pour le cycle 3.* » » (E2_Anna_ETD, lg. c5). Le deuxième événement inféré est (EI13) « début du travail collectif au MOOC eFAN maths » (Annexe 1- Glossaire) dans lequel Anna a fait partie des collaborateurs qui géraient

le MOOC et accompagnaient les enseignants dans les discussions sur l'enseignement par projet interdisciplinaire dans le MOOC elle a pu « échanger sur les pratiques en ligne sur les projets interdisciplinaires ». Le dernier est (EI14) « début du travail collectif à PREMaTT » (§ 3.3.1). Ce projet a permis à Anna de travailler régulièrement avec des chercheurs, des enseignants des écoles et un ingénieur pédagogique. De plus, il a été conçu en liaison avec le groupe Sésames, plus spécifiquement pour traiter les questions de la pensée pré-algébrique. Nous avons eu l'opportunité de voir dans la présentation finale[36] de ce projet par Anna qu'elle a pu « créer des ressources pour travailler la pensée pré-algébrique ».

En nous basant sur l'analyse qui a été développée jusqu'ici, nous présentons dans le Tableau 5.3 un résumé des événements de la trajectoire documentaire d'Anna et les conséquences sur son travail documentaire pour cette période

Tableau 5.3 - Synthèse des événements et conséquences sur le travail documentaire d'Anna dans cette période

Événement réflexif ou inféré	**Conséquence sur le travail documentaire**
(ER12) « Début du travail à mi-temps »	*Raffiner les ressources en interaction avec plusieurs chercheurs*
(ER13) « Sortie des brochures sur les grandeurs »	*Refondre ses ressources pour l'enseignement des grandeurs*
(ER14) « Début du travail collectif à la recherche ASSIST-ME »	*Adapter les ressources Sésames pour intégrer l'évaluation formative et favoriser l'argumentation*
(ER15) « Intégration de *Twitter* »	*Faire la veille numérique* (Annexe 1- Glossaire) *des ressources pour l'enseignement de mathématiques*
(ER16) « Début du partenariat avec Carla »	*Créer des cartes mentales pour organiser l'enseignement et pour travailler avec les élèves*
(EI8) « Début du partenariat avec Carol »,	*Mutualiser des ressources et échange sur les pratiques*
(EI9) « Début du partenariat avec Bastien »	
(EI10) « Début du partenariat avec Stella ».	
(ER17) « Début de la discussion d'une transformation du collège CA dans une éducation nouvelle »	*Créer des ressources qui soutiennent la réflexivité des élèves sur leurs apprentissages*

[36] Séminaire final du projet, 9-10 janvier 2019 voir http://ife.ens-lyon.fr/ife/recherche/groupes-de-travail/prematt accès le 14 avril 2019.

(EI11) « Arrivée de la réforme du collège »	*Réviser les progressions et créer des nouvelles ressources pour s'adapter à la réforme*
(ER18) « Début du travail collectif à la commission collège APMEP »	*Relire les programmes pour éclaircir les objectifs du cycle 3*
(EI12) « Début du travail collectif avec les professeurs des écoles »	*Réfléchir sur les ressources pour le cycle 3*
(EI13) « Début du travail collectif au MOOC eFAN maths »	*Échanger sur les pratiques en ligne sur les projets interdisciplinaires*
(EI14) « Début du travail collectif à PREMaTT	*Créer des ressources pour travailler la pensée pré-algébrique*

De façon générale, nous avons identifié dans cette période une participation d'Anna à plusieurs projets de recherche ; le partenariat avec les enseignants a une place importante dans son travail documentaire dans cette période ; la réforme du collège de 2016 a fortement influencé cette période en générant d'autres événements.

5.2.4 Résultats partiels

Nous présentons ici quelques résultats partiels qui proviennent de notre analyse des aspects événementiels de la trajectoire documentaire d'Anna.

Dans la période 1 nous relevons 4 points : (1) les événements liés au travail collectif hors établissement sont très peu présents ; (2) le changement de programme de la loi sur le socle a amené l'enseignante à créer de nouvelles ressources telles que des grilles d'évaluation par compétence ; (3) les ressources numériques sont introduites dans sa pratique ; et (4) c'est la période où les événements liés à son travail dans les établissements d'enseignement sont le plus marqués ;

Dans la période 2 nous relevons 4 points : (1) les événements liés au travail collectif hors établissements se sont accrus ; (2) l'entrée dans Sésames est un événement très important qui déclenche plusieurs autres événements ; (3) des événements amènent l'enseignante à faire des formations ; et (4) deux partenariats sont établis et ils soutiennent la création des ressources par Anna ;

Dans la période 3 nous relevons 4 points : (1) un événement très important est le travail à mi-temps qui permet à Anna de raffiner ses ressources ; (2) des partenariats documentaires sont établis avec des enseignants qui participent de l'IREM ; (3) la réforme de 2016 déclenche plusieurs événements qui vont impacter le travail documentaire de l'enseignant ; et (4)

l'émergence de la veille numérique pour suivre les sorties des ressources par la découverte des outils/ressources comme Twitter.

5.3 Les transformations dans le système de ressources de l'enseignant au long du temps

Dans cette section nous nous intéressons aux transformations du système de ressources d'Anna. Nous divisons cette section en trois sous-sections liées aux dominantes documentaires : création de ressources (§ 5.3.1) ; réflexion et renouvellement des ressources (§ 5.3.2) ; et raffinement et diffusion des ressources (§ 5.3.3).

5.3.1 Période 1 : création de ressources

Pour comprendre les évolutions dans le travail documentaire au fils du temps, nous avons demandé à Anna de construire une cartographie avec les ressources utilisées au début de sa carrière (Figure 5.3). En bleu sont cartographiées les ressources dont elle se rappelle s'être servie et en vert certaines informations complémentaires.

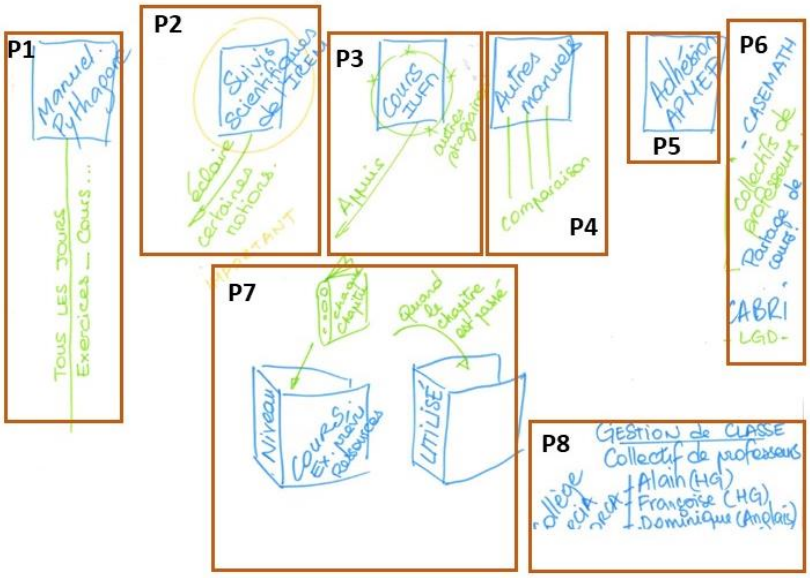

Figure 5.3 — Cartographie réflexive du système de ressources en début de carrière créée le 26 juin 2017 (nous avons ajouté les cadres orange et les avons numérotés pour guider l'analyse de cette cartographie)

Nous faisons d'abord une analyse de chaque cadre de la Figure 5.3 : le cadre P1 contient le manuel scolaire d'établissement « manuel Pythagore » utilisé tous les jours pour faire le cours et les exercices avec les élèves ; le cadre P2 comprend l'ensemble des brochures de Suivi scientifique qui était utilisé pour éclaircir certaines notions ; le cadre P3 comporte les cours qu'elle avait créés lors d'un travail collectif à l'IUFM (Annexe 1- Glossaire) ; le cadre P4 concerne les autres manuels présents dans son établissement pour comparer différentes approches ; le cadre P5 comporte les brochures qui venaient de son adhésion à l'APMEP et

qui étaient aussi utilisées pour travailler certaines notions ; le cadre P6 présente l'apparition du numérique dans son système de ressources au travers de sa participation à la plateforme Casemath et l'utilisation du logiciel *Cabri-Géomètre* ; le cadre P7 contient les ressources issues du travail collectif avec les enseignants d'autres disciplines au collège GL pour discuter de la gestion de classe ; et le cadre P8 représente les ressources papier qui étaient stockées dans des pochettes tout en étant renouvelées chaque année.

Nous continuons par l'analyse des éléments structurants dans cette cartographie (§ 3.4.1). D'abord, les cadres orange que nous avons introduits sont basés sur l'inférence d'une division de son système en huit, ce qui est une *structure générale de la cartographie*. Par rapport aux *regroupements des termes*, nous observons que dans les points P2 à P8 Anna présente des groupes de ressources, ce qui nous donne une vision générique des ressources utilisées dans la période. Pour ce qui concerne la *localisation ou position des termes dans la cartographie,* Anna fait une emphase entourant la ressource « Suivi scientifique de l'IREM » comme étant la ressource la plus importante pour son travail documentaire dans la période. Selon elle : « *je pense que c'était quelque chose qui était vraiment réfléchi, qui était en lien avec d'autres articles et que tu pouvais aller le chercher et lire. Et pour moi, celui-là était vraiment important. Ça, c'est vraiment quelque chose, je les ai encore.* » (Annexe, 3.2, lg. r1). Par rapport aux *termes influencés et aux termes influençant,* nous observons que le manuel (P1) est une ressource utilisée tous les jours pour faire le cours avec les élèves, mais le cours est aussi influencé par les brochures Suivi scientifique » qui « éclairent » certaines notions et « l'appui » des cours créées à IUFM.

Pour avoir une vision plus complète du système de ressources de cette période, nous avons créé une cartographie inférée qui rassemble les ressources correspondantes à cette période dans la CRTD (Figure 5.2) et dans la CRSR (Figure 5.3). Ainsi, dans la Figure 5.4 nous présentons les six catégories des ressources (§ 3.4.1) et leurs ressources associées.

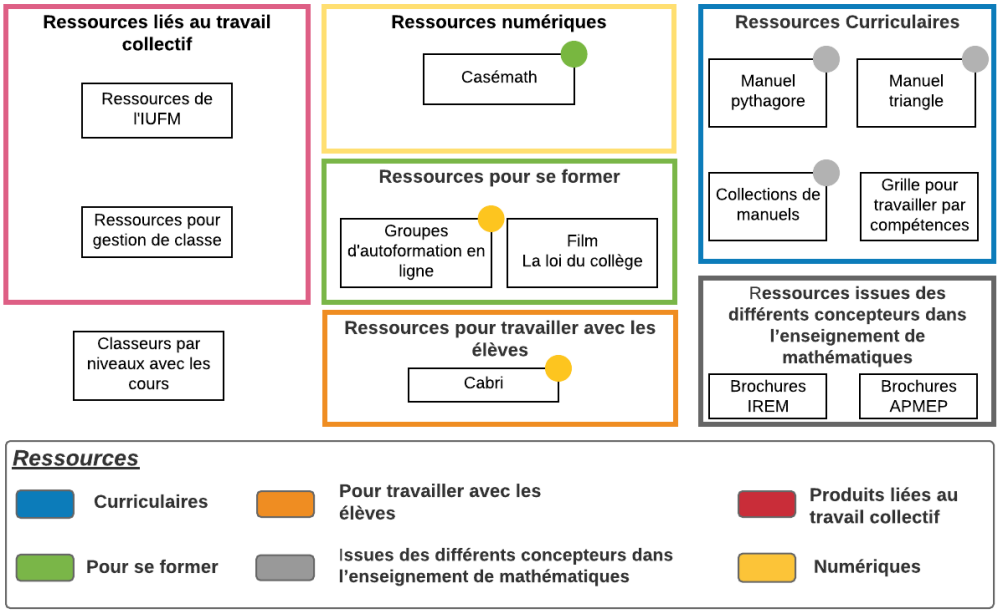

Figure 5.4 — Cartographie inférée du système de ressources d'Anna pour la période 1

Nous soulignons quelques points dans cette cartographie inférée qui nous aident à comprendre cette période, mais aussi les transformations dans les autres périodes qui vont être présentées dans les deux sections suivantes.

Le premier point à mettre en évidence est la présence de plusieurs manuels scolaires pour la préparation des cours et des exercices. Les manuels sont des ressources très importantes dans cette période. En effet, selon Anna « *au début, je pense, oui. Je m'appuyais beaucoup sur les manuels.* » (Annexe 3.2, lg. r1).

Le deuxième point porte sur les brochures IREM, APMEP et Suivi scientifique qui sont des ressources qui sont très importantes pour Anna pour donner des conseils sur comment traiter certaines notions et qui sont utilisées depuis longtemps par Anna. De plus, « *ça permet d'avoir dans une bibliothèque des idées, les brochures* » (Annexe 3.2, lg. r4) et « *alors les brochures, toutes, IREM, APMEP. Donc c'est ça qui va me faire changer, ou pas mes cours.* » (Annexe 3.2, lg. r15).

Le troisième point est le début de l'introduction des ressources numériques. En effet, nous observons l'utilisation du logiciel de géométrie dynamique, *Cabri-Géomètre*, et la plateforme en ligne, Casemath. En particulier, considérant l'utilisation d'une plateforme en ligne pour créer et échanger ses ressources, elle souligne « *les gens partageaient les cours. Là, il y avait un partage de cours, qui existe toujours d'ailleurs si tu retournes en ligne, […]. C'est en fait, les ressources de Casemath c'est des gens qui mettaient leurs cours, mettaient leurs fiches d'exercices, etc.* » (Annexe 3.2, lg. c4). Cette plateforme est un marqueur d'ouverture de travail collectif hors établissement.

Le dernier point est constitué par des « classeurs par niveaux » qui ne correspondent pas à nos catégories, cependant ils mettent en évidence qu'à cette période les ressources

numériques n'étaient pas encore utilisées pour stocker ses ressources. De plus les ressources étaient aussi partagées avec ses collègues en utilisant des photocopies. Ce point sera très important pour comprendre les transformations dans son système de ressources dans la période 3 (§ 5.3.3).

Dans la section suivante, nous traitons le système de ressources correspondant à la période 2.

5.3.2 Période 2 : réflexion et renouvellement des ressources

Pour cette période nous n'avons pas de cartographie réflexive du système de ressources d'Anna, puisque nous ne lui avons pas demandé de le faire. La raison derrière ce manque des données est due au fait qu'à ce moment de notre thèse, nous n'avions pas conceptualisé la notion de dominante documentaire. Ainsi nous n'avons remarqué ce manque que pendant l'analyse effectuée après la collecte des données. Devant cela, nous cherchons dans sa CRTD (Figure 5.2) et dans l'ensemble des entretiens les ressources liées à cette période.

Nous commençons par les ressources liées au (ER5) « début du travail collectif à Sésames ». Ainsi, nous commençons par la « ressource Mise en train » (MET, § 5.4.2) qui a une place très importante dans le système de ressources d'Anna (Rocha, 2018a, 2018b). Nous avons rencontré cette ressource dans l'entretien d'exploration de la trajectoire documentaire (E2_Anna_ETD), cette partie des données est disponible dans la plateforme AnA.doc (§ 3.3.1). Anna était au cœur de la discussion à Sésames pour la création de la MET, basée sur une étude d'un « *ensemble des ressources sur le calcul mental* ». Ainsi, nous nous basons sur son point de vue pour présenter cette ressource et ce qui en fait une métaressource (§ 2.2.3). La MET (cf. Annexe 1- Glossaire) est plus qu'une ressource, c'est aussi une façon de créer des ressources. D'abord cette ressource a été créée pour mettre les élèves à travailler dès qu'ils rentrent en classe pour les « réchauffer ». En effet, selon Anna « *on voulait que les élèves quand ils rentrent en classe, ils arrivent dans le cours des mathématiques et qu'ils soient en train de travailler les mathématiques […] On se dit que même en voyant l'exercice au tableau, ils réfléchissent peut-être en sortant leurs affaires. Et ils savent qu'ils y sont pour faire des maths.*» (E2_Anna_ETD_B, lg. c1). Ensuite, une MET est composée d'un ensemble de situations didactiques pour construire une notion. De plus, ces situations doivent être travaillées en début d'heure pendant plusieurs séances pour que les élèves travaillent cette notion de façon progressive. Ensuite, les notions travaillées ne font pas partie du sujet que les élèves sont en train d'apprendre en classe, ainsi ils ne savent pas le contenu en jeu. Pour finir, au bout d'environ 15 mn il est important que les élèves fassent leur bilan personnel du travail réalisé.

Ce sont les principes qui guident la création de ressources MET qui nous font considérer la MET comme une métaressource. Nous soulignons qu'au début la MET était liée au travail

avec le calcul mental. En effet, selon Anna : « *au départ surtout sur l'algèbre, on faisait surtout de l'algèbre et du calcul mental. On faisait les notions d'algèbre* » (E2_Anna_ETD, lg. c1). Dans la CRTD d'Anna, nous avons identifié cinq ressources liées au travail en groupe et à la MET : le *site Pégame* (§ 3.3.2) dans lequel elle a mis certaines des ressources créées dans le groupe comme la MET ; le « *stage de formation* » dans lequel elle est formatrice et utilise les ressources créées à Sésames ; les deux dernières ressources sont deux articles un « *article sur la MET* » et un autre « *article sur le calcul mental* » ; le dernier est la « *démarche investigation* » qu'elle a étudiée à Sésames. La MET a été créée dans Sésames pour l'enseignement de l'algèbre, mais Anna a étendu son usage pour tous les autres domaines des mathématiques.

Par la suite, associé à l'événement (ER9) « début du travail collectif à l'IREM » elle a mis le « *stage compétences* ». Le stage par compétences a été fait avec Camille (§ 5.2.2). Nous avons identifié qu'elles ont travaillé sur le « *programme du socle commun* » et ont créé des « *grilles d'évaluation par compétence* ». En effet, elle a dit « *on a bien avancé sur toutes les compétences transversales, on avait fait des grilles qu'on avait réfléchies sur les évaluations. On était déjà un peu sur les critères d'évaluation.* » (Annexe 3.1, lg. c7). Ainsi, nous avons trois ressources qui correspondent à cette période : stage compétences, programme du socle commun et grilles d'évaluation par compétence.

Parmi les sept événements de cette période seulement ER5 et ER9 présentent des ressources correspondantes à la période. Dans la section § 5.2.2, il y avait trois ressources qui correspondaient à cette période : le manuel *Triangle* qui était le manuel utilisé au collège CA ; les brochures IREM et les brochures APMEP qui sont présentes depuis longtemps dans le système de ressources d'Anna.

Exploitant ce qui précède, nous présentons dans la Figure 5.5 une cartographie inférée du système de ressources d'Anna pour cette période.

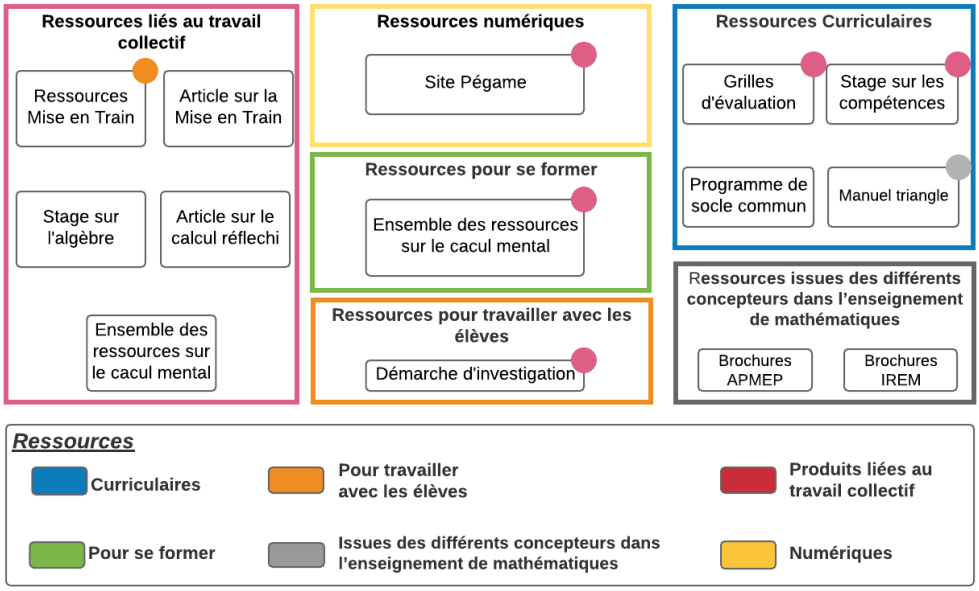

Figure 5.5 — Cartographie inférée du système de ressources d'Anna pour la période 2

De façon générale, nous soulignons quelques points dans cette cartographie : d'abord , la plupart des ressources sont liées au travail collectif d'Anna, ce qui est cohérent avec la période dans laquelle elle est rentrée dans plusieurs collectifs ; ensuite, nous remarquons que le rôle de formatrice impacte aussi le système de ressources puisque les stages sont de nouvelles ressources pour elle ; de plus, nous avons identifié dans cette période plusieurs ressources liées au travail à Sésames ; enfin, la métaressource MET joue un rôle très important dans le travail documentaire d'Anna. Dans la section suivante, nous traitons du système de ressources pour la dernière période.

5.3.3 Période 3 : raffinement et diffusion des ressources

Nous analysons maintenant dans cette section les éléments du système de ressources d'Anna à travers une cartographie faite pour représenter les ressources qu'elle utilise depuis cinq ans (2012-2017) (Figure 5.6).

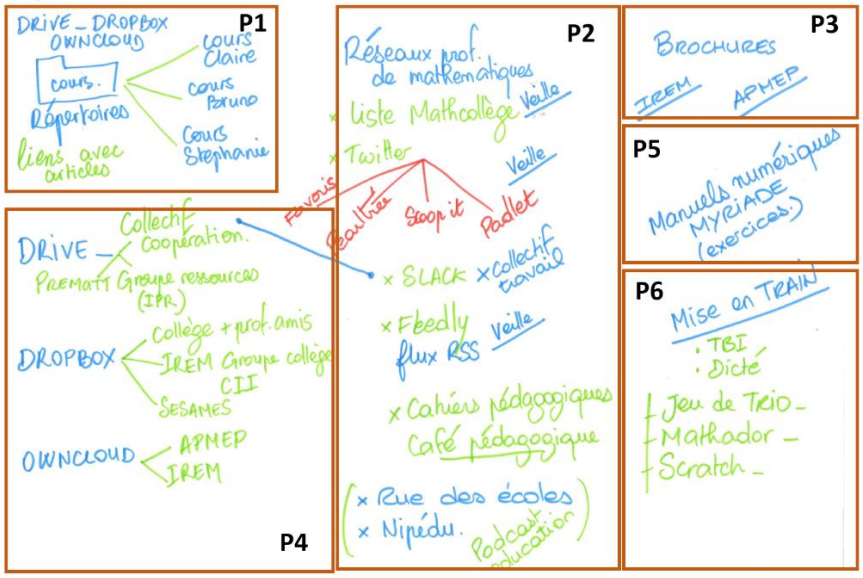

Figure 5.6 — Cartographie réflexive du système de ressources depuis 5 ans (créée le 26 juin 2017)

Nous analysons ensuite les éléments structurants dans cette cartographie (§ 3.4.1). Par rapport à l'analyse de la *structure générale de la cartographie*, nous faisons d'abord une description de chaque cadre souligné dans la Figure 5.6 : (P1) contient les dossiers partagés en ligne avec les enseignants avec lesquels Anna a un partenariat ; (P2) rassemble un ensemble de ressources utilisées par Anna pour faire la veille de ressources sur internet (et radio) et un ensemble de ressources numériques pour gérer ces informations ; (P3) contient les brochures IREM ; (P4) comporte les dossiers partagés en ligne avec les collectifs dans et hors établissements ; (P5) concerne le manuel scolaire de son établissement ; et (P6) l'ensemble des ressources qui nourrit les situations didactiques des MET.

Nous observons un *regroupement de termes* faits par Anna : les ressources pour partager (P1 et P4) ; les ressources pour faire une veille numérique (P2) ; les livres (P3 et P5) ; et les ressources pour la MET (P6). Ainsi ce regroupement nous montre les éléments qui structurent ce système. Pour ce qui concerne la *localisation ou position des termes dans la cartographie*, nous remarquons certaines informations soulignées comme importantes : IREM, APMEP, MET et veille, celles-ci sont considérées comme importantes pour elle. En effet, elle souligne par rapport aux brochures *« alors, mes cours ils viennent de brochures là, clairement. […] Donc c'est ça qui, qui va me faire changer, ou pas mes cours.* » (Annexe 3.2, lg. r15) et par rapport à la veille « *du coup à chaque fois qu'ils sortent un article, je reçois une alerte : "attention…" Alors il y a des trucs qui ne sont pas intéressants, mais d'autres oui.* » (Annexe 3.2, lg. r12). Ainsi, nous relevons la permanence de ces brochures de l'APMEP et de l'IREM dans sa pratique.

Par rapport à la MET, dans l'entretien d'exploration de la trajectoire (situation et webdocument sur AnA.doc, § 3.3.1) et pour cartographier le système de ressources (Annexe

3.2), Anna nous a présenté plusieurs conséquences sur son travail documentaire et son enseignement :

- Concernant le travail documentaire : elle utilise un ensemble de ressources pour nourrir les situations didactiques des MET, comme les exercices du concours Mathador (Annexe 1- Glossaire), le logiciel Scratch (Annexe 1- Glossaire) et le Tableau Blanc Interactif ; elle crée des présentations PowerPoint qui contiennent les situations didactiques ; les situations didactiques sont mentionnées dans la progression annuelle ; pour chaque cours est détaillé quand faire chaque partie de la MET ;
- À propos de son enseignement, selon Anna : les élèves n'ont plus besoin de faire des chapitres de révision vu que certaines notions déjà étudiées sont mobilisées tout au long des séances ; la MET permet de faire avancer les élèves qui ont une facilité et de travailler plus avec ceux qui ont une difficulté ; la MET permet un enseignement moins segmenté, puisque les contenus sont travaillés progressivement et pas nécessairement par chapitre ; le travail oral est favorisé dans cette approche.

Pour nous ces trois points relèvent les aspects structurants du travail documentaire d'Anna favorisés par la création et l'utilisation des ressources MET.

Nous continuons par l'analyse de la *position de termes* (Figure 5.6) qui a aussi relevé certains aspects intéressants puisque les ressources liées au numérique occupent les deux tiers de la représentation, ainsi nous inférons une forte utilisation du numérique. En effet, nous observons dans la cartographie de ressources de la première période que les ressources numériques apparaissent très peu dans le système de ressources, puisque c'était le moment d'apparition du numérique. Nous attirons l'attention sur deux ressources qui nous semblent montrer l'influence du numérique sur le travail documentaire d'Anna : Twitter et Slack[37] (P2).

En ce qui concerne la ressource Twitter, elle permet un accès quotidien à un ensemble de ressources potentielles pour son enseignement. En effet, selon Anna « *c'est des choses, dès que ça sort, dès que les vidéos sortent ou dès que les textes, les ressources sortent, tu as le lien et donc tu penses à : "oui, tiens, c'est vrai, je n'ai pas pensé à regarder ça, j'y vais." Donc c'est des infos au jour le jour […] qui sont importantes quoi.* » (Annexe 3.2, lg. r8). Dans cet extrait, Anna a décrit en partie comment les ressources sur Twitter peuvent potentiellement être utilisées. De plus elle a dit « *en fait, c'est que tu n'as pas besoin de chercher en fait […]. Tu as les infos qui arrivent sans que tu les cherches quoi. […] on a des infos super importantes et très rapidement.* » (Annexe 3.2, lg. r8). Nous relevons dans

[37] Disponible à https://slack.com/intl/fr visité le 16 janvier 2019.

l'extrait que l'enseignante met en évidence l'usage de Twitter permettant d'avoir accès aux informations sur l'enseignement de mathématiques très rapidement. Twitter est ainsi une ressource qui la connecte avec d'autres acteurs et institutions de l'enseignement, en favorisant la découverte des nouvelles ressources pour l'enseignement de mathématiques.

Slack est une plateforme collaborative pour soutenir les travaux en équipe. Anna a utilisé cette plateforme pour travailler avec une équipe des enseignants de diverses disciplines sur comment favoriser le travail coopératif entre les élèves : *« je m'intéresse beaucoup à ce collectif de travail sur la coopération parce que ce qu'on aimerait faire, c'est que quand même ils aient du travail individuel […] on aura quand même des exercices avec des élèves qui réussissent très vite, mais qui vont aider les autres à les faire.* » (Annexe 3.2, lg. c5). Elle a rencontré ce groupe à travers, Twitter « *[Je l'ai trouvé] via Twitter parce que je suivais Sylvain Connac sur Twitter, et qu'il avait plein de réunions avec des collectifs.* » (Annexe 3.2, lg. c5). Nous observons l'utilisation du numérique pour avoir des nouvelles ressources pour améliorer sa pratique.

Pour finir l'analyse des éléments structurants de la Figure 5.6, nous relevons ici la présence des *termes influencés et influençant*. En effet, les ressources pour le partage en ligne comme Dropbox, Owncloud et Drive (Annexe 1- Glossaire) influencent le partage des ressources avec plusieurs collectifs dans et hors établissement. De plus, la veille numérique influence quant à elle la mobilisation d'un ensemble de ressources pour soutenir cette veille. En particulier, l'usage de Twitter est lié à plusieurs outils qui permettent la gestion des informations rencontrées en ligne. Pour finir, les ressources MET influencent elles aussi les usages de plusieurs autres ressources.

Compte tenu ce qui précède, nous avons conçu une cartographie inférée qui rassemble les ressources correspondantes à cette période dans la CRTD (Figure 5.2)et dans la CRSR (Figure 5.6). Ainsi, dans la Figure 5.7 nous présentons les six catégories des ressources (§ 3.4.1) et leurs ressources associées.

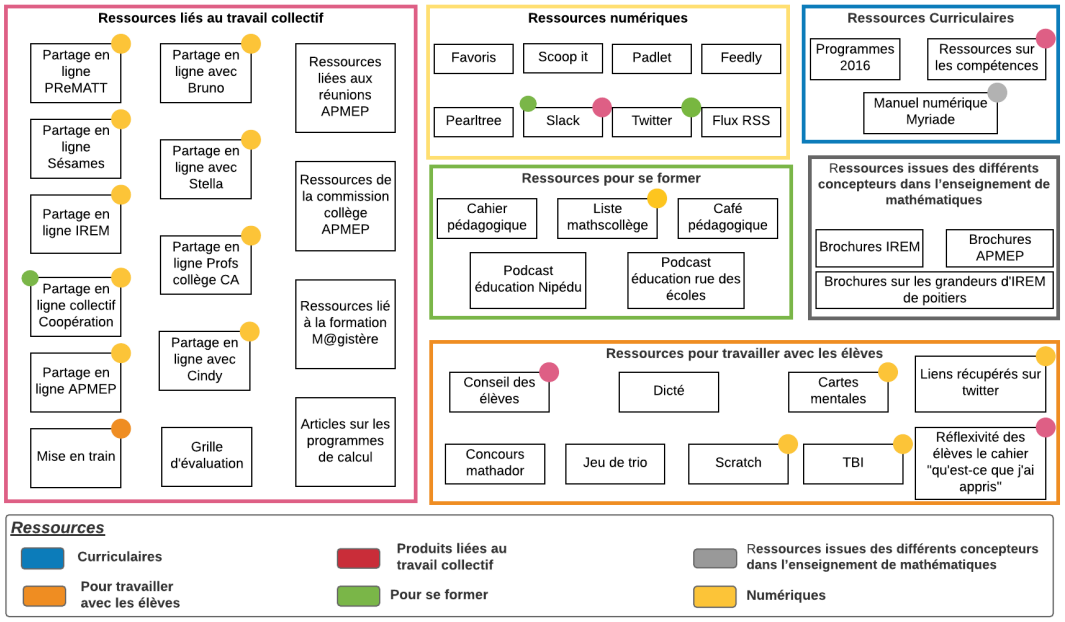

Figure 5.7 — Cartographie inférée du du système de ressources d'Anna pour la période 3

Cette cartographie présente un grand nombre de ressources et nous attirons l'attention sur quatre points importants.

Le premier point est la présence de nombreuses ressources liées au travail collectif. En effet, les ressources partagées avec d'autres acteurs de l'enseignement montrent bien les effets de la multiappartenance d'Anna à plusieurs collectifs sur son système de ressources. Ces dossiers sont partagés avec les enseignants avec lesquels elle a établi des partenariats ; avec le collectif des enseignants de son établissement ; avec des collectifs hors établissements auxquels elle participe en présence ; avec des collectifs hors établissements avec qui elle interagit en ligne. Ces dossiers contiennent des ressources créées ou utilisées par ces groupes.

Le deuxième point est le fort usage du numérique pour préparer son enseignement. Nous avons relevé par exemple des ressources pour faire la veille numérique. Ces ressources nous montrent les transformations dans le système de ressources afin de s'en servir pour gérer l'abondance des ressources favorisées par l'évolution du numérique. Parmi ses ressources, nous avons identifié un ensemble de ressources liées à l'éducation ; un ensemble de plateformes pour recevoir les nouvelles informations ; et un ensemble de ressources pour stocker ou garder ce qu'elle estime qui sera intéressant pour son travail documentaire à venir.

Le troisième point est le rôle secondaire du manuel scolaire pour préparer son enseignement. En effet, Anna a présenté seulement un manuel scolaire pour cette période, de plus elle dit : *« [la place du manuel dans, mon travail ?] j'ai envie de dire l'année dernière, il n'y en avait pas, il n'y en avait pratiquement pas, c'était juste pour la différenciation en fin d'heure, pour donner des exercices supplémentaires.»* (Annexe 3.2, lg. r1). Nous observons qu'Anna utilise très peu ce manuel qui

est très récent dans son collège et qui est utilisé de temps en temps pour donner des exercices aux élèves. De plus, selon Anna « *je pense qu'il faudrait que je m'habitue, que je me force encore un ou deux ans, oui, pour le connaître bien, parce que si je ne le connais pas, c'est quand même une dépense.* » (Annexe 3.2, lg. r1). Nous voyons qu'Anna s'oblige à utiliser un peu plus ce manuel, puisque le collège a investi beaucoup d'argent pour l'acheter. Cette contrainte institutionnelle liée aux usages de manuels scolaires a ainsi un impact sur le travail documentaire d'Anna, en l'amenant à utiliser des ressources qu'autrement elle n'utiliserait peut-être pas. Ainsi, le manuel scolaire est pour Anna une injonction institutionnelle à prendre en compte lors de son cours.

Le dernier point est la place des brochures IREM et APMEP qui sont des sources considérées comme fondamentales pour la préparation de la progression et de la leçon par Anna. En particulier, la brochure sur les grandeurs de l'IREM de Poitiers est présentée comme une ressource très importante par Anna (§ 5.1), qui a permis une refonte de tout son cours sur les grandeurs. Ces brochures sont des ressources qui l'accompagnent depuis le début de sa carrière.

5.3.4 Résultats partiels

Nous faisons le point ici sur les résultats issus de l'analyse des transformations du système de ressources à travers d'analyse des cartographies.

Dans la période 1, nous avons repéré dans la cartographie faite par Anna que les manuels scolaires avaient un rôle très important dans son travail documentaire. Ce sont les ressources utilisées couramment pour créer les cours et choisir les situations didactiques. Les ressources produites par certains collectifs reconnus dans le domaine des mathématiques sont des ressources utilisées pour mener une réflexion plus poussée sur l'organisation didactique et mathématique. Les ressources numériques commencent à intégrer son système de ressources à travers le logiciel *Cabri-Géomètre* et aussi à travers les plateformes en ligne qu'elle utilise pour échanger avec d'autres enseignants en mathématiques.

Dans la période 2, nous avons repéré dans le discours d'Anna certaines caractéristiques de son système de ressources. Les manuels scolaires sont encore une ressource présente dans son système de ressources, parmi eux le manuel Triangle est un manuel scolaire qui se démarque. Les brochures de l'APMEP et de l'IREM sont toujours utilisées par l'enseignante pour réfléchir aux organisations didactiques et mathématiques. Les changements scolaires ont impacté le système de ressources de l'enseignante qui a restructuré la façon dont elle évalue ses élèves. Les ressources provenant de son travail à Sésames commencent à structurer

son système de ressources pour l'algèbre et à impacter d'autres domaines. Par ailleurs, Anna commence à produire des ressources pour l'IREM, comme des formations. Nous déduisons que dans cette période s'opère une réorganisation du système de ressources comme conséquence du travail collectif.

Dans la période 3, nous avons déduit plusieurs caractéristiques révélatrices des transformations dans le système de ressources d'Anna. Nous remarquons un abandon des manuels scolaires pour préparer ses leçons. Les brochures de l'IREM et de l'APMEP continuent à être une source pour réfléchir sur l'enseignement des mathématiques. Nous citons l'exemple de la brochure de l'IREM de Poitiers sur les grandeurs qui lui a fait changer tout son cours de grandeurs. De plus, la MET devient une ressource structurante dans le système de ressources de l'enseignante. Ensuite, le travail collectif lui a fait utiliser un ensemble de ressources pour interagir et échanger avec ses collègues. Enfin la ressource numérique occupe une part importante dans le système de ressources d'Anna, en particulier pour faire la veille numérique des ressources. Les ressources numériques montrent aussi l'impact du travail collectif sur le système de ressources d'Anna.

5.4 L'impact du travail collectif sur le travail documentaire d'Anna

Nous consacrons cette section à l'analyse des impacts du travail des collectifs de pensée (§ 2.3.2) auxquels Anna participe ou participait sur son travail documentaire. Il est important de souligner que nous avons identifié, dans les quatre entretiens avec Anna, un ensemble très large de collectifs qui soutiennent son travail documentaire au long de sa carrière. Parmi ces collectifs il y en a certains qui sont très peu décrits par Anna. Ainsi, nous n'avons pas assez de données pour faire une analyse en profondeur de chaque collectif. Nous avons donc choisi de faire un bref exposé de certains éléments du style de pensée des 13 collectifs dont nous avons eu une description par Anna. Pour chaque collectif, nous déduisons à partir du discours d'Anna un *problème d'intérêt commun à un moment donné* (§ 2.3.2) qui dénote aussi l'apport de la production de ressource du collectif pour le travail documentaire d'Anna. Pour cela, nous présentons les analyses en trois parties liées aux trois dominantes documentaires : création de ressources (§ 5.4.1) ; réflexion et renouvellement des ressources (§ 5.4.2) ; et raffinement et diffusion des ressources (§ 5.4.3).

5.4.1 Période 1 : création et accumulation des ressources

Le travail collectif dans cette période était concentré dans l'établissement. Nous identifions dans la période de 1991 à 2005 trois collectifs : (C1.1) les formateurs et le groupe de stagiaires

dans le groupe IUFM (Annexe 1- Glossaire), (C.1.2) les enseignants d'autres disciplines au collège GL et les enseignants au collège LB (C.1.3).

C.1.1. Les formateurs et le groupe de stagiaires dans le groupe IUFM

Nous avons cherché dans l'ensemble de nos entretiens les extraits relatifs à la participation dans le collectif IUFM. Nous citons ici un exemple, selon Anna :

> Donc, on *avait fabriqué ensemble. On faisait des cours*, on faisait...On nous a expliqué comment gérer une classe et etc. Donc, je pense qu'il y a mes cours.
>
> Non, non, avec les futurs professeurs. Tu sais la première année tu es en stage. Donc tu as moins d'heures. Et moi j'étais à l'IUFM et à l'IUFM le changement c'était qu'*on était mélangé, plusieurs matières pouvaient être mélangées pour certains cours*. Et donc, on travaillait, on préparait, on avait des cours, et *puis la didactique et puis nous ils nous donnaient des conseils*. (Annexe 3.2, lg. c.1)

Nous avons souligné dans cette citation trois points qui soutiennent nos inférences des éléments du style de pensée de ce collectif. Ainsi, nous inférons certains éléments qui, selon l'analyse du discours d'Anna, sont liés au style de pensée de ce groupe :

- *Méthode de création de ressources :* discussion entre stagiaires et formateurs ; création en groupes de progressions ; partage d'expérience sur les situations vécues en classe par les enseignants ; plusieurs disciplines dans un même groupe ;
- *Quelques éléments du système de ressources du collectif :* brochures Suivi scientifique ; création de cours (Annexe 1 – Glossaire);
- *Jugements communs :* les formateurs peuvent donner des conseils didactiques pour améliorer la leçon.

Dans le collectif IUFM (C1), Anna a créé une partie de ses cours qu'elle a mis en place quand elle a occupé son poste comme enseignante, mais aussi elle a découvert les brochures de Suivi scientifique. De plus, c'est aussi dans ce collectif qu'elle discutait des questions spécifiques en lien avec la didactique, ainsi, nous inférons qu'il existe un problème d'intérêt commun de ce collectif : « réfléchir sur les théories didactiques en créant des cours », qui constituent un apport pour le travail documentaire d'Anna.

C.1.2. Les enseignants d'autres disciplines au collège GL

Dans le collège GL, pour Anna, le travail collectif était moins courant que dans les autres établissements où elle travaillait (Annexe 3.2, lg. c.2). Les enseignants de mathématiques ne produisaient pas de ressources ensemble, elle échangeait très peu avec eux (§ 5.3.1).

Cependant, elle travaillait beaucoup avec les enseignants d'autres disciplines (C2), ce travail était une réponse aux conditions difficiles de l'établissement :

> C'était avec un collègue de musique qui était vraiment très très bien. Des gens d'histoire et géo, des gens que je connais encore bien là. L'histoire-géo, musique, euh, deux d'histoire-géo et un de musique. Anglais, un collègue d'anglais. Et en fait, quand on se voyait c'était plus « sur cette classe *qu'est-ce qu'il faut faire pour que ça fonctionne* ».
>
> Ça a aidé à gérer les bavardages et les incivilités. (Annexe 3.2, lg. c.2)

Cet extrait nous a permis d'identifier certains éléments du style de pensée de ce collectif :

- *Méthode de création de ressources :* des enseignants cherchaient à avoir des classes communes ; des réunions régulières dans l'établissement ; discussion entre les enseignants de différentes disciplines (Anglais, Histoire-géographie et Musique) ;
- *Quelques éléments du système de ressources du collectif :* idées pour la gestion de classe ;
- *Jugements communs :* il est important de gérer les bavardages en classe et les incivilités ; le partage d'expérience peut aider à trouver des traces de solutions pour gérer le temps en classe.

Par conséquent c'est dans ce sens que nous considérons qu'un problème d'intérêt commun a été « d'échanger des ressources sur la gestion de classe »

C.1.3. Les enseignants au collège LB

Quant à son travail avec les enseignants au collège LB, nous identifions dans le discours d'Anna :

> Donc on avait *des progressions communes, on préparait nos cours ensemble*. On s'appuyait beaucoup sur les livres. *C'était la collection* Triangle.
>
> Quand j'étais [au collège LB] on *faisait des contrôles [entier] c'est-à-dire on se répartissait*, on ne préparait pas tout le contrôle, il y avait un chapitre c'était un tel qui était responsable pour le contrôle, on avait le temps d'approfondissement soutien c'était des professeurs qui géraient et on avait entièrement confiance, la ressource, la fiche qu'allait nous donner le collègue. (E2_Anna_A, lg. c2)

Nous avons inféré certains éléments du style de pensée de ce collectif (E2_Anna_ETD_lg.c2) :

- *Méthode de création de ressources :* création commune des progressions ; un professeur était responsable pour faire le contrôle pour tous les professeurs de mathématiques à tour de rôle ;
- *Quelques éléments du système de ressources du collectif :* progression ; contrôles ; manuel Triangle ;

- *Jugements communs :* on fait confiance aux ressources proposées par d'autres collègues ; le manuel Triangle correspond à nos pratiques.

De plus, Anna souligne « *alors, que quand je suis arrivé ensuite au collège LB à Lyon. J'ai beaucoup travaillé avec les gens, les collègues qui étaient là.* » (Annexe 3.2, lg. c2). Nous observons ici qu'Anna considère que le travail avec les enseignants était intense. Ainsi, nous considérons un intérêt commun à un moment donné de « créer des progressions collectivement et de partager la préparation des contrôles ».

5.4.2 Période 2 : réflexion et consolidation des ressources

Nous avons identifié cinq collectifs de 2006 à 2011 : Sésames (C.2.1), partenariat avec Camille (C.2.2), partenariat avec Cindy (C.2.3), Collectif IREM (C.2.4) et collectif APMEP (C.2.5).

C.2.1. Le collectif Sésames

Nous avons déjà présenté dans ce chapitre (§ 5.1) l'importance de ce collectif dans la trajectoire documentaire d'Anna et l'impact sur son système de ressources (§ 5.3). Notre analyse de l'ensemble des données du suivi a permis d'identifier le regard d'Anna sur le style de pensée du collectif Sésames et les influences sur son travail documentaire.

- *Méthode de création de ressources* : les ressources sont créées collectivement en considérant l'avis de tous les membres du collectif (plusieurs enseignants et une chercheuse) ; les enseignants font des lectures et des recherches en didactique ; le chercheur participe activement aux séances de création de ressources ;
- *Quelques éléments du système de ressources du collectif* : les enseignants qui travaillent dans le collectif utilisent comme ressources le site dédié Pégame ; dans ce site il y a certaines ressources MET ; des articles pour diffuser les ressources créées dans le groupe ;
- *Jugements communs* : il est important de travailler le calcul mental au travers de problèmes de recherche ; ils travaillent avec la démarche par investigation qui est vue comme un moyen de rendre les élèves plus autonomes ; les ressources cherchent la construction progressive des notions par les élèves.

Le collectif Sésames a apporté pour le travail documentaire un espace pour « réfléchir à l'enseignement et à l'apprentissage de l'algèbre au travers du calcul mental ».

C.2.2. Partenariat avec Camille

C'est à Sésames qu'Anna a rencontré Camille. Les deux enseignantes ont travaillé ensemble dans et hors du collectif, notamment sur les questions des compétences. Elles ont repris la loi sur le socle et ont créé plusieurs ressources pour travailler l'enseignement par compétences. Ce travail est à l'origine d'une formation sur les compétences à l'IREM. Anna souligne :

> *On a travaillé sur les compétences*. Et, donc, surtout avec Camille et moi. On a beaucoup travaillé sur les compétences. Et au groupe à l'IREM, ils voulaient faire un travail là-dessus et ils voulaient *faire des formations là-dessus*. Donc, on a bien avancé sur toutes les compétences transversales, *on avait fait des grilles qu'on avait réfléchies sur les évaluations*. On était déjà un peu sur les critères d'évaluation. On se posait des questions sur les évaluations et sur les critères d'évaluations. On se posait beaucoup de questions là-dessus. (E1_Anna_CRTD, lg. c7)

Cet extrait sert comme support pour analyser des éléments du style de pensée de ce collectif.

- *Méthode de création de ressources* : les deux enseignantes ont réfléchi collectivement sur comment mettre en œuvre la loi sur le socle ; elles ont relu la loi et ont créé ensemble des ressources pour soutenir les travaux par compétences ; elles interagissaient de temps en temps pour chercher à améliorer aussi leur progression. Les ressources qu'elles ont créées sont à l'origine d'une formation à l'IREM pour discuter le travail par compétences ;
- *Quelques éléments du système de ressources du collectif :* elles ont créé collectivement des grilles de compétences, un stage sur les compétences et des articles pour diffuser leurs ressources ;
- *Jugements communs* : elles trouvaient important de revoir les ressources pour évaluer les élèves et les adapter pour incorporer la loi sur le socle ; elles se sont servi des réflexions faites à Sésames pour travailler par compétences, d'ailleurs la MET est un moyen de travailler par compétence.

Pour Anna, les réflexions pour la création des ressources sur les compétences ont été faites avec Camille. Dans le partenariat Anna-Camille : les enseignantes ont travaillé ensemble pour faire face à une contrainte institutionnelle et leur travail a produit des ressources pour nourrir leurs propres pratiques en classe, mais aussi pour d'autres enseignants. De ce fait le partenariat avec Camille était un moyen de « réfléchir sur le travail en classe et sur les changements institutionnels ».

C.2.3. Partenariat avec Cindy : préparer des ressources pour la classe

Anna et Cindy ont créé un ensemble très large de ressources communes et elles ont des pratiques en classe très proche. Elles travaillent dans le même établissement et participent toutes les deux au collectif Sésames. D'ailleurs, nous avons participé à la préparation d'une leçon commune de ce collectif que nous présentons dans le chapitre suivant. Ici nous présentons des éléments du style de pensée du travail de ses deux enseignants qui ressort de l'analyse du travail documentaire d'Anna et de la préparation d'une leçon ensemble.

- *Méthode de création de ressources* : les enseignantes travaillent dans le même établissement et à Sésames, ainsi elles discutent dans le groupe des ressources pour l'algèbre. Pour créer leur leçon, elles travaillent ensemble et, après, chacune prépare son cours. Elles ont fait les progressions ensemble avec leurs collègues d'établissements. Et elles sont responsables toutes les deux des formations liées au travail à Sésames ;
- *Quelques éléments du système de ressources du collectif* : elles ont un partage de leurs cours en ligne ; les progressions sont communes ; elles utilisent les ressources de Sésames comme la MET ; elles ont piloté un stage de formation ensemble ; elles ont écrit des articles ensemble ;
- *Jugements communs* : pour les deux enseignantes les réflexions sur l'enseignement de l'algèbre sont importantes ; elles travaillent avec la recherche action ; elles cherchent des situations didactiques pour que les élèves soient autonomes.

Nous observons dans la description ci-dessus certains aspects liés au travail collectif Anna-Cindy. Ainsi on peut dire que le partenariat avec Cindy est un support régulier pour « créer collaborativement des ressources pour la classe, formation et recherche ».

C.2.4. Participation à l'IREM

Au début de sa participation à l'IREM, Anna apportait sa réflexion sur la loi du socle. Cependant, au fur et à mesure, ce collectif est devenu aussi un espace pour retravailler ses ressources pour l'enseignement de mathématiques. Anna précise le travail dans ce collectif en disant « à *l'IREM, on choisit, on choisit un point. Et on discute sur ce point […] t'as un certain nombre de thèmes : calcul mental, cartes mentales, les compétences, les EPI, fraction, décimaux, ces sont les travaux, sur les thèmes sur quoi on a travaillé.* ». (E3_Anna_VG, lg. c5). Par ailleurs, le travail à l'IREM a de fortes relations avec le partenariat avec Camille et le travail à Sésames. D'ailleurs, Anna a utilisé les ressources créées à Sésames et à l'IREM, ayant ainsi le rôle de *passeur* :

> À l'IREM c'est un peu différent, parce que à l'IREM ils ont vécu le début de la Mise en Train, parce que même si on a fait en étant sur Sésames, pour nos activités Sésames. Comme on était en même temps sur le groupe IREM et on a proposé le stage IREM. Ils ont vécu du début quoi, tout le questionnement qu'on a eu et tout ça. Je pense que les gens qui sont à l'IREM avec nous. Ils savent très bien ce qu'on attend par Mise en train. (E3_Anna_VG, c.5)

Nous avons pu ainsi inférer quelques éléments du style de pensée de ce collectif de pensée :

- *Méthode de création de ressources* : le travail de ce groupe est centré sur des rencontres entre enseignants et chercheurs pour discuter profondément un sujet relatif à l'enseignement des mathématiques ; des rencontres très régulières ;
- *Quelques éléments du système de ressources du collectif* : les ressources créées sur les compétences ; les ressources créées par rapport à l'EPI ; le partage des ressources MET à l'IREM ; le stage sur les compétences et le stage sur les MET ;
- *Jugements communs* : la création des ressources pour l'enseignement des EPI doit être discutée ; l'importance de réfléchir sur les EPI ; l'importance de proposer des stages pour contribuer avec les travaux d'autres enseignants.

Pour Anna, l'IREM a un intérêt commun de « discuter des sujets variés sur tous les domaines de l'enseignement de mathématiques ».

C.2.5. Collectif APMEP

Au début de sa participation à l'APMEP, elle avait le rôle de secrétaire, mais après elle s'est engagée pour réfléchir sur son enseignement de mathématiques, notamment pour réfléchir sur les changements liés à la réforme de 2016. En effet, Anna souligne « *là, comme on est sur le changement de programme, on est beaucoup, beaucoup dans les réflexions des programmes. Mais on a eu pas mal de discussions sur la proportionnalité, on se montre ce que font les uns et les autres.* » (Annexe 3.1, lg. c9). Nous remarquons aussi l'échange sur les pratiques qui existent dans le collectif « *on se montre ce que font les uns et les autres* ». Anna ajoute :

> L'APMEP c'est plus des amis, quoi, on *a la même vision de l'enseignement*, parce que à l'IREM de fait, comme ça n'a pas beaucoup été renouvelé, on est quand même beaucoup sur la même longueur d'onde, mais tu n'es pas obligé. C'est des gens qui ont envie de discuter de quelque chose. Alors, *que l'APMEP, c'est quand même des gens qui sont dans la même philosophie d'enseignement*. (E3_Anna_VG, lg. c4)

Nous repérons dans les discours d'Anna des éléments qui sont liés au style de pensée de ce collectif :

- *Méthode de création de ressources* : les réunions entre les membres de l'association pour se positionner sur la réforme du collège ; réunion entre les enseignants pour étudier les programmes et rassembler des ressources pour la nouvelle réforme du collège ;
- *Quelques éléments du système de ressources du collectif* : partage des MET dans le site ; les ressources officielles de la réforme 2016 ; création d'une liste de ressources pour chaque cycle du collège ;
- *Jugements communs* : créer des aides aux enseignants face aux nouveaux programmes ; réfléchir sur comment mettre en place les nouvelles propositions du curriculum ; même vision d'enseignement.

Le travail à l'APMEP est lié aux changements imposés par les institutions d'enseignement. C'est pourquoi l'APMEP, pour Anna, il y a un intérêt commun de « réfléchir sur les changements institutionnels relatifs à l'enseignement des mathématiques ». Il est important de mettre en évidence qu'Anna partage ses propres ressources à l'APMEP, et parmi elles les ressources MET.

5.4.3 Période 3 : raffinement et diffusion des ressources

Notre analyse des collectifs de cette période prend en compte cinq collectifs de pensées pour lesquels nous avons des données : projet ASSIST-ME (C.3.1), Partenariat avec Carla (C.3.2), Partenariat avec Bastien (C.3.3), commission collège APMEP (C.3.3) et projet PREMaTT (C.3.3) (§ 3.3.1).

C.3.1. Projet ASSIST-ME

Pour Anna ce collectif est une extension du travail fait à Sésames avec la spécificité de se concentrer sur les évaluations formatives. Anna souligne « *ça, c'est marquant, parce que j'ai beaucoup travaillé sur l'évaluation du coup.* » (Annexe 3.1, lg. c12). Nous pouvons remarquer dans son discours le travail sur l'évaluation, elle précise :

> On a eu ASSIST-ME parce que dans la recherche ASSIST-ME, il a fallu qu'on teste tout un tas des activités [Sésames]. Qui n'était pas trop évidente, et du coup, ça nous a *beaucoup fait travailler sur l'argumentation, on a beaucoup réfléchi sur l'argumentation*. Comment on la gère ? Qu'est-ce que ça apporte ? Et en plus, *il y a l'évaluation formative*. Donc, il y a l'argumentation et là aussi, ça nous a fait réfléchir au lien qui pouvait y avoir avec le temps Mise En Train. Comme ça au moment où les élèves échangent sur toutes leurs procédures, qu'est-ce qu'on peut faire pour que ce temps-là soit aussi un temps d'évaluation formative. *En plus d'un temps qui continue à faire travailler les notions, on les approche de différentes manières. On se disait sur les évaluations formatives « est-ce qu'on ne peut pas faire quelque chose sur ce qu'on a* ?.

Ainsi, à partir du discours d'Anna nous pouvons repérer certains éléments du style de pensée de ce collectif :

- *Méthode de création de ressources* : le travail de ce groupe est centré sur des rencontres entre enseignants et chercheurs pour discuter sur les questions de l'argumentation et de l'évaluation formative ;
- *Quelques éléments du système de ressources du collectif* : les ressources de Sésames ont été revues pour explorer l'argumentation et l'évaluation formative, en particulier, les MET ;
- *Jugements communs* : l'évaluation formative peut contribuer à l'apprentissage des élèves ; il est important de faire des situations didactiques qui favorisent l'argumentation.

Le travail à ASSIST-ME lui a permis un retour réflexif sur les ressources produites à Sésames pour les inscrire dans la perspective de l'évaluation formative. Ainsi, l'intérêt commun a été de « réfléchir sur les évaluations formatives ».

C.3.2. Partenariat avec Carla

Anna et Carla se sont rencontrées à l'APMEP, puis Carla a rejoint l'IREM, de plus elles travaillent beaucoup ensemble hors de ces deux collectifs. Carla a une expérience relative à l'enseignement des mathématiques pour les jeunes sourds ce qui l'a fait travailler avec les représentations graphiques, dont les cartes mentales (Annexe 1- Glossaire). Elles ont décidé de travailler ensemble pour élargir les usages des cartes mentales pour l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques. Elle en témoigne en disant :

> Et puis sinon, avec Carla on a des cartes mentales, et *on a décidé de cartographier un petit peu les programmes, parce qu'on s'est rendu compte que la prise de notes, c'est énorme par carte mentale*. Et au niveau du collège, cette année on fait de l'accompagnement personnalisé dans les sixièmes, donc, on a deux heures, et on est plusieurs professeurs et c'est vrai que c'est quelque chose qu'on a fait : *faire faire des cartes mentales aux élèves sans* s'en rendre compte. (E2_Anna_ETD_B, lg. c7).

Par ailleurs, nous avons aussi récolté des textes publiés par les deux enseignantes qui présentent l'intérêt d'utiliser les cartes mentales dans l'enseignement. Ainsi, basé sur le discours d'Anna et sur le texte nous relevons certains éléments de leur style de pensée pour créer ces ressources.

- *Méthode de création de ressources :* les enseignantes échangent leurs cours assez régulièrement et travaillent ensemble dans deux collectifs : l'APMEP et l'IREM. Elles se réunissent toutes les deux pour discuter les usages des cartes mentales pour

soutenir l'enseignement et l'apprentissage des élèves. Les cartes mentales sont construites ensemble. Ces cartes sont aussi présentées après avoir été faites dans les collectifs IREM ;

- *Quelques éléments du système de ressources du collectif :* les cartes mentales sur les compétences ; les cartes mentales pour la réforme de 2016 ; article sur les cartes mentales ; les cours individuels mutualisés ;
- *Jugements communs :* les cartes mentales ont beaucoup d'avantages parce qu'elles sont non-linéaires, restreignent la quantité de texte qu'on peut y utiliser, permettent de créer des liens et peuvent être construites au fur et à mesure ; elles peuvent être utilisées pour que l'élève fasse un résumé des concepts importants ; les cartes mentales font travailler la mémoire visuelle des élèves en contribuant à leurs apprentissages ; elles permettent aussi au professeur d'avoir une carte des références pour lier les concepts à travailler en classe.

Anna et Carla utilisent les cartes mentales dans leurs classes, dans des stages et dans les collectifs auxquels elles participent. Ces ressources sont transversales à tous les domaines des mathématiques. Anna demande à ses élèves de créer des cartes et pour ceux qui le veulent elle les partage dans le blog du collège. Ainsi, Anna et Carla ont un intérêt commun : « réfléchir sur les usages des cartes mentales comme support pour l'apprentissage des élèves et pour préparer le cours ».

C.3.3. Partenariat avec Bastien

Bastien et Anna se sont rencontrés et travaillent ensemble à l'IREM. Toutefois, ils travaillent aussi tous les deux en interagissant et en développant de nouvelles ressources pour leurs enseignements. Pendant l'entretien de la visite guidée Anna nous a présenté une ressource qu'elle était en train de créer avec Bastien. Cette ressource était une grille d'auto-évaluation à donner aux élèves, selon Anna *« l'idée c'est de donner cette double fiche à l'élève, […] que l'élève, il puisse quand il est en train de faire son travail regarder et s'autoévaluer pour savoir où il en est.* » (E3_Anna_VG, lg. c3). Cette ressource était dans un dossier partagé en ligne. Anna souligne :

> C'est-à-dire, quand *j'ai besoin d'un avis. Je vais envoyer mes fichiers à Carol, à Carla à Bastien, et je vais avoir des retours, mais qui sont indépendant*s. Alors, peut-être qu'on se servira, par exemple nos *ressources que nous, [Bastien et moi], avons fait sur les grilles des compétences peut-être ça nous servira sur l'IREM*, mais pour l'instant c'est plutôt personnel. (E3_Anna_VG, lg. c8)

Nous observons dans cet extrait que, lorsque Anna a besoin d'un retour sur une ressource, elle l'envoie à Bastien (et à d'autres partenaires documentaires). De plus, si Anna a besoin de nouvelles idées, elle cherche dans le dossier partagé avec Bastien.

En prenant en compte ce qui précède et l'ensemble des entretiens avec Anna, nous avons pu inférer quelques éléments du style de pensée de ce collectif :

- *Méthode de création de ressources :* les enseignants partagent leurs cours et quand ils ont des doutes sur leurs ressources créées ou s'ils ont besoin de nouvelles idées ils s'entraident (E3_Anna_VG, lg. c8) ; ils développent aussi de nouvelles ressources pour travailler l'auto-évaluation par les élèves ;
- *Quelques éléments du système de ressources du collectif :* grille de ceinture[38] sur les compétences mathématiques ; leurs cours personnels ; MET ;
- *Jugements communs :* il est important d'améliorer les évaluations par compétences ; l'auto-évaluation par l'élève peut contribuer pour le travail par compétences ; la conscience de l'élève sur son rôle dans l'apprentissage est importante. (E3_Anna_VG, lg. c3).

Nous relevons ici une petite partie du travail documentaire de ses deux enseignants qui nous montre des apports réciproques pour leurs pratiques. Ainsi, Anna et Bastien ont un intérêt commun pour « réfléchir sur les ressources pour améliorer l'enseignement par compétence ».

C.3.4. Collectif commission collège de l'APMEP

La commission nationale collège de l'APMEP est composée d'un ensemble de membres du collectif pour réfléchir sur l'enseignement par cycle face à la réforme de 2016. Selon Anna :

> *On est des professeurs des écoles et des professeurs de mathématiques*. Et on se voit réellement trois fois par an. Et sinon, on échange, tu vois, là, par exemple, quand on a travaillé sur la progression par exemple. *On se pose la question sur comment pourrait fonctionner une progression*, donc, qu'est-ce que ça apporte ? Qu'est-ce que ça m'apporte à moi ? Ou qu'est-ce que j'apporte ? […] *c'est un partage*. C'est sûr. (E3_Anna_VG, c.4)

Nous pouvons repérer ici et, dans d'autres éléments du discours et du suivi d'Anna, quelques éléments du style de pensée de ce collectif :

[38] Nom d'une méthode d'autoévaluation où les élèves se donnent une couleur de ceinture de Judo selon leur niveau. Méthode qu'Anna et Bastien étaient en train de développer.

- *Méthode de création de ressources :* les enseignants du collège et de l'école primaire se sont réunis trois fois par an en présence pour réfléchir sur les ressources pour soutenir l'enseignement par cycle ; ils ont rassemblé un ensemble de ressources (en utilisant l'outil *Padlet*) pour aider la mise en œuvre du programme de 2016 qu'ils ont mis à disposition sur le site du groupe. Ils ont aussi proposé sur le site, des ressources MET qui peuvent être adaptées à l'enseignement par cycle ;
- *Quelques éléments du système de ressources du collectif :* Padlet avec l'ensemble des ressources sur la réforme 2016 ; diapositives sur la MET ; un dossier partagé sur Dropbox ; le site de l'association APMEP ;
- *Jugements communs :* il est important de créer des ressources pour aider l'implémentation de l'enseignement par cycle ; les ressources sur la réforme sont dispersées en ligne, alors il peut être utile de rassembler ces ressources dans un seul lien pour que tous les enseignants puissent les trouver plus facilement.

La commission collège a constitué un espace pour que les enseignants interagissent pour étudier comment prendre en compte l'enseignement par cycle. Ainsi, pour Anna cette commission « permettait une réflexion sur les ressources pour l'enseignement par cycle ».

C.3.5. Collectif PREMaTT

Ce projet a réuni des chercheurs de différents domaines, un ingénieur pédagogique, des doctorants, des enseignants du collège et de l'école primaire[39]. Il est aussi lié au travail à Sésames, puisqu'une partie des membres du collectif Sésames sont aussi à PREMaTT (§ 3.3.2) (Trouche, à paraître). Nous avons eu l'opportunité de suivre quelques séances du projet ainsi que son dernier séminaire en observant la participation d'Anna. Contrairement à la majorité des autres collectifs analysés jusqu'ici, nous présentons quelques éléments du style de pensée de ce collectif basé sur notre observation d'Anna dans ce collectif. Il faut souligner que ces éléments donnent une vision très générale du travail observé en omettant plusieurs détails du travail du groupe, ce que nous voulons montrer ici est une idée globale de comment ce style de pensée a pu contribuer au le travail documentaire d'Anna. Pour cela nous nous basons plus particulièrement sur la présentation d'Anna lors d'un séminaire[40] :

[39]Site du projet : http://ife.ens-lyon.fr/ife/recherche/groupes-de-travail/prematt accès le 14 avril 2019.

[40]Séminaire final du projet, 9-10 janvier 2019 voir http://ife.ens-lyon.fr/ife/recherche/groupes-de-travail/prematt accès le 14 avril 2019.

- *Méthode de création de ressources :* les enseignants des différents établissements travaillent en plusieurs petits sous-groupes (dénommés des *fabriques*, puisqu'ils sont orientés vers la conception de ressources) pour réfléchir aux ressources pour l'enseignement de l'algèbre et/ou de l'algorithmique. Régulièrement tous les membres faisaient des réunions pour faire émerger les points qui ont été importants et ceux qui avaient besoin d'être approfondis (dénommés *incubations*[41] qui étaient planifiés par l'ingénieur pédagogique en collaboration avec d'autres membres) ; des moments de travail sur des points relevés pendant les moments *incubation* (dénommé *world café*, Annexe1-Glossaire) ; les enseignants testaient les situations didactiques avec ou sans la présence des chercheurs et faisaient des retours sur les mises en œuvre ;
- *Quelques éléments du système de ressources du collectif :* des situations didactiques pour l'enseignement de l'algèbre pour travailler les *patterns*[42] et la notion d'égalité ; l'adaptation et la création des ressources MET ; l'ensemble des situations didactiques développées dans toutes les *fabriques* ; les traces créées dans les moments *d'incubations* ;
- *Jugements communs :* une avancée dans la réflexion sur la pré-algèbre ; la pré-algèbre est présente dans le travail de généralisation et dans l'écriture de la méthode par les élèves pour arriver dans une future formule ; le travail de recherche mobilisés lors d'utilisation des ressources MET peut contribuer pour la pré-algèbre.

Pour Anna, le travail à PREMaTT est en forte liaison avec le travail réalisé à Sésames, puisqu'il s'inscrit dans la continuation des réflexions autour de l'algèbre. Cependant, il y a une autre dynamique dans ce groupe, différents acteurs et un intérêt pour la pré-algèbre. Alors, PREMaTT a permis à Anna de réaliser « une réflexion sur la pré-algèbre dans le passage du CM2 à la classe de 6ème ».

5.4.4 Résultats partiels

Nous résumons ici certains résultats de notre analyse par période.

Dans la période 1 nous avons identifié trois intérêts communs de travail collectif pour Anna qui constituent des apports pour son travail documentaire : (1) réfléchir sur les théories de didactiques en créant des cours ; (2) échanger des ressources sur la gestion de classe ; et (3)

[41] Les *incubations* sont des réunions dans lesquelles les enseignants travaillent en mobilisant plusieurs outils (tableau, post-it, entre autres) pour travailler les points critiques sur leurs pratiques et produire des ressources.

[42] C'est-à-dire des problèmes qui amènent les élèves à observer une régularité pour conjecturer une proposition mathématique, par exemple, « *dans la suite « 1, 4, 9, 16, 25 » si on suit les mêmes règles, quel sera le prochain terme ?* »

créer des progressions en groupe et partager la préparation des contrôles. La plupart des collectifs sont liés aux institutions dans lesquelles l'enseignante travaillait ou étudiait. L'unique exception est le collectif Casemath/Sésamath auquel Anna participait en ligne.

Dans la période 2, nous avons inféré cinq apports du travail collectif pour le travail documentaire d'Anna : (1) réfléchir à l'enseignement et à l'apprentissage de l'algèbre à travers le calcul mental ; (2) réfléchir sur le travail en classe et les changements institutionnels ; (3) préparer des ressources pour la classe ; (4) discuter des sujets variés sur tous les domaines de l'enseignement de mathématiques ; et (5) réfléchir sur les changements institutionnels relatifs à l'enseignement des mathématiques. Cette période est caractérisée par l'intégration de divers collectifs formels hors établissements. Ainsi nous avons l'événement symbolique de transition de dominante documentaire qui est la rentrée dans le collectif Sésames. De plus Sésames a permis à Anna de se diriger vers d'autres collectifs, accédant ainsi au statut de *collectif hub* (Trouche et al 2016).

Dans la période 3, nous avons déduit cinq apports du travail collectif pour le travail documentaire d'Anna : (1) réfléchir sur les évaluations formatives ; (2) création de cartes mentales ; (3) réfléchir sur les ressources pour améliorer l'enseignement par compétence ; (4) réflexion sur les ressources pour l'enseignement par cycle ; et (5) réflexion sur la pré-algèbre dans le passage du CM2 à la 6ème. Cette période a été fortement marquée par le travail collectif qui soutient la mise en œuvre des changements curriculaires. Le travail à Sésames a déclenché des opportunités pour rejoindre d'autres collectifs.

5.5 Les connaissances professionnelles d'Anna : traits d'expérience documentaire

Dans cette section nous présentons les traits d'expérience documentaire identifiés dans le suivi d'Anna (§ 2.5.3). Nous avons identifié 27 traits que nous exposons ici dans trois sections délimitées par les trois dominantes documentaires identifiées dans l'analyse de la TD d'Anna : création de ressources (§ 5.5.1) ; réflexion et renouvellement des ressources (§ 5.5.2) ; et raffinement et diffusion des ressources (§ 5.5.3).

5.5.1 Période 1 : création et accumulation des ressources

Nous présentons dans cette section les huit (T1 à T8) traits d'expérience documentaire identifiés pour cette période.

Le retour réflexif d'Anna sur le début de sa carrière nous a permis d'inférer plusieurs traits d'expérience sur son travail documentaire. Le premier trait que nous présentons concerne la dimension collective de son travail documentaire : « *en début de carrière, j'ai eu du mal à m'investir*

dans le travail collectif pour créer des ressources. (T1) ». Ce trait correspond au fait que l'enseignante dédiait beaucoup de temps à créer toutes ses ressources et n'avaient pas le temps de s'investir dans le travail collectif (Annexe 3.3, lg.1). Par ailleurs, cette période est marquée aussi par le trait « *en début de carrière, c'est en réalisant mon travail que j'ai appris.* (T2) », puisque, selon Anna, elle a appris en faisant son travail. Cette période est vraiment marquée par l'urgence de créer des ressources, nous reprenons l'extrait du discours qui signale celui-ci

> Au début tu es dans l'urgence quand même. Il y a une certaine urgence de créer, d'avoir des ressources, tu as toujours peur de ne pas savoir faire, etc. donc tu es vraiment dans l'urgence donc tu utilises des choses où c'est tout prêt. (Annexe 3.3, lg. 2)

Nous avons inféré un autre trait lié à cet aspect qui est « *en début de carrière, j'ai créé mes ressources en utilisant les ressources prêtes pour économiser du temps* » (T7). Ce trait guide son travail documentaire en l'amenant par exemple à utiliser certaines ressources produites quand elle était à l'IUFM et aussi à utiliser les manuels scolaires. Les manuels scolaires (comme nous l'avons vu dans l'analyse de son système de ressources) sont des ressources très importantes pour la préparation de son cours, alors, nous inférons dans le discours d'Anna le trait d'expérience documentaire « *En début de carrière, le manuel scolaire avait une place importante pour préparer mes cours.* (T6) ». D'ailleurs, Anna a mis en évidence « *ouais, je pense qu'au début tu es obligé d'avoir... Tu t'appuies sur quelque chose. Je pense que tu t'appuies sur quelqu'un que tu connais bien et sur ses cours. Ou alors tu t'appuies sur ton manuel, c'est pour ça qu'on a pris un manuel.* » (Annexe 3.3, lg. 6). De l'importance d'avoir un point d'appui pour créer les ressources, nous inférons le trait « *en début de carrière j'avais besoin d'un point d'appui, par exemple le manuel scolaire.* (T5) ». Anna a aussi exposé des éléments qui nous ont permis d'identifier des traits d'expérience documentaires sur son travail avec les élèves. Le premier est « *en début de carrière, j'interagissais moins avec mes élèves puisque je dédiais pas mal de temps pour corriger les exercices faits à la maison.* (T8) ». Anna passait une partie de sa préparation de la leçon à préparer des exercices à la maison et une partie de la mise en œuvre à les corriger, pendant ce temps-là les élèves avaient un rôle plus passif.

Un autre point important présenté par Anna sur son interaction avec les élèves est exprimé par elle dans l'extrait ci-dessous :

> Il n'y a plus de séances de révision. Et ça c'est important, parce qu'on dit qu'on fait une séance de révision pour les élèves : ceux qui ne sont pas bons, ils se disent « on ne comprenait pas l'année dernière de toute façon on ne va pas comprendre cette année » ; et ceux qui sont bons, ils disent « ah zut, on ne va rien faire cette semaine, on fait de la révision, on savait faire ». Alors, là il y en a plus. (E2_Anna_ETD, lg. 122)

Cet extrait nous permet d'inférer le trait d'expérience « *en début de carrière, je faisais des séances de révision* (T4) ». Un dernier trait que nous identifions pour cette période est énoncé par « *en début de carrière, je travaillais moins en donnant des exercices oraux.* (T3) » qui va guider les ressources mobilisées durant la mise en œuvre des leçons.

Les traits exposés dans cette section nous permettent de comprendre quelques aspects généraux du travail documentaire d'Anna.

5.5.2 Période 2 : réflexion et consolidation des ressources

Nous présentons ici les quatre (T9 à T12) traits d'expérience inférés de cette période. Il faut souligner que cette période est marquée par la rentrée d'Anna dans plusieurs collectifs, ce qui justifie le fait que nous associons les quatre traits identifiés à la dimension collective du travail documentaire d'Anna.

Nous avons fait la présentation de l'importance de Sésames dans la trajectoire documentaire d'Anna. Ainsi, quand Anna fait un recul réflexif sur son travail documentaire, des traits d'expérience guidant sont travail documentaire apparaissaient. Pour illustrer celui-ci, nous reprenons un extrait du discours d'Anna :

> Je ne connaissais rien à l'Algèbre. C'est un truc, ce n'était pas ce que je préférais. J'ai aimé beaucoup la géométrie et j'avais beaucoup réfléchi à mes séquences de géométrie. J'aimais bien ça. L'algèbre, bon, voilà. C'est là où elle m'a dit — si c'est quelque chose que tu ne sais pas trop enseigner, viens, tu vas essayer de voir, de réfléchir, comment faire. (Annexe 3.3, lg. 10)

Alors, nous inférons le trait d'expérience documentaire « *à partir du moment où je suis rentrée à Sésames, j'ai commencé à m'intéresser davantage à l'enseignement de l'algèbre.* (T10) ». Ce trait d'expérience documentaire montre l'importance de Sésames dans le travail documentaire d'Anna, puisqu'elle a repensé son enseignement de l'algèbre en élaborant de nombreuses ressources durant sa participation dans ce collectif. Un deuxième trait d'expérience que nous inférons est « *à Sésames j'ai connu la recherche-action comme un moyen de réfléchir à comment améliorer mon enseignement* » (T9). Anna s'est identifiée avec la méthodologie de recherche-action pour créer ses ressources et celle-ci a eu un fort impact sur son travail documentaire (par exemple la création de la ressource MET). Elle a aussi développé dans ce collectif des ressources pour rendre l'enseignement des mathématiques plus interactif, donc nous avons le trait « *depuis que je suis à Sésames, mes leçons sont plus interactives* » (T12).

Le dernier trait que nous présentons dans cette section est très important pour comprendre l'influence du travail collectif sur la pratique d'Anna. Elle a dit « Je *n'arrive pas à être sûre de moi, si personne ne me donne son avis. J'ai besoin de l'avis des autres pour faire quelque chose en vrai.* » (Annexe

3.3, lg. 1). Nous le modélisons comme « *à cette époque, j'ai intégré divers collectifs, parce que le travail collectif est très important pour concevoir mes ressources, j'ai besoin d'un regard extérieur pour avancer et je ne peux pas travailler seule.* (T11). » Ce trait d'expérience documentaire est apparu plusieurs fois dans les entretiens avec Anna, pour elle le travail avec les collègues pour créer des ressources est très important. Nous avons pu remarquer dans cette période plusieurs traits d'expérience qui guidaient le travail documentaire d'Anna dans la période de réflexion et de consolidation des ressources.

5.5.3 Période 3 : raffinement et diffusion des ressources

Nous présentons dans cette section quatorze (T13 à T27) traits d'expérience documentaire issus du retour réflexif sur le travail documentaire d'Anna. Nous les situons en disant « aujourd'hui » puisqu'ils sont présentés comme des traits qui ont guidé son travail documentaire pendant notre suivi.

Anna a un système de ressources très structuré pour suivre les nouvelles ressources liées à l'enseignement des mathématiques comme les brochures IREM et APMEP, par conséquent nous formulons ce trait par « *aujourd'hui, je vois que j'ai toujours essayé de suivre les sorties de nouvelles ressources liées à l'enseignement des mathématiques.* (T13) ». Dans le même contexte Anna utilise plusieurs outils et plateformes dans le secteur numérique pour avoir accès à de nouvelles ressources, « *aujourd'hui, je fais une veille numérique de plusieurs sites pour avoir plus d'idées de ressources pour mes leçons.* (T22) ».

Anna a été questionnée plusieurs fois et de plusieurs façons différences sur la façon dont elle produit ses ressources. Dans un entretien elle dit :

> Je crois que je suis trop curieuse en fait. Je pense que je suis très curieuse et très optimiste donc dès que quelqu'un me dit un truc, je dis : « oui c'est… » et puis on me montre quelque chose d'abouti : « oui, c'est super, c'est super. » Je vais m'accorder un certain temps pour essayer, si ça marche, j'intègre, si ça ne marche pas, j'oublie et je passe à autre chose. Mais je pense que c'est vraiment la curiosité. (Annexe 3.3, lg. 27)

Cet extrait concerne le trait d'expérience « *aujourd'hui, je vois que je suis très ouverte aux nouvelles idées, alors, si quelqu'un me propose quelque chose j'essaie.* (T27) ». Cette ouverture amène Anna à renouveler ses ressources régulièrement, d'ailleurs l'enseignante a un autre trait qui est lié à ce dernier : « *aujourd'hui, j'ai l'impression d'être tout le temps en train de renouveler mes ressources.* (T14) ». Dans le même contexte de renouvellement des ressources, nous avons identifié deux autres traits « *aujourd'hui, je vois que mes ressources viennent aussi de "l'écoute" en interagissant avec les autres enseignants.* (T15) » et « *aujourd'hui, je vois qu'il est important pour moi d'adapter les ressources que je trouve.* (T20) ».

Nous avons aussi identifié des traits d'expérience documentaire par rapport à certaines ressources qui guident son travail documentaire. D'abord, « *aujourd'hui les manuels scolaires ont une place moins importante dans mon travail.* (T17) ». C'est très explicite dans le discours d'Anna et cette réduction d'usage du manuel scolaire est récurrente. Nous avons repéré ceci dans plusieurs entretiens et observations de son travail réel. Par exemple, Anna dit qu'elle n'utilise pas les manuels scolaires de son collège actuel, tandis qu'au début de sa carrière il est mentionné comme une ressource essentielle. Par ailleurs, Anna reconnait la constance de certaines ressources dans son travail documentaire, donc « *aujourd'hui, quand je regarde la partie cours de mes leçons, je voie qu'ils sont fortement basés sur les brochures de l'IREM et l'APMEP. (T23)* ». Nous avons aussi observé dans sa CRSR la présence du numérique dans son système de ressources, Anna reconnait l'importance de ce type de ressource dans son travail documentaire, alors, nous formulons le trait « *aujourd'hui, j'utilise très peu de ressources papier et j'utilise de plus en plus du numérique.* (T25) ».

Anna a mis en évidence des traits relatifs à son cours, d'abord « *aujourd'hui mes cours sont "stables", alors le renouvellement se fait progressivement.* (T18) ». En effet, l'enseignante considère qu'elle a des cours stables ce qui lui donne une liberté pour les réajuster progressivement et pour essayer de nouvelles ressources, puisque si ça ne fonctionne pas elle est assurée de pouvoir adapter son cours avec les ressources qu'elle en a capitalisées (Annexe 3.3, lg. 18). Par ailleurs elle nous a dit :

> Ça permet du coup, […] d'aller voir, d'aller écouter une conférence quand il y a une conférence qui est, qui est signalée par quelqu'un, d'essayer de voir ce que ça peut changer, donc c'est beaucoup plus profond. (E4_Anna_SR, lg. 533)

Nous pouvons aussi relever dans cet extrait la liberté que le fait d'avoir des cours « prêts » donne à Anna, puisqu'elle peut utiliser son temps pour découvrir de nouvelles ressources.

Anna a aussi mis en évidence une vision méta de la dimension collective de son travail documentaire. L'enseignante reconnait l'importance du travail collectif dans son travail documentaire. En effet, quand Anna prépare une situation didactique ou veut changer de situations, elle consulte ses partenaires documentaires ou les ressources partagées dans la Dropbox. Nous formulons ce trait d'expérience comme « *aujourd'hui, si j'ai besoin d'avoir des idées ou si je ne suis pas satisfaite avec mes cours ou situations, je demande l'avis de mes collègues.* (T19) ». D'ailleurs, une grande partie des ressources d'Anna provient des collectifs qui produisent et/ou diffusent des ressources pour l'enseignement des mathématiques. Un trait qui montre sa reconnaissance pour utiliser les ressources de ces types de collectifs est « *aujourd'hui, je me*

sens en dette envers le collectif responsable par le cahier pédagogique que j'ai envie de rétribuer en adhérant. (T24) »

Un dernier ensemble des traits que nous avons repérés sont liés aux interactions avec les élèves. D'abord, « *aujourd'hui, je travaille beaucoup à l'oral avec les élèves.* (T16) » ; comme nous l'avions mentionné auparavant, c'est un résultat du travail à Sésames. Un autre point important dans cette interaction est « *aujourd'hui, je laisse plus de temps pour que les élèves essaient de faire les situations.* (T21) ». Ce fait est lié aussi au travail avec les situations problèmes qui amènent les élèves à faire de la recherche. De plus, un dernier trait de son travail au moment de notre suivi est « aujourd'hui, je ne donne plus à mes élèves d'exercices à faire à la maison qui seront corrigés en classe, j'ai beaucoup plus d'interaction avec les élèves. (T26) ».

5.5.4 Résultats partiels

Dans cette section, nous mettons en évidence certains résultats de nos analyses des connaissances professionnelles d'Anna.

Anna, en début de carrière (vers 1991), était une enseignante qui travaillait moins collectivement puisqu'elle avait beaucoup de ressources à créer. Pour créer ses ressources dans l'urgence, elle a développé des stratégies pour économiser du temps, l'une d'entre elles était de s'appuyer largement sur les manuels scolaires. Elle avait moins d'interaction avec les élèves en classe et elle travaillait moins oralement avec les élèves.

Anna est rentrée à Sésames (vers 2006) pour réfléchir sur comment améliorer son enseignement de l'algèbre, et c'est grâce à ces discussions que son enseignement devient plus interactif. Avant, elle s'intéressait très peu à cet enseignement, mais sa participation dans ce collectif a accru son intérêt. C'est aussi dans cette période qu'elle met en évidence l'importance du regard d'autrui sur son travail documentaire pour avancer, ainsi le travail collectif devient le moteur pour développer sa pratique.

Anna considère aujourd'hui que ses cours sont stables et ceci lui donne une liberté pour qu'elle puisse chercher de nouvelles idées progressivement. Dans l'analyse de son travail documentaire, elle met en évidence l'importance du numérique dans sa pratique, puisqu'il est le moyen d'avoir de nouvelles idées pour ses leçons. Le travail avec les élèves a également changé, puisqu'elle stimule la recherche des élèves et le travail à l'oral. Le travail collectif est souligné aussi comme un point d'appui pour renouveler ses ressources, puisqu'elle s'appuie sur les ressources de ses collègues ou sur des discussions avec eux quand elle rencontre des difficultés. Elle présente aussi une ouverture à de nouvelles idées et une envie toujours renouvelée de s'adapter à des ressources innovantes.

5.6 Conclusion

Nous concluons ce chapitre en tissant trois fils conducteurs qui nous permettent de voir les transformations dans le travail documentaire d'Anna au long du temps.

Nous avons d'abord le fil conducteur « transformations liées au travail collectif », pour lequel, en début de carrière, le travail collectif était centré dans l'établissement, à l'exception de l'usage de la plateforme Sésamath. Dans les trois principaux établissements où elle a travaillé (Collège GL, LB et CA), elle a partagé de plus en plus avec l'équipe des enseignants. L'ouverture de son travail collectif hors établissement a eu lieu lors de sa rentrée à Sésames, qui a restructuré son système de ressources. En effet, nous avons observé que c'est dans les deux dernières périodes (§ 5.3.2 ; § 5.3.3) que les transformations de son système de ressources personnel sont les plus marquantes. Par ailleurs, c'est à Sésames qu'elle a participé à la création de la méta ressource MET (§ 5.3.2) qu'elle a utilisée ensuite dans d'autres collectifs (§ 5.4.3) ce qui rend cette ressource une *ressource frontière* (§ 2.3.1). Sa participation à Sésames a résulté en un ensemble d'autres travaux collectifs, comme son rapprochement avec la recherche. Nous avons aussi identifié quelques traits d'expérience qui sont liés à son travail collectif en général et à son travail collectif à Sésames en particulier.

Nous avons ensuite le fil conducteur « transformation liée à l'utilisation du numérique », nous avons démontré une augmentation quantitative des ressources numériques utilisées dans son système de ressources au long du temps. Cependant, l'impact du numérique sur le travail documentaire d'Anna ne peut qu'être quantifié, mais nous pouvons observer les différentes formes de travail documentaire qu'il favorise. En effet, nous avons observé que tout au long de sa carrière le numérique est utilisé comme un support pour se former à travers des plateformes (Casemath § 5.3.1 ; Slack § 5.3.2). Par ailleurs, le numérique lui a permis de suivre un ensemble de pages et réseaux liés à son enseignement. Dans ce contexte, Twitter est une ressource qui se démarque dans son système, puisqu'il la connecte à un ensemble des réseaux et des personnes impliquées dans l'éducation. De plus, le numérique a permis aussi d'établir de nouvelles formes de partage de ressources qui ont influencé directement la conception de ressources d'Anna. Enfin, le numérique a aussi permis une nouvelle façon de travailler avec les élèves en utilisant le Tableau Blanc Interactif, divers logiciels, l'utilisation des concours en ligne et l'utilisation des cartes mentales.

Nous continuons par le fil des « transformations liées aux changements et ressources curriculaires », nous avons observé dans le cas d'Anna que les changements curriculaires ont un impact très fort sur son travail documentaire. Nous avons observé que le socle commun a amené Anna à créer un ensemble de ressources pour évaluer les élèves par compétence et

à faire des stages de formation. De plus, la réforme de 2016 a aussi eu de fortes conséquences sur le travail documentaire d'Anna, nous avons pu observer qu'elle a travaillé dans plusieurs collectifs pour créer des ressources adaptées aux nouvelles propositions. Par ailleurs, elle a créé un ensemble de ressources pour l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation (voir plus loin dans le chapitre 6). Pour finir, par rapport aux ressources curriculaires, nous avons exposé une réduction progressive d'utilisation du manuel scolaire face à la forte production des ressources dans plusieurs collectifs.

Chapitre 6. Analyse du travail documentaire d'Anna pour un contenu donné : les relations entre travail collectif et individuel

Nous présentons dans ce chapitre notre analyse du travail documentaire d'Anna pour la mise en œuvre de l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation. Notre analyse prend en compte une préparation collective de la leçon d'Anna avec sa partenaire documentaire Cindy (§ 3.3.2). Cependant, notre intérêt est tourné vers le travail documentaire d'Anna, nous analysons donc ce travail collectif pour comprendre comment il contribue à la production des ressources d'Anna.

Nous présentons d'abord notre analyse de l'algorithmique et programmation dans l'expérience documentaire d'Anna (§ 6.1). Nous continuons par l'analyse de la préparation de cet enseignement fait dans un travail collectif avec sa partenaire documentaire Cindy (§ 6.2). Nous finissons par l'analyse de la mise en œuvre individuelle d'une situation didactique par Anna (§ 6.3).

6.1 L'algorithmique et la programmation dans l'expérience documentaire d'Anna

Notre analyse du travail documentaire d'Anna pour l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation est éclairée par notre analyse de la trajectoire et de l'expérience documentaire, et vice-versa (§ 5). De ce fait, nous présentons dans cette section tous les événements (réflexifs et inférés) de la trajectoire d'Anna où nous avons identifié un lien direct avec l'enseignement de ce thème (§ 6.1.1). Ensuite, nous analysons les ressources utilisées pour préparer cet enseignement et le système de ressources d'Anna (§ 6.1.2). Nous continuons en mettant en évidence l'apport du travail collectif pour la préparation de cet enseignement (§ 6.1.3). Pour finir, nous relevons certains traits d'expérience qui ont été identifiés dans la préparation des ressources pour l'enseignement de ce contenu (§ 6.1.4).

6.1.1 Les événements qui nourrissent l'enseignement de l'algorithmique et programmation

Dans l'analyse des événements de la trajectoire documentaire d'Anna nous avons inféré que l'événement (EI11) « Arrivée de la réforme du collège » avait eu un impact important sur

le travail documentaire d'Anna. Dans le cas de l'algorithmique, cet événement a influencé la création d'un ensemble de ressources pour l'enseignement de ce nouveau thème. En effet, Anna avait très peu d'expérience pour l'enseignement de ce nouveau contenu. Nous l'avons questionnée quant à ses expériences relatives à cet enseignement et elle nous a présenté trois points :

- Le premier a été son expérience au baccalauréat sur les algorithmes et l'informatique qui l'a rendue plus à l'aise devant ce changement : « *Moi j'ai fait un bac […] il fallait déjà réfléchir, faire des algorithmes et l'imaginer, voir comment ça allait fonctionner […] Donc je pense que ça, ça m'a aidée dans tout ce qui est… J'aime bien ça, quoi. J'aime bien. Quand l'informatique est arrivée, ça ne me gênait pas, je tripatouillais.* » (Annexe 4.2, lg. 9) ;
- Le deuxième point est la réalisation d'un atelier sur la robotique au collège, qu'elle a animé avec l'enseignant de technologie. Ils ont travaillé la programmation avec certains groupes d'élèves : « *il y a deux ans, trois ans, on a monté un atelier robotique. Donc on a acheté des robots, on utilisait les robots, on programmait avec le logiciel des robots mais je pense que ça nous a aidées parce qu'on avait déjà mis les mains dedans et on savait à peu près ce qu'il fallait faire.* » (Ibid., lg. 9) ;
- Le dernier point est lié à l'expérience documentaire de l'enseignant pour faire face aux moments d'incertitude de mise en œuvre : « *de toute façon on a toujours une grande longueur d'avance sur les élèves, donc quel que soit ce qu'ils décident de prendre comme chemin pour résoudre un problème, comme nous on voit à peu près ce qui pourrait fonctionner… On a toujours du temps d'avance pour régler ça.* » (Ibid., lg. 9).

L'enseignement de l'algorithmique et de la programmation est nouveau pour Anna et elle a eu ainsi besoin de nouvelles ressources et de nouvelles connaissances associées.
Un autre événement a contribué à la création de ressources pour ce thème : le travail à Sésames, puisqu'elle a décidé d'utiliser les Mises En Train et des situations qui amènent les élèves à faire de la recherche (§ 6.3). D'ailleurs, Sésames a aussi permis à Anna de participer au collectif PREMaTT (§ 3.3.1) qui discutait des activités pour l'enseignement de la pré-algèbre et aussi l'enseignement de ce thème (Trouche, à paraître). De plus, nous avons aussi les événements (ER11) « début du travail collectif à l'APMEP » et (ER18) « début du travail collectif à la commission collège APMEP », puisque la participation à l'APMEP a amené Anna à réfléchir aux nouveaux programmes scolaires (§ 5.4.3). Par la suite, nous avons le (ER9) « début du travail collectif à l'IREM » qui a permis sa participation dans la rencontre de la commission inter-IREM collège (CII). Cette commission lui a permis de découvrir un ensemble de ressources pour l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation.

(Figure 6.1) : « *là, la CII collègue ça c'est la commission inter-IREM donc, ça c'est trois fois par an. Donc, c'est pareil hein, c'est un échange. Tu vois la présentation des nouveaux programmes. Une fois on a travaillé sur Scratch* (Annexe 1- Glossaire) *on a travaillé les activités Scratch, etc.* » (E3_Anna_VG, lg. c5). Un autre événement a contribué aussi à la préparation de cet enseignement (ER15) « Intégration de Twitter », puisqu'Anna a pu échanger des ressources avec d'autres enseignants. (Figure 6.1). Le dernier événement de la trajectoire que nous avons établie a une liaison directe avec l'enseignement de l'algorithmique est le (ER8) « début du partenariat avec Cindy », puisqu'Anna et Cindy ont préparé une partie de leurs ressources ensemble (nous analysons ce point dans la section 6.2).

6.1.2 Le système de ressources pour l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation

Nous nous centrons maintenant sur les ressources utilisées pour l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation. Nous avons demandé à Anna de cartographier les ressources qu'elle pensait avoir utilisées pour réfléchir à l'enseignement de ce nouveau thème (Figure 6.1). Dans la Figure 6.1, nous présentons sa cartographie réflexive (Rocha, à paraitre a).

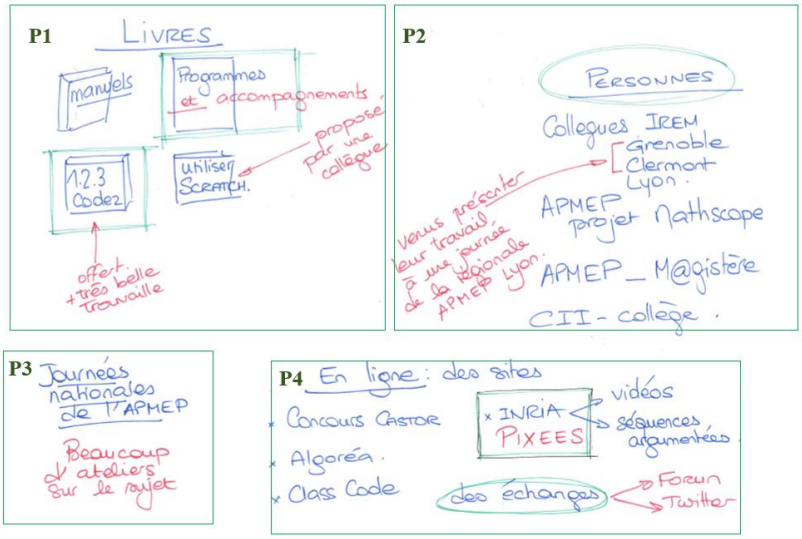

Figure 6.1 - Cartographie réflexive du système de ressources d'Anna pour l'enseignement de l'algorithme et de la programmation. (le texte en noir et les rectangles vert ont été inséré par nous)

Nous observons dans la Figure 6.1 le *regroupement de termes* (§ 3.4.1) présenté par l'enseignante, distinguant quatre pôles : (P1) livres ; (P2) personnes ; (P3) journées nationales de l'APMEP ; (P4) ressources en ligne. Ces quatre pôles nous permettent de voir des éléments de structure de son système de ressources pour ce thème.

Par rapport au premier pôle, nous avons certains livres qui ont nourri sa réflexion sur l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation : d'abord, les manuels scolaires, qui sont utilisés pour avoir une idée de l'enseignement de ce thème (nous en discutons plus en détail dans la section suivante). Cependant, elle n'utilise pas les situations didactiques présentes dans les manuels, elles les utilisent pour donner des exercices aux élèves : « *les livres, on avait changé de manuel, donc j'ai remis à jour toutes les bases d'exercices et tout ça.* » (Annexe 4.2, lg. 459). Ensuite, nous avons le livre 1.2.3…CODEZ ! : (fait par l'INRIA, Annexe 1- Glossaire) dont elle nous a dit

> Moi je trouve que cela a aidé parce que cela a donné… Nous n'avions que les programmes « voilà ce qu'il faut faire » et les programmes sont peu détaillés. Donc après il y a eu les documents d'accompagnement, je ne sais plus comment ça s'appelle maintenant. […] Cela détaillait vraiment parce qu'ils prenaient une idée de projet et ils allaient à fond. Donc cela m'a donné une idée. » (Ibid., lg. 93-95).

Anna a ainsi utilisé ce livre pour avoir des idées de comment faire un projet, puisque les programmes scolaires sont peu détaillés. De plus, elle a utilisé les ressources d'accompagnement fournies par le ministère de l'Éducation qui donnent plus de détails sur l'enseignement de ce thème. Ces deux ressources ont été soulignées par Anna dans la CRSR (Figure 6.1) quand elle a été questionnée par nous sur les ressources les plus importantes pour la préparation de ce thème. Enfin, nous remarquons ici que, comme nous l'avons observé dans l'analyse de la trajectoire documentaire, les manuels sont très peu utilisés par Anna, les livres qui sont liés à des collectifs de recherche ont une place plus importante dans son système de ressources (livre : 1.2.3…CODEZ !).

Les pôles (P2) « personnes » et (P3) « journées nationales APMEP » sont cohérents avec nos résultats sur la trajectoire documentaire qui mettent en évidence l'importance de sa participation à plusieurs collectifs pour concevoir son enseignement : nous pouvons remarquer la présence des collectifs APMEP et IREM qui ont favorisé la réflexion sur ce thème comme la commission CII ou les journées nationales de l'APMEP, tout comme les animateurs de l'IREM qui travaillent à Grenoble et qui ont présenté leur travail à la journée de l'APMEP « *il y a des gens qui sont venus nous présenter à la régionale […] Ils sont venus nous présenter ce qu'ils faisaient sur Grenoble. […] où ils ont fait du débranché, où ils nous ont montré le jeu de base-ball et tout ça.* « (Ibid., lg. 166). Enfin, le pôle « personnes » a été souligné dans la CRSR (Figure 6.1) par l'enseignante comme des ressources plus importantes pour l'enseignement de ce thème.

Enfin, le dernier pôle (P4) « en ligne : des sites » nous permet aussi de voir l'influence des ressources numériques sur l'enseignement de l'algorithmique et la programmation. Nous

explorons dans la CRSR (Figure 6.1) trois ressources en particulier. La première est le concours Castor (Annexe 1- Glossaire), utilisé depuis longtemps par Anna et qui a contribué à sa réflexion sur l'algorithmique : « *J'ai mis le concours Castor parce que, quand même, d'avoir fait ce concours plusieurs années ça donnait bien une idée de l'algorithme.* » (Ibid., lg. 114). La deuxième ressource est le site INRIA (Annexe 1- Glossaire) dont elle nous a dit « *j'ai plus tapé la recherche dans l'idée d'avoir une solution. Toujours pour avoir cette longueur d'avance sur les élèves.*" (Ibid., lg. 126). Elle a utilisé aussi les vidéos et les séquences argumentées présentes sur le site INRIA pour avoir des idées de situations didactiques. Par ailleurs, la situation didactique que nous avons observée dans sa classe (§ 8.3) vient des ressources de ce site, qui est aussi signalé comme une ressource importante par Anna dans la CRSR (Figure 6.1). La dernière ressource à mettre en évidence est nommée par Anna comme « des échanges » en ligne issues des forums et de Twitter, qui sont aussi parmi les ressources soulignées comme les plus importantes par Anna. Nous observons ici que les réseaux mentionnés lors de l'analyse de sa trajectoire documentaire sont aussi une source pour avoir des idées pour l'enseignement de ce thème.

6.1.3 Les influences du travail collectif des enseignants sur l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation

Nous nous intéressons maintenant aux contributions du travail collectif pour la conception des ressources pour l'enseignement de l'algorithmique et programmation. Nous mettons en évidence dans cette section des événements et des ressources liés à ce travail collectif. Nous avons pu observer qu'Anna s'est appuyée sur plusieurs collectifs pour avoir de nouvelles idées pour son enseignement :

> Moi, les collectifs, ça m'*a beaucoup aidée parce que je pense que je serais restée sur des petites choses*, sur des constructions géométriques ou des problèmes de calcul, vraiment de petites choses. Et dans le collectif, de voir que d'autres disaient « mais non, tu vas arriver quand même à cette notion-là si tu passes par… n'hésite pas à modifier un peu parce que les gamins, il faut qu'ils y trouvent un intérêt, qu'ils accrochent tout de suite et puis ensuite tu mets des difficultés, tu peux différencier… » et ça, c'est vraiment dans le collectif. *J'y aurais peut-être pensé, mais après. Il aurait fallu d'abord que je teste une ou deux années. Et là je trouve qu'on a été très vite.* Et je pense que c'est vraiment le collectif. (Ibid., lg. 214)

Dans cet extrait nous soulignons l'impact de différents collectifs sur le travail documentaire d'Anna, impact qui est présenté à la fois comme un *appui* pour aller plus loin et aussi comme un *ressort* pour aller *plus vite* dans la mise en œuvre des nouvelles pratiques.

6.1.4 Les connaissances professionnelles qui impactent la préparation de l'enseignement de l'algorithmique et la programmation

Nous revenons maintenant à certains traits d'expérience documentaire (§ 5.5) qui ont guidé aussi la conception des ressources pour cet enseignement :

Anna a pris des idées de ressources dans plusieurs sites et les a adaptées pour son enseignement ;	(T20) « *aujourd'hui, je vois qu'il est important pour moi d'adapter les ressources que je trouve.* »
Elle a utilisé de nouvelles ressources comme le livre 1.2.3…CODEZ ! qui a été fait dans la perspective des changements de programme ;	(T13) « *aujourd'hui, je vois que j'ai toujours essayé de suivre les sorties des nouvelles ressources liées à l'enseignement des mathématiques.* »
Elle a utilisé des ressources qu'elle avait sauvegardées dans sa veille numérique l'année précédente dans un padlet (Annexe 1- Glossaire) ;	(T22) « *aujourd'hui, je fais une veille numérique de plusieurs sites pour avoir plus d'idées de ressources pour mes leçons.* »
Elle a présenté dans sa CRSR pour ce thème un ensemble de ressources qui vient de cette « écoute » d'autres collègues ;	(T15) « *aujourd'hui, je vois que mes ressources viennent aussi de "l'écoute" en interagissant avec les autres enseignants.*
Elle a très peu utilisé les manuels pour préparer son cours ;	(T17) « *aujourd'hui les manuels scolaires ont une place moins importante dans mon travail.* »
Les ressources présentées par l'enseignante étaient soit des ressources socioculturelles (§ 2.2.3) soit des ressources numériques ;	(T25) « *aujourd'hui, j'utilise très peu de ressources papier et j'utilise de plus en plus du numérique.* »
Elle a créé la plupart de ses ressources en travaillant avec Cindy.	(T19) « *aujourd'hui, si j'ai besoin d'avoir des idées ou si je ne suis pas satisfaite avec mes cours ou situations, je demande l'avis de mes collègues* »

Ces traits d'expérience nous permettent de comprendre les relations entre l'expérience documentaire accumulée et appropriée par l'enseignante en relation avec sa pratique en classe.

Nous avons présenté dans cette section des éléments de l'expérience documentaire qui nous permettent de mieux comprendre ce qui a nourri le travail documentaire d'Anna pour l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation. Dans la section suivante, nous analysons la préparation collective de la progression entre Anna et Cindy.

6.2 La production collective des ressources pour l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation : le partenariat entre Anna et Cindy

Nous abordons ici notre analyse du travail collectif entre Anna et Cindy pour préparer les ressources pour l'enseignement du thème de l'algorithmique et de la programmation. Nous présentons d'abord notre analyse de la préparation de la première progression pour l'enseignement de ce thème (année scolaire 2016-2017) (§ 6.2.1). Puis nous abordons notre analyse du retour réflexif des enseignantes sur la mise en œuvre de 2016-2017 (§ 6.2.2). Pour finir, nous analysons le renouvellement de la progression pour l'année scolaire de 2017-2018 (§ 6.2.3).

6.2.1 Préparation de la progression pour l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation (année scolaire 2016-2017)

Dans cette section nous traitons les données issues de l'observation de la première préparation de la progression sur l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation par Anna et Cindy (Rocha, Trouche & Gueudet, 2017). Nous présentons ici le travail de ce collectif de pensée en présentant nos inférences liées à leur style de pensée par rapport à l'enseignement de ce thème (Rocha, Wang & Trouche, 2017). La section est séparée en trois parties : d'abord, la méthode de création de la progression ; ensuite quelques jugements communs ; et pour finir les ressources créées lors de la préparation.

Méthode de création de la progression

Nous nous intéressons d'abord à comprendre comment les deux enseignantes ont créé cette progression. Pour cette analyse nous nous basons sur la transcription de l'audio de la préparation de la progression[43]. D'abord, nous présentons le contexte et la façon dont elles ont organisé la séance observée. Ensuite, nous présentons les actions principales engendrées par les enseignantes dans cette séance qui décrit une partie de leur méthode pour créer la leçon (§ 3.4.2). Pour finir, nous présentons quelques éléments généraux de cette préparation. Trouche *et al.* (2019) ont analysé la même séance de préparation de la progression que nous analysons ici. Les auteurs ont produit une analyse des ressources créées et utilisées par les enseignantes en faisant face à ce nouveau contenu. Nous relevons certains résultats présentés par les auteurs que nous reprenons tout au long de notre analyse. La préparation de la progression a été observée en juillet 2016, avant le début de l'année scolaire. Ainsi, c'était la première fois que les enseignantes se réunissaient spécialement pour discuter sur

[43] Cette situation a été décrite et analysée par Chongyang Wang dans la plateforme AnA.doc voir § 3.3.1.

l'enseignement de ce thème (Trouche *et al.,* 2019). Elles n'avaient pas encore choisi le manuel scolaire officiel du collège pour l'année suivante, par conséquent elles ont amené un ensemble de manuels scolaires qu'elles n'utilisent pas d'habitude. Par ailleurs, pour préparer cette progression les enseignantes ont récupéré un ensemble de ressources en ligne pendant l'année qui précédait la mise en œuvre des nouveaux programmes :

> *C'est un chapitre qu'on ne connait absolument pas. Donc on a décidé d'emmener en ressource tout ce qu'on a récolté ces derniers mois au fur et à mesure que ça sortait, c'est-à-dire les programmes, les accompagnements de programme*, sur Viaeduc (Annexe 1- Glossaire) il y avait des groupes notamment qui faisaient passer des informations donc on a récupéré tout ça, au fur en mesure de notre recherche on a créé des Padlets (Annexe 1- Glossaire) dans lesquels on a mis les documents, mais c'est vraiment *au fur et à mesure, on les a pas encore étudiés donc on ne sait pas du tout ce qui nous intéresserait dedans. On a mis sur la table devant nous tous les manuels, qui nous ont été envoyés ces derniers temps.* Donc pareillement on ne sait pas du tout comment ils ont décidé de rechercher cette notion, comment ils veulent la présenter, on ne sait pas si ça va nous plaire ou pas. (Annexe 4.1)

Nous observons dans le discours d'Anna comment elles ont organisé ce premier moment d'immersion dans le thème algorithmique et programmation. D'abord, elles présentent l'ensemble des ressources (formé par des liens vers des sites, des vidéos, des livres, des programmes, entre autres) qu'elle avait récupérées au fur et à la mesure de l'année pour préparer ses ressources. Trouche *et al.* (2019, p. 60) ont souligné que les interfaces sont un support pour les interactions entre le système de ressources des enseignantes « [c]ollaborative platforms like Padlet (https://padlet.com/) and Viaeduc (https://www.viaeduc.fr) were used by Anna and Cindy ; here they collected shared online resources. This meant that they had an extra resource sharing space outside MS [middle school], where resources were collected which appeared to be used in their roles as teacher educators/professional developers and researchers, for example. ». Ensuite, elles présentent l'ensemble des manuels qu'elles avaient reçus des éditeurs pour choisir les nouveaux manuels d'établissement et qu'elles vont découvrir pendant la préparation de cette progression.

Anna et Cindy définissent d'abord l'objectif pour cette séance : « déchiffrer » les programmes et décider les lignes générales à travailler avec les élèves. Elles ont travaillé pendant une heure sur la progression du cycle 4. Nous avons analysé le décours temporel de la préparation de la progression en déterminant les actions, les points de discussion et les décisions prises par les enseignantes (Annexe 4.1). En nous basant sur cette analyse, nous inférons que cette préparation est marquée par quatre actions principales (qui peuvent être simultanées) :

1. *Lire des propositions du programme,* pour décider quelle approche adopter pour enseigner ce thème ;

2. *Lire une sélection de manuels scolaires*, pour voir comment avaient été interprété les propositions du curriculum et aussi pour voir comment choisir leur manuel scolaire officiel dans l'établissement ;
3. *Revenir sur certaines situations didactiques rencontrées en échangeant avec les collègues dans l'année qui précédait la réforme*, dans les formations, collectifs auxquels elles participent, collège, etc. Elles ont eu accès à des ressources qu'elles avaient trouvé intéressantes ;
4. *Revoir quelles anciennes situations didactiques pourrait être reprises pour traiter ce nouveau contenu* : Anna avait déjà travaillé avec la programmation dans un club et toutes les deux avaient déjà travaillé avec le logiciel GéoTortue. De plus, elles avaient envie de créer des situations didactiques MET.

Ces actions nous aident à comprendre comment elles préparent cette progression. Cette analyse est très proche de celle présentée par Trouche *et al.* (2019) qui ont divisé la séance en épisodes temporels. Cependant, les actions des enseignants que nous relevons peuvent être simultanées et recourant dans la séance, sans être forcément dans l'ordre temporel.

Il faut souligner aussi que, à plusieurs moments, les enseignantes regardent l'un ou l'autre exercice en « *surfant* » d'un manuel à l'autre. Elles sont à la fois dans un mouvement de reconnaissance d'un nouveau terrain et de création d'idées pour cet enseignement. Elles sont vraiment en train de découvrir de nouvelles ressources et concepts :

> Après, moi, dans les difficultés, c'est vrai qu'il y a l'idée […], on ne l'a jamais enseigné, après, c'est pas seulement qu'on l'a jamais enseigné. C'est même qu'on ne l'a jamais vécu non plus… (Annexe 4.1)

Elles discutent des situations didactiques, des objectifs d'enseignement, des logiciels, des concepts… Elles échangent leurs doutes et envies sur la mise en œuvre de ces thèmes. Elles décident ensemble toutes les grandes lignes de l'enseignement de ce thème. Ces discussions les amènent à prendre des décisions qu'elles notent dans un fichier *Word*.

De façon générale, la méthode de travail d'Anna et Cindy pour créer cette progression est basée sur la discussion commune de chaque situation didactique en présence. Chaque enseignante expose son avis et les ressources qu'elle trouve importantes. Le point de départ est défini par les programmes, et les manuels scolaires ont été une source pour voir différentes possibilités de travail. Les ressources qui viennent de la veille numérique faite par Anna ont été les plus utilisées.

Le travail fait par Anna et Cindy nécessite qu'elles se mettent d'accord par rapport à un ensemble de points que nous traitons dans la section suivante.

La préparation de la progression par les enseignantes demande de prendre un ensemble de décisions sur l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation. Nous avons repéré dans la préparation 26 extraits de dialogues qui contiennent des résultats de décisions qui nous permettent d'inférer les jugements communs (Annexe 4.1). Nous présentons ces jugements en trois catégories liées aux *niveaux surdidactiques* proposés par Margolinas (§ 2.1.3) : (1) l'enseignement des mathématiques en général (Niveau +3 : *noosphérien*) ; (2) l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation (Niveau +2 : *construction*) ; (3) choix des situations didactiques pour la leçon (Niveau +1 : *projet de leçon).*

1. L'enseignement des mathématiques en général (Niveau +3)

Les enseignantes considèrent que, dans plusieurs manuels, il y a des situations qui visent seulement le travail avec le ludique sans traiter des notions liées à l'enseignement des mathématiques :

> Cindy : Oui c'est pour te dire mais regarde, il décrit le déroulement suggéré, bon, il y a déjà 5 séances, donc tu crées des personnages, tu coordonnes les interactions des lutins, tu leur fais faire des conversations, tu crées des scènes, différentes scènes avec un diaporama qui [incompréhensible]… Après tu as toujours une séance de débogage dans leur truc et ensuite tu enrichis les histoires des autres. Mais, tu vois ça, c'est vraiment, je ne sais pas comment te dire… Ça peut être un travail en effet intéressant de dire « je mets en image ce qui a été fait dans une autre… », tu vois je ne sais pas, on peut imaginer que, en Français, *ils aient des rédactions, des trucs comme cela, et qu'ils illustrent leurs images avec un petit truc* Scratch*, mais c'est de l'utilisation de* Scratch*, je ne vois pas où est la réflexion algorithmique là-dedans…*
>
> Anna : oui, je suis d'accord avec toi, je ne peux pas faire ça… (Ibid., P15)

Cindy analyse une situation didactique très attachée au caractère ludique et qui ne travaille pas vraiment le contenu de ce thème. Dans un autre moment, Anna souligne que leur objectif est de faire faire des mathématiques. Nous en inférons le jugement commun « **(1) faire attention à ne pas dépenser beaucoup de temps avec des situations didactiques ludiques sans travailler le contenu mathématique** » (Annexe 4.1, P4, P15, P19). Ce jugement, relatif aux thèmes algorithmique et programmation, est alors lié à l'enseignement des mathématiques en général.

Le deuxième jugement est lié à la préparation du Brevet, elles veulent « **(2) préparer les élèves pour le Brevet en donnant des problèmes sur papier** (Ibid., P17, P11) ». Elles décident aussi de faire des petits problèmes en début d'heure en donnant des programmes pour que les élèves puissent imager ce qui arrive. Ce jugement est lié aux contraintes institutionnelles de l'activité d'enseignement (Chevallard, § 2.1.4).

Le dernier jugement que nous avons pu identifier est celui de « (3) traiter ce thème dans d'autres thèmes du programme (Ibid., P13) ». Les enseignantes n'ont pas eu le temps, pendant la préparation, de regarder tous les thèmes du programme pour voir comment elles pouvaient articuler l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation avec les autres thèmes. Ainsi, Anna et Cindy se donnent comme objectif d'envisager cette possible articulation dans le futur.

2. L'enseignement de l'algorithmique et de la programmation (Niveau +2)

Le premier jugement commun est de « (1) travailler la pensée algorithmique et ne pas s'attacher à apprendre un logiciel (Ibid., P1, P20) ; ». Ce jugement est une critique des formations et des livres qui s'attachaient aux langages et utilisations des différents logiciels (Trouche *et al*, 2019). Elles veulent travailler des problèmes sans passer trop de temps à approfondir un seul logiciel et/ou langage informatique.

> Anna : Mais la difficulté quand même, on va en reparler, mais, moi, je n'ai pas envie de faire des cours de Scratch, donc l'algorithmique, pour moi, c'est plus une pensée, c'est pas de voir utiliser un logiciel ; à vrai dire, un logiciel, les élèves on pourrait leur donner n'importe lequel […].
>
> Cindy : hum hum
>
> Anna : C'est plus, comment est-ce qu'on va pouvoir leur expliquer ce que c'est qu'un algorithme. (Ibid., P1)

Nous observons dans l'extrait qu'elles trouvaient qu'une fois que l'élève a compris ce qu'est un algorithme, le langage n'est plus un problème. D'ailleurs, elles remarquent, dans la plupart des manuels et dans les formations faites par les inspecteurs, qu'ils ne travaillaient qu'avec le logiciel Scratch et elles voulaient éviter cela. Trouche *et al.* (2019) ont relevé aussi l'influence de cette contrainte institutionnelle sur le travail documentaire des deux enseignantes.

Par ailleurs, Anna et Cindy observent que certains manuels scolaires proposent des sections de cours pour l'algorithmique et la programmation. Devant cela, les enseignantes ont décidé de « (2) travailler la construction de cette pensée sans faire un cours (Ibid., P7) ». Elles choisissent de traiter ce thème par des séances tout au long de l'année. Elles veulent que les élèves créent des programmes et/ou des algorithmes pour résoudre des problèmes ou réaliser des projets. Ainsi, nous inférons le jugement commun : « (3) travailler les repères de progressivité liés aux niveaux de difficultés des problèmes donnés aux élèves et aux types des programmes (Ibid., P23) ».

Dans la lecture des programmes scolaires, elles décident d'utiliser l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation pour « (4) stimuler la décomposition d'un problème en sous-problème et d'en reconnaître les schémas (Ibid., P4, P9, P10 et P22) »

> Anna : donc j'ai mis les deux objectifs les plus importants, qui seraient : *décomposer le problème en sous-problèmes, y compris en géométrie, donc on a les deux, et puis reconnaître des schémas,* donc penser à faire en Mise en train, des présentations des programmes et puis leur demander ce qu'ils font, et puis après, du coup, on a la validation tout de suite si on fait fonctionner Scratch…
>
> Cindy : Hum (Ibid., p22)

Ce jugement commun est lié aux demandes du programme scolaire et guide le choix des problèmes devant être traités par les enseignantes (Trouche *et al*, 2019 ; § 3.4.2). L'extrait qui concerne l'enseignement du thème met en évidence certaines notions à travailler (variable informatique, déclenchement d'une action par un événement, séquences d'instructions, boucles et instructions conditionnelles). Elles sont attentives à l'introduction de la notion de variable informatique, puisqu'au cycle 4 la notion de variable algébrique n'est pas encore acquise par les élèves :

> Cindy : (Elle lit à son tour le programme) « revisiter les notions de variables et de fonctions sous une forme différente, et s'entraîner au raisonnement ».
>
> Anna : oui, le problème...c'est que ... ils ne peuvent pas le revisiter, vu qu'en 5ème ils ne l'ont pas encore visité...
>
> Cindy : oui, […] (Ibid., P2)

Ensuite, les enseignantes conviennent qu'il faut « (5) faire attention au vocabulaire utilisé, en particulier à la question des variables (Ibid., P2, P18, P19) ».

Par rapport à la programmation, les enseignantes apprécient l'intérêt d'utiliser un logiciel qui permet la notion de *bloc*, permettant aux élèves de créer des fonctions par exemple définir « un carré » dans le logiciel : « *non, mais là, que ce soit Scratch ou un autre, c'est une histoire de blocs… Je veux dire que ce soit Scratch ou que ce soit Mindstorm* (Annexe 1- Glossaire), *pour les gamins c'est des blocs.* » (Ibid., P14). Ainsi, les enseignantes sont d'accord « (6) de travailler la construction des blocs dans le langage informatique (Ibid., P14) » en utilisant un logiciel.

3. Choix des situations didactiques pour la leçon (Niveau +1)

Elles ont trouvé dans plusieurs manuels des situations didactiques basées sur Scratch, elles en discutent :

> Anna : On va voir, si on prend un peu de hauteur… ben moi ce qui me gêne… C'est que le contenu qu'on nous donne, c'est juste de l'utilisation de Scratch
>
> Cindy : ben ce contenu-là, c'est clair ! (Ibid., P20)

À ce moment-là, les enseignantes lisent les manuels et on observe qu'Anna trouve qu'il n'y a que des utilisations centrées sur le logiciel Scratch. Par conséquent, elles se sont mises d'accord pour « (1) éviter l'utilisation excessive de Scratch (P20) ». D'ailleurs, les enseignantes veulent utiliser des situations didactiques qui travaillent avec la pensée algorithmique et de programmation sans utiliser l'ordinateur, ces situations sont dites *débranchées* (Annexe 1- Glossaire) :

> Cindy : C'est quand même l'idée que, à la fois ils voient tout le langage, à la fois on travaille d'abord sur du débranché […] c'est-à-dire que, d'un côté, tu travailles en débranché pour avoir l'idée d'algorithme, de l'autre côté tu fais des trucs pseudo-ludiques sur Scratch.
>
> Anna : Oui… (Ibid., P25)

Alors, nous inférons le jugement d'« (2) articuler les situations didactiques en débranché et en utilisant le Scratch (P3, P6, P22, P25) ». Elles regardent les manuels en cherchant des situations dans l'approche du débranché pour travailler avec les élèves. Par ailleurs, une autre façon de travailler avec le débranché était avec la MET. Ainsi, elles se sont mises d'accord pour « (3) mobiliser des problèmes MET pour travailler des petits programmes donnés sur papier (Ibid., P12) ». Ce jugement est aussi lié à celui de préparer les élèves pour le brevet. Ainsi, les enseignantes veulent que les élèves reconnaissent dans un schéma issu du logiciel Scratch les résultats d'un petit programme sans utiliser le logiciel.

Le dernier jugement est lié au fait que les enseignantes veulent que les élèves travaillent avec plusieurs notions différentes et pas seulement avec les déplacements. En effet, Cindy précise « *bon après, c'est un peu casse-pied, cette idée d'être toujours dans le déplacement… Enfin, c'est quand même beaucoup ça…* » (Ibid., P6). Alors, elles cherchent différentes situations didactiques pour travailler d'autres types de problèmes. Donc, nous inférons le jugement commun « (4) travailler des situations didactiques qui vont au-delà du déplacement (Ibid., P6) ».

Ressources collectives créées pour l'enseignement de l'algorithme et de la programmation

Cette première préparation a donné l'origine à une ressource commune qui est un fichier *Word* dénommé « algorithmique.doc » qui est un embryon de progression et que nous présentons dans cette section (Annexe 4.1).

La ressource algorithmique.doc a été créée tout au long de la préparation de la leçon par Anna et il était partagé dans un dossier Dropbox. Cette ressource est organisée en quatre parties :

- La première partie contient les principaux points du programme scolaire relatif à l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation. Pendant la lecture du programme, Anna a créé un fichier *Word* dans lequel elle a copié-collé l'intégralité des connaissances, compétences et exemples constituant le programme. Dans cette partie, elle met en avant les deux compétences qui - pour Cindy et elle - sont au cœur de leur progression « décomposer un problème en sous-problèmes : y compris en géométrie » et « reconnaître des schémas ». Cet extrait a été lu plusieurs fois par les enseignantes pour mieux comprendre les propositions du programme scolaire ;
- La deuxième partie est libellée ainsi « En MET : des programmes, que font-ils ? » qui est un espace dans lequel elles visent à intégrer les situations didactiques de la MET, des situations qu'elles ont commencé à discuter lors de cette première préparation, mais qu'elles n'ont pas encore choisies ;
- La troisième partie contient les possibles difficultés de l'enseignement de ce thème. Elles en énoncent trois : la première est liée au vocabulaire comme *variables* et *fonctions* ; la deuxième est de travailler la progressivité liée à la complexité des programmes ; et en dernier, la difficulté de ce que tout le langage est traité dès la 5ème avec les élèves ;
- La quatrième partie est liée aux situations didactiques retenues, par exemple le *tri de crêpes* (§ 6.3.1), *compter en binaire*, travailler avec une *chorégraphie*, créer des images en pixels et utiliser des *robots* pour tracer des figures géométriques (plus d'informations regarder le Annexe 1- Glossaire). Elles n'ont pas traité ces situations didactiques en détail, elles les ont juste énoncées comme des possibilités pour l'enseignement de ce thème.

Cette ressource est en fait le début de la conception de la progression, puisqu'elles ont décidé dans cette préparation seulement les lignes générales de l'enseignement de ce thème. C'est pour cette raison que nous avons qualifié cette ressource d'un « embryon de progression ».

6.2.2 Le recul réflexif sur la mise en œuvre de la progression (année scolaire 2016-2017)

Nous avons traité - lors de l'entretien pour faire le bilan de l'année (Annexe 4.2) - des questions autour de la première mise en œuvre et nous les présentons ici en deux parties : les difficultés et les révisions prévues par les enseignantes. D'abord, il faut souligner que pendant

l'année 2016-2017, Anna avait des classes de 6ème et des classes d'EPI partagé avec un collègue (qui n'était pas sa classe de mathématiques). Cindy, elle, avait des 5èmes et de 3ème.

Les difficultés liées à l'enseignement de l'algorithmique et la programmation

La plupart des difficultés signalées par les enseignantes sont d'ordre didactique. La plupart des situations didactiques de l'algorithmique et de la programmation ont été faites dans les séances d'EPI en co-animation avec un professeur de technologie. Ainsi, cette co-animation a engendré un ensemble de problèmes qui, selon les enseignantes, sont liés à la difficulté de la mise en œuvre de ce thème. Elles ont dit :

> Anna : J'ai travaillé à côté du collègue. On a fait… même quand on était sur les deux premières… *Voilà. Il y en avait un qui menait la séance et l'autre qui faisait le tour mais il n'y a jamais eu de vraie co-animation.* Alors que quand on était… Moi j'avais déjà travaillé avec Samuel, quand on était sur l'atelier robotique, et on était beaucoup plus dans la co-animation et l'avancée commune. Là on a été en co-animation plusieurs fois mais c'était juste un qui menait et l'autre… *Il n'y avait pas de dialogue entre les profs.*
>
> Cindy : Ben moi c'était de l'animation dans la même salle, quoi. Mais ce n'était pas de la co-animation. (Annexe 4.2, lg.345-346)

Une difficulté a été de « ne pas avoir le temps de planifier les situations didactiques ensemble ». Ainsi, les enseignantes, la plupart du temps, avaient des moitiés de classe et chacune faisait son travail de son côté. Parfois, même si elles partageaient leurs classes, une enseignante animait et l'autre s'occupait des élèves. Ainsi, il n'y avait pas réellement de travail collectif des enseignantes.

Cindy dit aussi « *Ils n'ont pas l'impression d'apprendre quelque chose. Ils apprennent des choses mais moi je trouve qu'il y a besoin justement… Enfin tu vois, c'est le fameux rapport à l'institutionnalisation mais voilà, il y a besoin de mettre en commun, il y a besoin de discuter sur ce qui s'est passé et ça, j'aurais bien aimé…* » (Ibid., lg. 348). En fait, Cindy estime que, pour l'enseignant de technologie, l'institutionnalisation n'était pas importante, ce point pour elle a influencé les apprentissages des élèves. Ainsi, nous observons un exemple de difficulté lié à « gérer de potentiels conflits des pratiques lors de la mise en œuvre avec l'enseignant de technologie ».

Un autre point difficile était le fait de « travailler dans une salle d'informatique qui réduit l'attention des élèves » ce qui compliquait la mise en œuvre des séances. Anna a dit « *moi je ne pensais pas à la collaboration avec le collègue là-dessus. Mais je ne connaissais pas la classe donc je ne pouvais pas me dire d'habitude ils sont comme ci et là ils sont comme ça, je n'en avais que les échos donc c'est vrai qu'ils étaient très, très bougeant.* » (Ibid., lg. 343). Par ailleurs, la configuration de la salle d'informatique a été vue comme un point de difficulté ainsi nous inférons la difficulté de « travailler dans une salle d'informatique qui réduit l'attention des élèves ».

Les enseignantes ont conclu que c'était difficile d'« avoir trop de choses à mettre à place en même temps avec la réforme » tout en ayant moins de temps de le préparer (Ibid., 361-363). Dans le cas particulier de l'organisation de l'année, elles ont dû, selon Cindy, « gérer un déséquilibre entre le travail en 5ème et en 3ème ». Au début du cycle, les élèves avaient tout le cycle pour construire les notions et à la fin ils avaient un temps très court pour connaître tout le nouveau vocabulaire (Ibid., lg. 460). Les enseignantes n'ont pas eu de difficultés pour trouver des ressources, mais elles avaient un sentiment de « manquer de temps pour réfléchir à la mise en œuvre en classe » (Ibid., lg. 363). Ces difficultés n'ont pas empêché d'avoir une certaine réussite dans la mise en œuvre, ce que nous traitons maintenant.

Réussites et révision des ressources pour l'enseignement de ce thème

Les enseignantes ont fait un retour réflexif aussi sur ce qu'elles doivent maintenir ou changer par rapport à la mise en œuvre de ce thème :

> Anna : Il n'y a pas grand monde qui en a fait et qui voulait faire. Sincèrement les Crêpes, c'est quand même… Il se passe quelque chose. Ils voient qu'ils répètent des choses régulièrement, donc ça, c'est important. Et puisque justement… Quand ils sont en train d'écrire un algorithme sur ce qui s'est passé dans leur expérience débranchée, justement on ne peut pas être dans l'essai-erreur : l'écrit est écrit, on ne peut pas le tester, pas le tester au fur et à mesure avec la machine pour voir si elle fait bien ce qu'on a demandé.
>
> Cindy : Le débranché et l'idée de travailler par projet.
>
> Anna : Et l'idée de projet où ça ne soit pas du tout découpé, comme on trouve dans les… (Ibid., lg.439-441)

Nous observons dans cet extrait que les enseignantes sont satisfaites du travail par projet et de l'utilisation des situations didactiques débranchées. Ainsi, elles pensaient « continuer le travail par projet » et aussi « utiliser plus des situations en débranché » comme celle des rangées de Crêpes (§ 6.2.1).

Pour la révision des ressources, les enseignantes envisagent plusieurs pistes. D'abord, le manque d'institutionnalisation a amené les deux enseignantes à réfléchir à travailler plus sur les problèmes MET et à penser à « faire une progression avec trois entrées : le projet, le débranché et l'institutionnalisation » (Ibid., 391-394). Ensuite, elles ont aussi décidé que pendant le cours en classe elles allaient projeter des programmes sur le TBI pour que les élèves puissent imaginer le résultat et après les tester dans le logiciel. Pour finir, elles ont signalé l'importance de « trouver l'équilibre entre l'expérimental et le théorique » dans la mise en œuvre de ce thème.

Ce moment de recul sur la mise en œuvre par les enseignantes, en regardant le passé et en envisageant le futur, montre que le moment du changement de programme est entouré par des tâtonnements pour les enseignantes qui sont dans une phase d'essai et d'adaptation de leurs séquences. Nous considérons cette première phase de la mise en œuvre du programme scolaire comme une sorte de phase « pilote » dans laquelle les enseignantes mettent en œuvre un ensemble de ressources en escomptant certains résultats sans pouvoir les garantir.

6.2.3 Renouvellement de la progression pour l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation (année scolaire 2017-2018)

Nous présentons ici notre analyse de la deuxième préparation de la leçon (PP2_Anna-Cindy) dans laquelle les enseignantes ont renouvelé les ressources pour l'année scolaire 2017-2018. Nous analysons le style de pensée du collectif de pensée d'Anna et Cindy lié à l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation. Nous traitons d'abord la méthode employée pour préparer la nouvelle progression ; ensuite, nous relevons les jugements communs que nous inférons à partir de leur travail commun ; pour finir, nous analysons les ressources créées dans cette séance de travail.

Méthode de création de la progression

Nous nous intéressons d'abord à comprendre la méthode employée par les enseignantes pour créer la progression. Dans un premier temps, nous présentons le contexte et la façon avec laquelle elles ont organisé la séance observée. Ensuite, nous inférons certaines actions principales des enseignantes dans cette séance qui permettent d'inférer leur méthode pour créer la leçon. Pour finir, nous présentons quelques éléments généraux de cette période.

Cette deuxième préparation a eu lieu dans une salle de l'Institut Français de l'Éducation (Annexe 1- Glossaire) où les enseignantes ont amené leurs ressources pour réfléchir aux possibles changements dans la progression de l'année précédente : les manuels scolaires officiels de leur établissement, des livres spécifiques sur le thème (1.2.3…CODEZ !) et un ordinateur personnel. Elles ont travaillé pendant 1h40 minutes sur la création de la nouvelle progression. Cindy a proposé un changement dans la façon de préparer la progression en disant : « *est-ce qu'on peut partir des choses institutionnalisées, c'est-à-dire partir à l'envers de l'année dernière où on partait plutôt de ce qu'on avait envie de faire ?* » (PP2_Anna-Cindy, P2, P1). Par « les choses institutionnalisées », elle veut designer les concepts et compétences devant être travaillés dans le cycle 4. Pendant la préparation, Cindy était responsable de la prise de notes sur les points importants et décisions prises et Anna s'occupait de la recherche des ressources sur l'ordinateur.

Notre analyse des actions et discussions pendant la mise en œuvre a mis en évidence six démarches liées à leur travail documentaire pour préparer cette progression :

- *Lire la progression de l'année précédente* : elles ont commencé par lire le fichier « algorithmique.doc ». Ce fichier a servi comme point de départ pour préparer la progression ;
- *Relire de façon approfondie des extraits du programme sur l'algorithmique et la programmation* : la lecture des programmes a été le moment où les enseignantes sont revenues sur chaque mots et compétences en essayant de comprendre quelles situations didactiques pouvaient correspondre à ces contraintes institutionnelles ;
- *Étudier les concepts et les compétences à être traités en utilisant les ressources d'accompagnement* : les enseignantes ont relu toutes les ressources d'accompagnement[44] pour le thème E. Elles ont étudié en même temps chaque compétence et concept devant être institutionnalisé dans le cycle ;
- *Lire le programme scolaire et des manuels scolaires de leur établissement en les comparant :* elles ont regardé les trois manuels scolaires officiels dans leur établissement pour le cycle 4 pour voir comment avaient été traité les points soulignés dans les programmes scolaires ;
- *Réfléchir sur les situations didactiques mises en place dans l'année scolaire 2016-2017* : les enseignantes ont discuté plusieurs fois des mises en œuvre des situations didactiques au cours de l'année scolaire 2016-2017 pour décider lesquelles elles allaient maintenir et lesquelles elles allaient insérer ;
- *Réfléchir sur l'usage du logiciel Scratch dans le cycle 4 :* ce logiciel a été débattu plusieurs fois lors de la préparation. En effet, elles ont ouvert ce logiciel pendant la séance de préparation pour mettre en relation le travail exposé dans le programme scolaire et dans la ressource d'accompagnement. Par ailleurs, elles ont fait le point sur les situations didactiques qu'elles avaient faites avec les élèves ;
- *Créer des cartographies avec la progressivité dans le cycle 4* : Anna et Cindy ont fait trois cartographies avec les titres : projet, institutionnalisation, et débranché. Elles ont noté toutes les décisions et tous les concepts importants qu'elles ont trouvés au long de la

[44] http://cache.media.eduscol.education.fr/file/Algorithmique_et_programmation/67/9/RA16_C4_MATH_algorithmique_et_programmation_N.D_551679.pdf

séance. Ces cartographies explicitent leurs idées pour la progression du cycle (elles seront présentées dans la sous-section suivante).

Chaque démarche englobe plusieurs moments de discussion des enseignantes et nous permet de comprendre « qu'est-ce qui a été fait », « comment » et « avec quelles ressources ». Cette séance de préparation est dans une dynamique différente de la première. Dans la première, les enseignantes « surfaient » d'une ressource à l'autre tandis qu'ici elles « plongeaient » dans les ressources – en particulier les ressources d'accompagnements – en essayant de comprendre chaque terme et concept lié à l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation. Par exemple, dans la première progression, elles avaient signalé qu'elles voulaient travailler la compétence « reconnaitre des schémas » et dans ce deuxième moment elles sont allées chercher ce que voulait dire « reconnaitre des schémas » ou bien quelles situations didactiques permettait de travailler cette compétence :

> Anna : Dans le document d'accompagnement, je ne sais plus comment il s'appelle, il y a des compétences développées. [Elle lit la ressource d'accompagnement du programme] *Cet enseignement a pour objectif de développer la décomposition, analyse d'un problème, le découper en sous-problèmes et sous-tâches, la reconnaissance de schémas c'est-à-dire reconnaitre des configurations, des invariants, des répétitions, mettre en évidence des interactions, généralisations et abstractions, repérer les enchainements logiques, les traduire en instructions conditionnelles, traduire des schémas récurrents en boucles, concevoir des méthodes liées à des objets qui traduisent le comportement attendu. Et la conception d'algorithmes.*
>
> Cindy : Donc reconnaissance des schémas, c'est là où tu reconnais des choses qui se répètent, des interactions, des invariants ? Je mets quand même dessous [elle écrit sur le papier]. C'est « configuration, invariants, répétitions, interactions… ça c'est intéressant parce que tu vois, moi je ne l'avais pas séquencé dans le Jeu de Nim (Annexe 1- Glossaire). (PP2_Anna-Cindy, lg. 65-75)

Alors, en même temps qu'elles lisaient les programmes ou regardaient les manuels, elles discutaient aussi les notions liées à l'algorithmique et à la programmation. Elles ont passé plus du temps sur les notions (comme boucles, répétition, variables, entre autres). Elles ont choisi des projets de programmation et des situations en débranché pour chaque année du cycle 4 :

> Cindy : Quand même tu vois, c'est là que tu te rends compte qu'une année d'expérience, enfin tu vois, il faut tester des trucs.
>
> Anna : Et on ne voit pas tout de la même façon.
>
> Cindy : C'est clair. (PP2_Anna-Cindy, lg. 425-427)

Cette reconnaissance de l'impact de l'expérience acquise dans leur travail documentaire a également permis un changement dans la méthode de travail pour préparer cette progression. Ainsi cette expérience a influencé les jugements des enseignantes sur l'enseignement de ce thème que nous traitons dans la section suivante

Jugements communs sur l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation.

Nous présentons dans cette section les jugements communs identifiés dans la séance de renouvellement de la progression. Nous avons identifié vingt-deux extraits de dialogue d'Anna et Cindy qui expriment treize jugements que nous séparons en trois catégories : (1) l'enseignement des mathématiques en général (Niveau +3 : *noosphérien*) ; (2) l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation (Niveau +2 : *construction*) ; (3) les choix des situations didactiques (Niveau +1 : *projet de leçon*). Nous présentons chaque catégorie dans la suite.

(1) *L'enseignement des mathématiques en général (Niveau +3 : noosphérien)*

Nous présentons ici trois jugements sur les aspects liés à l'enseignement des mathématiques en général.

Le premier est « lire les ressources curriculaires qui présentent les concepts à formaliser en classe » (P2), étant donné que les enseignantes voulaient savoir quels concepts institutionnaliser, elles ont regardé les ressources curriculaires. Elles ont commencé par le programme et après elles ont regardé une ressource d'accompagnement fournie par le ministère de l'Éducation. Ce jugement n'est pas lié seulement à l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation : il est relatif à tout l'enseignement des mathématiques.

Un autre jugement que nous inférons est qu'il faut « faire attention à l'ordre dans lequel les concepts sont traités » (P3, P7) :

> Cindy : Non, non, ce n'est pas parce qu'ils l'ont rencontré une fois qu'ils savent faire. *Ce que je trouve bizarre c'est que la notion de variable c'est quand même beaucoup plus compliqué que la notion de boucle*, et c'est bizarre que cela apparaisse d'abord. C'est peut-être qu'une histoire de phases, je ne sais pas… (PP2_Anna-Cindy, lg. 66)

Cindy met ainsi en évidence l'importance de l'ordre dans lequel les notions sont traitées, une caractéristique importante de l'enseignement des mathématiques. Cette discussion a amené les enseignantes à regarder les manuels scolaires pour voir dans quel ordre ils présentent les concepts. Elles ont observé que le manuel du collège présentait les concepts dans l'ordre du programme : d'abord les variables et après les boucles. Elles ont préféré l'ordre inverse, puisque le concept de *variable* est considéré comme plus complexe que celui de *boucles*.

Le dernier jugement que nous avons identifié à ce niveau est celui de « faire attention au vocabulaire » (F12). Elles ont discuté de l'importance de trouver un moment pour traiter chaque terme au fur et à la mesure du travail en classe. Les enseignantes sont très attentives au vocabulaire à introduire dans l'enseignement du thème. Nous avons comme hypothèse

que ce jugement est lié à la nécessité de distinguer les différents sens des concepts en mathématiques et dans l'informatique, surtout pour le concept de *variable*. Dans la préparation de cette progression, nous pouvons avoir un exemple plus précis lié au concept de variable :

> Cindy : *Reçoit. X reçoit la valeur.*
>
> Anna : Reçoit, c'est une bonne idée « reçoit ». Marque-le quelque part. *Parce que ça il faut qu'on s'oblige à le dire.*
>
> Cindy : Oui. Je mets variable là-dedans même si on ne l'a pas vu. Variable…
>
> Anna : Il faut qu'on prenne le 'reçoit' et qu'on mette la flèche, qu'on se mette sur le fait qu'on prend la flèche par exemple. *Parce que l'égal il ne faut surtout pas le mettre.* (PP2_Anna-Cindy, lg. 138-141)

L'extrait ci-dessus est issu d'un moment où elles lisent la ressource d'accompagnement qui donne des conseils et avertissements sur l'enseignement de ce concept. Elles ont remarqué, à partir de leur progression, l'importance de travailler l'expression « X reçoit la valeur » et éviter d'utiliser le symbole égal. Même si l'exemple ici est lié à l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation, la question de vocabulaire est aussi mentionnée en liaison avec l'algèbre ainsi que pour d'autres thèmes. Ainsi, nous avons classé ce jugement au niveau +3. Dans la section suivante, nous présentons les jugements liés spécifiquement à l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation.

(2) *l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation (Niveau +2 : construction)*

Dans cette section nous nous focalisons sur les quatre jugements inférés qui sont liés à l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation.

Le premier jugement est que « travailler avec les projets est au cœur de l'enseignement de ce thème » (P11). Les enseignantes ont trouvé l'enseignement par projet – qui a été proposé dans la réforme de 2016 – très intéressant pour travailler avec l'algorithmique et la programmation. Par conséquent, elles veulent continuer à mettre en place cette méthodologie avec les élèves. De plus, elles remarquent que, dans les ressources d'accompagnement, ce travail a été fortement encouragé, elles ont donc noté dans leurs progressions que l'enseignement par projet allait occuper 99% de leur temps d'enseignement de ce thème. Ce jugement commun sur la façon de travailler les concepts est en relation avec « ne pas faire un cours pour enseigner à programmer » (P4, P16, P18). Les enseignantes trouvent important de définir les concepts, mais sans faire un cours de programmation, cette formalisation sera basée sur les conjectures faites par les élèves pendant la résolution des problèmes :

> Anna : En 4e je *mettrais bien un problème, une figure, un programme qui donne un carré avec toutes les indications, pas à pas, et comment faire, comment, quel est l'outil, comment on peut simplifier ce problème.* Et puis pareil avec l'hexagone, pareil avec une autre figure, quelque chose qui se répète. *Et du coup Mise en train, si on fait ça plusieurs fois on met une boucle.*
>
> Cindy : D'accord.
>
> Anna : Et on définit à la fin la boucle. Boucle. Variable.
>
> Cindy : Qu'est-ce qu'il y a d'autre ?
>
> Anna : Tu vois, c'est pareil, variable quand on est dans nos programmes de calcul on peut très bien leur demander… (PP2_Anna-Cindy, lg. 283-287)

Nous relevons que ces définitions ont été proposées seulement en 4ème dans la progression adoptée par les enseignantes. De fait, les enseignantes ont choisi de définir toutes les notions dans cette année scolaire. Cela nous amène au troisième jugement commun qui est de « travailler dans une progression par rapport à la programmation dans l'ordre : l'utilisation des codages (6ème), création de programmes (5ème), formalisation des concepts (4ème) et consolidation des connaissances (3ème) » (P13, P14, P17, P18, P19, P20).

> Cindy : Qu'est-ce que cela nous dit, là-dessus ? Qu'est-ce que cela nous dit ? Moi j'ai l'impression quand même, en termes d'institutionnalisation, je ne suis pas sûre qu'en 5e…
>
> Anna : Non, moi je ne veux pas en faire en 5e.
>
> Cindy : D'accord. A partir de la 4e.
>
> Anna : Oui. En 5e on leur fait faire leur projet, présenter leur projet c'est-à-dire que dedans cela va apparaitre, quand il y en a qui en ont parlé et qui on dit qu'ils étaient obligés de mettre la boucle répéter indéfiniment pour que… Donc en 5e ils font leur projet, on fait du débranché. (PP2_Anna-Cindy, lg. 208-211)

Nous remarquons que la progression des enseignantes de cette année scolaire est mieux définie que l'année précédente. Elles ont choisi un objectif général pour chaque année et des situations didactiques qu'elles pensent atteindre pour celui-ci. Pour chaque année elles ont choisi un projet de programmation et une situation en mode débranché destinée à travailler les algorithmes. Par rapport aux travaux avec les algorithmes en mode débranché, elles ont décidé de « travailler l'abstraction dans l'écriture des instructions des algorithmes » (P10). En effet, les enseignantes relèvent que, quand les élèves écrivent un algorithme, ils mettent des informations inutiles pour le décrire, liées à des situations spécifiques.

Les jugements présentés dans cette section ont influencé le travail documentaire des enseignantes pour le traitement de ce thème. Dans la section suivante, nous traitons certains jugements plus locaux au niveau des choix des situations didactiques.

(3) *les choix de situations didactiques (Niveau +1 : projet de leçon)*

Nous présentons dans cette section six jugements liés aux choix des situations didactiques des enseignantes.

Les deux premiers jugements de cette catégorie sont relatifs aux choix des logiciels pour travailler avec les élèves, qui vont déterminer aussi les situations didactiques choisies par les enseignantes pour chaque leçon. D'abord, par rapport à l'usage du logiciel Scratch :« utiliser le Scratch de façon modéré » (P5, P21). D'une part, les enseignantes pensent qu'au long du cycle les élèves peuvent s'ennuyer en utilisant ce logiciel, puisqu'ils le connaissaient et perdront la motivation. D'autre part, les enseignantes ne veulent pas que les élèves soient attachés à ce logiciel, mais qu'ils apprennent d'autres types de langage :

> Cindy : Tu as la même réflexion que moi sur le Pavage (Annexe 1- Glossaire). Finalement ce qu'ils ont le plus travaillé, puisque moi je n'ai jamais réussi avant les séances communes à tout terminer, par contre ce à quoi on a vraiment réfléchi c'est comment on reproduit la figure pour que ce soit pratique et qu'on n'ait pas à la faire, qu'on puisse la découper facilement, etc. Et ça, à la limite, ce travail-là, on pourrait leur faire faire plusieurs figures, ils en font plusieurs et après sur DGPAD (Annexe 1 - Glossaire) ils font des plaques complètes qu'on puisse découper facilement.
>
> Anna: Tout à fait. (PP2_Anna-Cindy, lg. 419-420)

Alors, elles ont décidé « d'introduire d'autres logiciels pour travailler différents types de problèmes » (P21) tout au long des années du cycle. Pour cela elles ont décidé d'utiliser un logiciel de géométrie dynamique (qui s'appelle DGPAD, Annexe 1- Glossaire) pour travailler avec des Pavages. Ce logiciel est nouveau dans leurs pratiques, puisqu'elles ne l'avaient jamais utilisé.

Les deux autres jugements qui ont influencé directement les choix des situations didactiques sont de « travailler une situation en débranchée par année de cycle » et de « travailler un projet de programmation par année de cycle » (P13, P8). Ces jugements ont orienté les enseignantes vers l'évaluation des situations en débranché faites l'année d'avant et vers la réflexion sur d'autres possibilités. D'ailleurs, presque toutes les situations didactiques choisies ont déjà été travaillées dans la première année de la mise en œuvre. Elles ont aussi décidé de maintenir la plupart des projets. Cependant, elles ont décidé d'inclure deux nouvelles ressources aux situations en débranché et aux projets. La première concerne la décision de « proposer l'élaboration de cartes mentales pour résumer les concepts liés à la programmation » (P1). Elles ont décidé d'ajouter cette ressource pour que les élèves aient une trace des concepts mobilisés. Et la seconde est de « créer une fiche ressource pour

présenter leur projet » (P14). Elles ont décidé de créer une fiche pour que les élèves gardent une trace du travail fait et aussi qu'ils présentent leurs projets.

Dans la section suivante, nous présentons les trois cartographies créées par les enseignantes.

Ressources collectives créées liées à l'enseignement de l'algorithme et programmation

Dans cette section, nous exploitons les cartographies construites par les enseignantes (selon ce que Cindy a écrit) pendant la préparation de la progression (mentionnée dans la section précédente).

La première cartographie est la plus riche en quantité d'information (Figure 6.2). Elles y ont mis tous les concepts à formaliser avec les élèves et les compétences à développer (P1), des rappels sur les points de vigilance (P1 et P5), la progression proposée dans le document d'accompagnement (P2) et les décisions prises pour la progression de la 6ème à la 3ème.

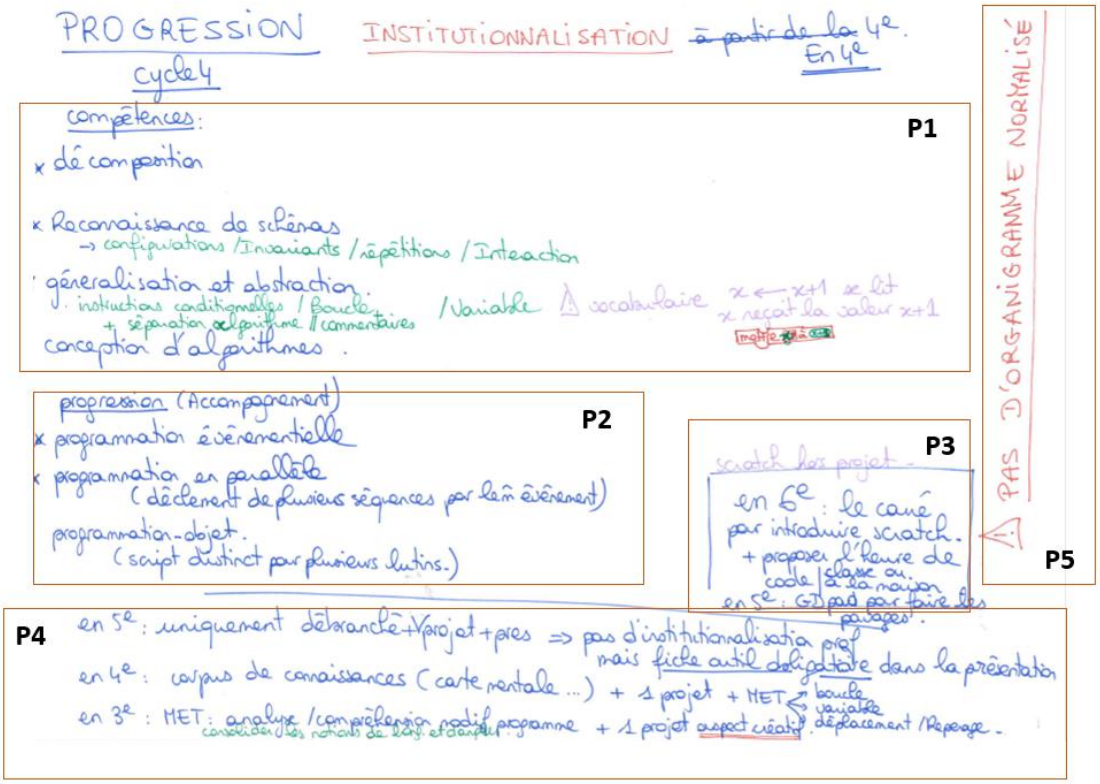

Figure 6.2 - Cartographie avec la progression des concepts à formaliser (le texte en noir et les rectangles vert ont été inséré par nous)

Cette cartographie contient un résumé des principales décisions prises par les enseignantes. Nous soulignons dans cette cartographie le point P4 qui contient une proposition de progression pour travailler la programmation. Cette progression a été créée en se basant dans lecture des programmes, d'une ressource d'accompagnement et des situations vécues dans l'année précédente (section précédente. Nous observons que le titre

de cette cartographie « institutionnalisation » est consacré à la classe de 4ème (comme nous l'avons vu dans la section précédente).

La deuxième cartographie concerne les « projets » devant être réalisés (Figure 6.3).

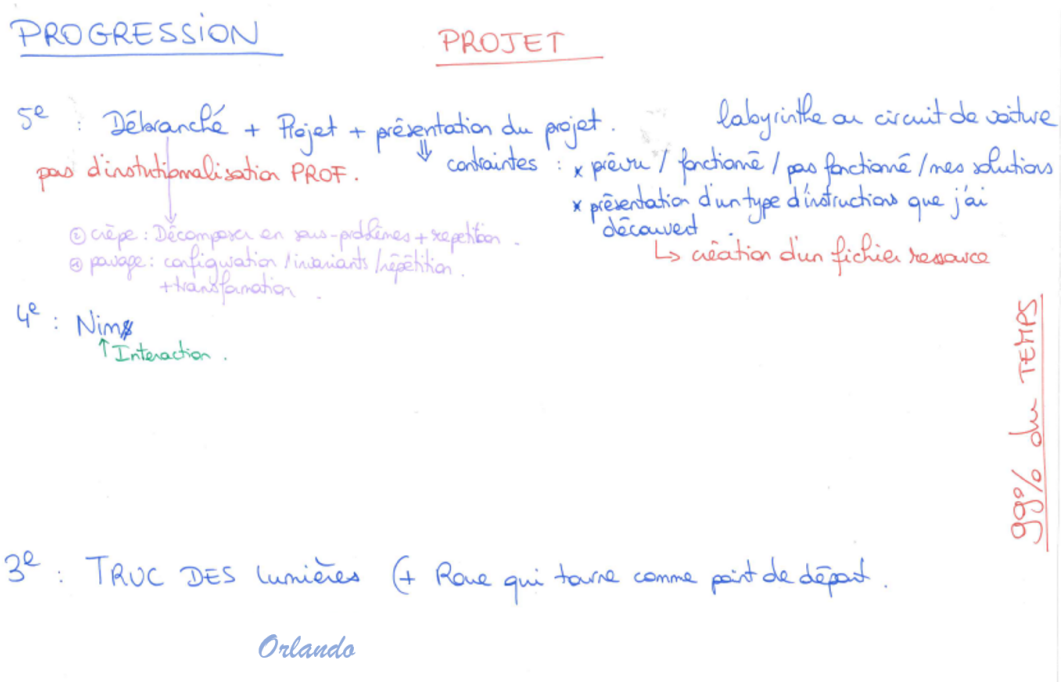

Figure 6.3 - Cartographies relatives aux projets

Nous pouvons remarquer dans la cartographie que pour les 5èmes elles utilisent les Crêpes (§ 6.3.1) comme projet (et situation en débranchée Figure 6.4) et les situations « Labyrinthe » ou « Circuit voiture » (qui sont prévus dans Scratch, Annexe 1- Glossaire). Par ailleurs, pour ce niveau, les enseignants comptent demander aux élèves de présenter leur projet à la fin de l'année en mettant en évidence ce qui a été prévu, ce qui a fonctionné ou pas, les solutions et les instructions découvertes sur les logiciels. Pour les 4èmes les enseignantes pensent réutiliser la situation « Jeu de Nim ». Pour les 3èmes, elles étaient encore dubitatives, elles ont émis l'idée d'utiliser une situation proposée par l'autre enseignant de ce niveau, Orlando.

La troisième cartographie contient les situations en mode débranché dont elles vont discuter avec leurs collègues de leur établissement, pour les mettre en œuvre dans l'année scolaire 2017-2018 (Figure 6.4).

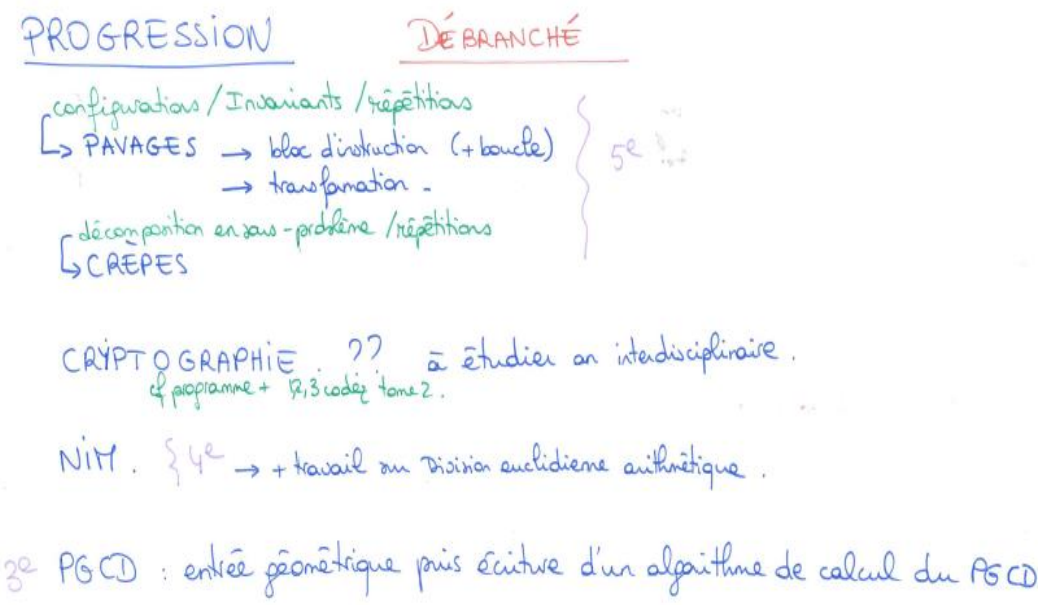

Figure 6.4 – Cartographies relatives aux situations en débranchées au cycle 4

Les situations didactiques sont liées aux années du cycle 4 et présentent parfois les compétences associées[45]. Parmi les situations didactiques présentes dans les cartographies, seulement deux n'étaient pas testées l'année précédente (Cryptographie (Annexe 1-Glossaire) et Labyrinthe), ce qui nous permet d'inférer que les enseignantes ont très peu renouvelé les situations didactiques. Cependant, elles ont approfondi leur vision sur la contribution possible de chaque situation à l'apprentissage de l'algorithmique et de la programmation.

Ces trois ressources créées pendant la conception de la progression gardent les traces des décisions prises par les enseignantes. Cependant, elles vont encore discuter avec leurs autres collègues, ainsi plusieurs choses sont susceptibles d'être changées entre ce moment et la mise en œuvre en classe. Toutefois les analyses présentées ici nous montrent comment les deux enseignantes ont fait face aux changements curriculaires liés à l'introduction du thème algorithmique et programmation. Nous présentons dans la section suivante un récapitulatif de ce chapitre qui nous permet d'avoir une vision générale de ce moment.

6.2.4 Récapitulatif du travail du collectif de pensée Anna et Cindy

Nous présentons dans cette section un récapitulatif avec les inférences faites au long de la section 6.2.

[45] Nous présentons dans les annexes les énoncés des situations didactiques mentionnées.

Tableau 6-1 - Préparation de la progression pour l'enseignement de l'algorithme et de la programmation (année scolaire 2016-2017)

Méthode Lire des propositions du programme ; Lire une sélection de manuels scolaires ; Revenir sur certaines situations didactiques lorsqu'elles ont connues en échangeant avec les collèges dans l'année qui précédait la réforme ; Revoir quelles anciennes situations didactiques pourrait être reprises pour traiter ce nouveau contenu ;
Jugements Faire attention à ne pas passer trop de temps avec des situations didactiques ludiques sans travailler le contenu mathématique ; Préparer les élèves pour le Brevet en donnant des problèmes sur le papier ; Traiter ce thème dans d'autres thèmes du programme ; Travailler la pensée algorithmique et ne pas s'attacher à apprendre un logiciel Travailler la construction de ces pensées algorithmique sans faire un cours Travailler les repères des progressivités liés aux niveaux de difficultés des problèmes et du programme ; Stimuler la décomposition d'un problème en sous-problème et reconnaître des schémas ; Faire attention au vocabulaire utilisé, en particulier la question des variables ; Travailler la construction des blocs dans le langage informatique Éviter l'utilisation excessive de Scratch ; Articuler les situations en débranché et en utilisant le Scratch ; Mobiliser des problèmes en MET pour travailler des petits programmes donnés sur papier ; Travailler des situations didactiques qui vont au-delà du déplacement.

Tableau 6-2 - Le recul réflexif sur la mise en œuvre de la progression (année scolaire 2016-2017)

Difficultés	*Réussites et révision*
Ne pas avoir le temps de planifier les situations didactiques ensemble Gérer de potentiels conflits des pratiques lors de la mise en œuvre avec l'enseignant de technologie Travailler avec des élèves qu'elles ne connaissaient pas Travailler dans une salle d'informatique qui réduit l'attention des élèves	Continuer le travail par projet Utiliser plus de situations en débranchée Faire une progression avec trois entrées : le projet, le débranché et l'institutionnalisation Trouver l'équilibre entre l'expérimental et le théorique

Avoir trop de choses à mettre en place en même temps avec la réforme Gérer un déséquilibre entre le travail en 5ème et en 3ème Manquer de temps pour réfléchir à la mise en œuvre en classe	

Tableau 6-3 - Renouvellement de la progression pour l'enseignement de l'algorithmique et programmation (année scolaire 2017-2018)

Méthode Lire la progression de l'année précédente : Relire de façon approfondie des extraits du programme sur l'algorithmique et la programmation : Étudier les concepts et les compétences à être traités en utilisant les ressources d'accompagnement : Lire le programme scolaire et des manuels scolaires de leur établissement en les comparant : Réfléchir sur les situations didactiques mises en place dans l'année scolaire 2016-2017 : Réfléchir sur l'usage du logiciel Scratch dans le cycle 4 : Créer des cartographies avec la progressivité dans le cycle 4 :
Jugements Lire les ressources curriculaires qui présentent les concepts à formaliser en classe Faire attention à l'ordre dans lequel les concepts sont traités Faire attention au vocabulaire Travailler avec les projets est au cœur de l'enseignement de ce thème Ne pas faire un cours pour enseigner à programmer Travailler dans une progression par rapport à la programmation dans l'ordre : l'utilisation des codages (6ème), création de programmes (5ème), formalisation des concepts (4ème) et consolidation des connaissances (3ème) Travailler l'abstraction dans l'écriture des instructions des algorithmes Utiliser Scratch de façon modérée Introduire d'autres logiciels pour travailler différents types de problèmes Travailler une situation en débranchée par année de cycle Travailler un projet de programmation pour chaque année de cycle Proposer l'élaboration de cartes mentales pour résumer les concepts liés à la programmation Créer une fiche ressource pour présenter le projet de chaque élève

Nous avons présenté dans cette section le travail entre Anna et Cindy pour préparer l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation. Nous avons observé la préparation de la progression par les deux enseignantes. Nous avons constaté qu'elles choisissent leurs ressources ensemble en discutant sur ce qu'elles attendent des élèves pour ce thème.

Dans la première année de préparation de la progression nous avons observé qu'elles ont créé un projet *pilote* avec les situations qu'elles aimerions traiter avec les élèves. Les enseignantes ont regardé un ensemble des manuels envoyé par différents éditeurs pour réfléchir au même temps à quels manuels elles allaient choisi pour l'année scolaire. D'ailleurs, Anna a préparé une page Padlet avec les ressources de sa veille numérique et elles ont discuté sur les situations présentes dans le Padlet. Nous avons aussi observé un regard critique par rapport aux propositions de la réforme, puisque les enseignantes pensent que les programmes sont attachés au langage de programmation du logiciel Scratch, tandis que les enseignants veulent explorer la pensée algorithmique sans être attaché à un langage de programmation. Nous avons aussi constaté que les deux enseignantes veulent amener les élèves dans situation de recherche, ce qui nous inférons être liés à leur travail à Sésames. D'une façon générale, dans cette préparation les enseignants ont regardé un ensemble très large des ressources – en « surfant » d'une ressource à l'autre assez rapidement- pour avoir une idée des possibilités pour cette enseignement.

Nous avons aussi interrogé les enseignantes sur les difficultés et adaptions à faire après la première année de la mise en œuvre de l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation. Les enseignantes ont travaillé la plupart des situations choisis dans le temps dédié à l'enseignement des EPI, ainsi elles ont dû coanimer la séance avec l'enseignant d'informatique, Samuel. Le travail en salle d'information a été jugé difficile, puisque les élèves sont moins attentifs. D'ailleurs, la manque de temps pour travailler avec Samuel a été un facteur qui a complexifié la mise en œuvre des situations choisies. Globalement, dans la première année le plus difficile pour les enseignantes a été de trouver l'équilibre entre l'expérimental et le théorique. Pour cela, elles ont décidé de revoir la progression.

Ainsi, pour la deuxième préparation de la leçon les deux enseignantes, basés sur l'expérience de l'année d'avant, ont réévalué leur progression. Pour cela, elles ont fait une relecture approfondie d'une ressource d'accompagnement « *en plongeant* » dans les propositions curriculaires. Elles ont décidé ainsi pour une nouvelle progression : *l'utilisation des codages (6ème), création de programmes (5ème), formalisation des concepts (4ème) et consolidation des connaissances (3ème)*. Elles

ont passé une partie de temps de préparation à réfléchir sur l'importance de faire attention aux concepts liés à la programmation, comme le concept de *variable*.

D'une façon générale, Anna et Cindy ont réfléchi et créé des ressources ensemble pour l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation. Les ressources ont été créée dans un processus de tâtonnement et elles ne sont pas encore consolidé. Pour les deux enseignants l'enseignement de ce thème est un moyen pour travailler des situations de recherche pour développer la pensée algorithmique.

6.3 La mise en œuvre d'une leçon par Anna

Dans cette section nous présentons notre analyse de la mise en œuvre de la leçon par Anna qui concerne la situation didactique « Trier les crêpes » (Annexe 5). Cette mise en œuvre a été faite au long de deux séances de cours en co-animation avec l'enseignant de technologie Samuel. Cependant, nous analysons seulement les données par rapport au travail d'Anna. Il faut souligner que, même si la séance était en co-animation, c'était Anna qui coordonnait la gestion du travail en classe. Nous présentons nos analyses selon trois parties : d'abord, nous présentons les ressources utilisées par l'enseignant (§ 6.3.1) ; ensuite, nous présentons notre modélisation de l'organisation de la leçon (§ 6.3.2) ; pour finir, nous présentons nos inférences par rapport aux schèmes mobilisés pour la situation « *introduire le concept d'algorithme en 5ème* » (§ 6.3.3).

6.3.1 Les ressources utilisées pour la situation didactique

Nous présentons d'abord l'énoncé de la situation didactique « Trier les crêpes » pour comprendre et éclairer notre analyse de la mise en œuvre d'Anna.

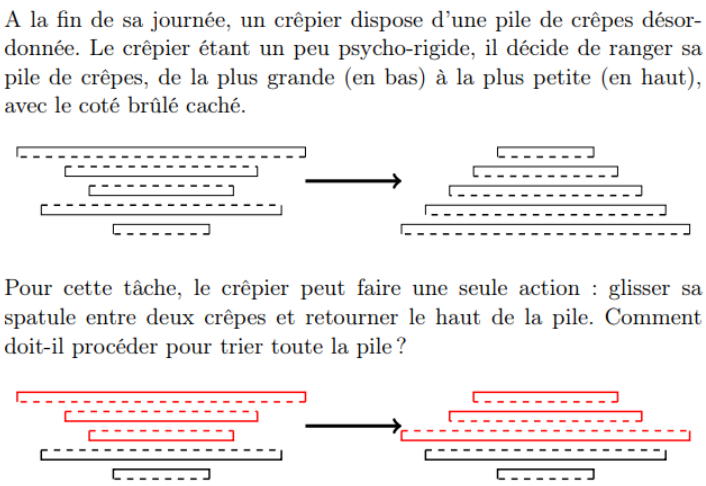

Figure 6.5 - Le problème du tri de crêpes

Ainsi, chaque groupe d'élèves reçoit un ensemble de cinq crêpes en cartons d'aires différentes qu'ils doivent trier dans un ordre croissant. Nous notons que, dans la consigne, l'action permise pour trier les crêpes est de *glisser la spatule entre-deux et retourner le haut de la pile*.

En ce qui concerne les ressources qui sont autour de la création de la situation : d'abord, l'énoncé et les consignes ont été repris du site *INRIA*[46] comme nous le présentons dans la figure 6-6. La ressource a été choisie lors de la préparation de la leçon avec Cindy, puisqu'elle était en accord avec la progression choisie pour la classe de cinquième. La ressource fait partie d'un ensemble de situations en mode débranché que les enseignantes veulent travailler au cycle 4. La ressource respecte aussi les compétences soulignées par les enseignantes Anna et Cindy dans la *progression* pour l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation, qui est basée sur le *programme scolaire* et sur une *ressource d'accompagnement*. La situation a aussi été travaillée avec l'enseignant de technologie *Samuel*, puisque la mise en œuvre a eu lieu au cours des heures destinées à L'EPI. Une autre ressource qui, selon Anna, a contribué à la réflexion sur l'enseignement de la programmation en liaison avec la situation est le livre 1.2.3 CODEZ !

La situation didactique a été prévue pour être travaillée sur deux séances. Pour la première séance, Anna a utilisé les crêpes en carton, une vidéo pour introduire le problème, des diapositives avec les énoncés et une feuille pour écrire l'algorithme par élève. Pour la deuxième séance, elle a utilisé les copies avec l'algorithme de cinq élèves. Nous présentons dans la Figure 6.6 une cartographie inférée qui représente une partie du système de ressources liée à leçon « Trier les crêpes »

[46] https://pixees.fr/deconstruire-linformatique-pour-mieux-la-comprendre-2/ date d'accès 5 février 2019

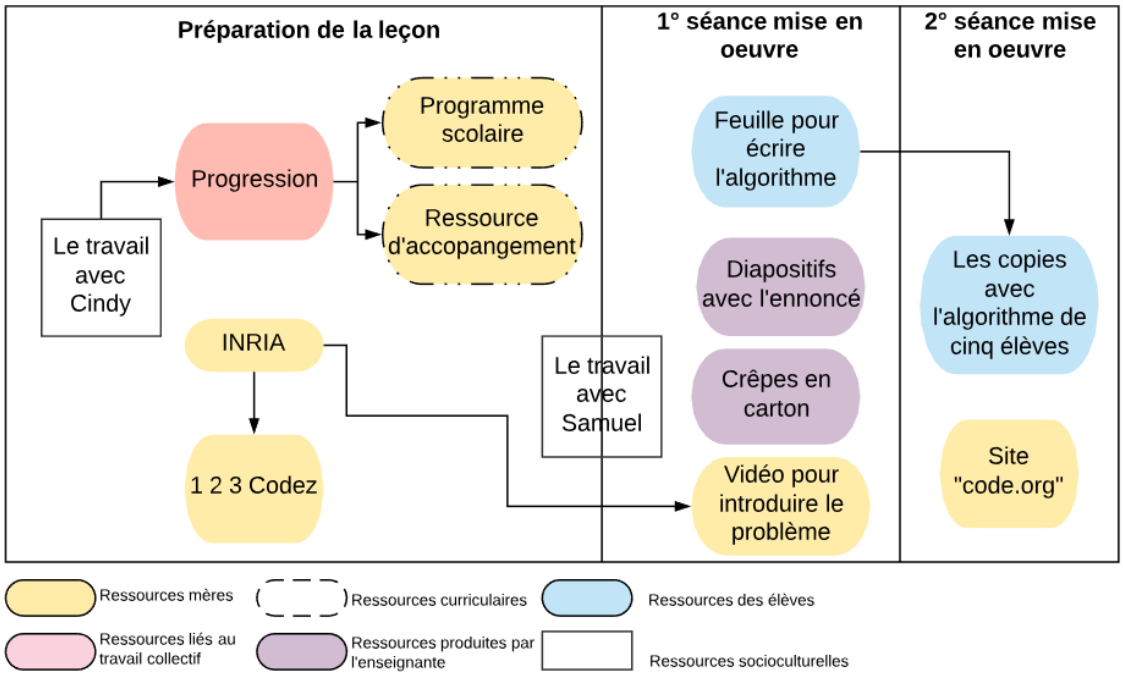

Figure 6.6 - Cartographie inférée du système de ressources en classe (Ruthven, § 2.2.3)

Ce système de ressources nous donne une idée plus précise du travail documentaire d'Anna pour l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation. Les ressources mères qui donnent corps à la situation sont : celles de l'INRIA, puisqu'elles proposent des conseils didactiques sur la mise en œuvre de la séance[47]; la ressource curriculaire exerce aussi une grande influence sur le choix de l'enseignante. Le choix d'une situation en mode débranché pour éviter une stratégie d'essai-erreur a motivé le choix de l'enseignante. L'enseignante veut travailler des compétences qui aident à l'enseignement des mathématiques et pas seulement utiliser un langage de programmation. Les ressources utilisées sont en cohérence avec les jugements communs établis par Anna et Cindy.

Dans la section suivante, nous présentons les objectifs d'apprentissage - que nous identifions dans les ressources créées et dans le discours d'Anna - ainsi que le déroulement des séances.

6.3.2 L'organisation de la mise en œuvre de la leçon

Nous présentons d'abord les objectifs d'apprentissage d'Anna. Ensuite nous présentons une brève description des phases de la mise en œuvre.

[47] Exemples des conseils extraits de la ressource utilisée par Anna (https://pixees.fr/le-crepier-psycho-rigide-comme-algorithme/ date d'accès 15 avril 2019): « Expliquez les règles et demandez aux participants de tenter de résoudre le problème » ; « s'ils bloquent, conseillez-les. Par exemple : « essaye d'abord de mettre la grande crêpe en bas », ou encore « où doit se trouver la grande crêpe pour pouvoir l'amener en bas ? » » ; « quand les participants ont trouvé l'algorithme, demandez-leur de l'expliquer. », etc…

La situation didactique « Trier les crêpes » a déjà été travaillée par Anna l'année précédente. Nous lui avons demandé ce qu'elle avait modifié au niveau des ressources données aux élèves. Elle n'a pas changé les ressources pour les élèves, cependant elle a enrichi sa progression avec plus de détails sur ce qui est attendu des élèves (Annexe 5, lg.44). En effet, dans la progression de l'année précédente il y avait juste, sur la feuille distribuée aux élèves, le titre de la situation didactique « le crêpier », tandis que cette année elle a ajouté : l'adresse du site dans lequel elle a pris la situation ; des éléments sur le rôle de l'enseignant pendant la mise en œuvre ; les instructions pour les élèves ; un algorithme qui répond au problème ; deux connaissances nécessaires pour l'élaboration de cet algorithme. Par rapport au dernier point, il était écrit dans la progression.

> Cet algorithme assez simple nous apprend deux choses :
>
> • Premièrement, un algorithme n'a d'intérêt que si on peut l'expliquer, a fortiori si on peut l'expliquer à un ordinateur. Il doit donc être écrit sans ambiguïté.
>
> • Deuxièmement, un algorithme décompose le problème en une série de tâches simples. (Annexe 5, lg.44)

Ces deux points ont été soulignés dans la progression comme étant importants. Lors de notre entretien avec Anna (Annexe 5) avant la première séance, elle nous a précisé les objectifs d'apprentissage et d'enseignement :

> L'idée c'est qu'ils (les élèves) *reconnaissent qu'ils font plusieurs fois la même chose qu'avec quelques petites phrases,* voir ce que c'est qu'un algorithme, voir ce que c'est que les ordres qu'il faut donner à la machine. (Annexe 5, lg. 2)
>
> On voudrait qu'ils se rendent compte que *tu décomposes un problème, tu reconnais des répétitions,* tu arrives à généraliser et à faire un algorithme. (Annexe 5, lg.10)
>
> C'est plus de *la méthodologie de résolution de problème*. Pour résoudre un problème, j'essaie de voir s'il y a des régularités, si je peux le partager en petits problèmes, etc. (Annexe 5, lg.26)

Nous pouvons relever, dans ces extraits, les objectifs liés à la compétence visée par le programme scolaire « décomposer un problème en sous-problèmes » compétence qu'elle avait sélectionnée lors de sa préparation avec Cindy (§ 3.4.2). D'ailleurs, c'est le développement de cette compétence qui lie cette situation avec celle qui la précédait à savoir la situation le « Pavage » et celle qui possiblement suit le Jeu du Nim. Nous allons voir dans cette section comment l'enseignante y fait référence au travers de l'allusion *à écrire à la machine* pendant toute la mise en œuvre. Dans l'extrait du discours d'Anna (paragraphe précédent) nous inférons six objectifs d'apprentissage : (A1) comprendre qu'un algorithme peut être écrit sans ambiguïté ; (A2) comprendre qu'un algorithme décompose le problème en une série de tâches simples ; (A3) reconnaitre des répétitions (concepts liés aux boucles) ; (A4)

reconnaitre des régularités ; (A5) créer des ordres à donner à une machine ; Nous remarquons aussi un mélange entre le concept d'algorithme et de programmation. et (A6) généraliser.

Ces objectifs nous donnent une idée d'une partie de sa vision de l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation. Ces objectifs ont été travaillés dans deux séances. La première séance a été réalisée dans la salle d'Anna et la deuxième dans la salle informatique. Dans notre analyse nous avons identifié neuf phases du niveau mésoscopique (§ 3.4.2) que nous présentons dans le Tableau 6-4.

Tableau 6-4 – les phases didactiques des séances observées

Phase	*Description*	*Ressources utilisées*
E1) *introduire la situation de trier les crêpes ;*	Les élèves ont vu la vidéo, Anna a redonné les consignes et distribué les crêpes ;	Vidéo, Diapositive, crêpes
E2) i*nciter la recherche d'une méthode pour trier les crêpes par les élèves ;*	Les élèves sont en groupe (4 ou 5) dans la recherche d'une méthode pour trier les crêpes. Les enseignants passaient à leurs tables et intervenaient si nécessaire ;	Crêpes, Diapositives
E3) *mettre en commun les stratégies*	Certains élèves énoncent leurs idées pour trier les crêpes. Après, ils sont incités à écrire l'algorithme ;	Réponse des élèves
E4) *proposer l'écriture de l'algorithme*	Chaque élève écrit individuellement son algorithme, mais en discutant avec ses camarades. Anna et Samuel passaient entre leurs tables pour aider à épurer l'écriture.	Diapositives, feuille
E5) *commencer à écrire l'algorithme ensemble*	Certains élèves ont lu leurs algorithmes et Anna épurait leurs idées en écrivant un algorithme au tableau.	Réponse des élèves
E6) *analyser cinq copies des programmes faits au cours de la séance précédente* (Figure 6.7)	Les enseignants ont inscrit cinq programmes proposés par cinq élèves sur une feuille et leur ont demandé de les analyser en vue de les améliorer. (Travail en paire)	Cinq réponses des élèves sur une feuille
E7) R*ecréer un programme ensemble à partir des réponses des élèves*	Les enseignants ont demandé aux élèves leur avis sur les cinq programmes. Ils discutaient avec les élèves et ont créé ensemble un programme.	Cinq réponses des élèves sur une feuille
E8) *Réécrire le programme du tableau sur le cahier*	Les enseignants ont rendu leurs copies aux élèves pour qu'ils puissent écrire le programme.	Copie des élèves, Programme pour

		trier les crêpes sur Scracth
E9) *présenter le site code.org* (Annexe 1- Glossaire)	Les enseignants ont présenté le site Code.org pour que les élèves fassent des situations didactiques liées à la programmation, à la maison.	Le site Code.org, situation déplacer « Angry Bird ».

Ces phases montrent une partie de l'organisation didactique de la mise en œuvre de cette leçon. Le travail de l'enseignant se situe au niveau 0 (Margolinas, 2004) dans la mise en œuvre de la situation didactique. Nous utilisons les phases et les objectifs d'apprentissage identifiés pour notre analyse dans la section suivante.

6.3.3 Des éléments de schème

Nous présentons une modélisation pour le schème (Vergnaud, § 2.1.2) en liaison avec la classe de situations « introduire le concept d'algorithme en 5ème ». Pour cela nous développons notre analyse à partir de la situation singulière « introduire le concept d'algorithme en 5ème avec la situation didactique de Trier les crêpes » (Rocha, à paraitre b). Nous avons analysé ce schème dans l'ordre temporel tel qu'il était mobilisé par Anna (§ 3.4.2). Nous avons choisi de présenter cette modélisation en neuf parties liées aux phases de la mise en œuvre (section § 7.2.3) et nous présentons dans cette section deux parties du schème identifié dans la leçon de trier les crêpes : d'abord, la partie du schème identifié dans la phase E4 « proposer l'écriture de l'algorithme » de la première section et ensuite dans la phase E7 « recréer un algorithme ensemble à partir des réponses des élèves » de la deuxième section. Nous avons choisi ces phases, car ce sont celles qui ont occupé le plus de temps lors de la mise en œuvre.

Par rapport la phase E4 dans laquelle l'enseignante propose aux élèves d'écrire un algorithme pour Trier les crêpes :

> Je veux une séquence d'instructions à donner à une personne qui ne regarde pas et qui tient les Crêpes. J'ai marqué que ça s'appelle un algorithme, mais ça ce n'est pas important. Donc, je voudrais que vous écriviez les ordres que vous donnerez à quelqu'un qui a les crêpes dans sa main, mais vous, vous ne voyez pas les crêpes. On est à l'aveugle, comment si la personne est la machine, et vous vous donner les ordres. Il faut écrire bien sur – Mr. Samuel l'a dit doucement - mais il faut essayer de ne pas mettre 50 millions d'information, de ligne de programmes. […] vous garder dans votre tête que votre méthode marche aussi pour plus que 5 crêpes. (Annexe 4, phase E4)

Nous avons repéré dans ces moments le sous-but : « inciter les élèves à écrire leurs stratégies et à généraliser ». Nous avons inféré plusieurs règles d'actions, de contrôle et de

prise d'information. Nous présentons donc notre modélisation des *règles* dans le tableau ci-dessous :

Tableau 6-5 - Règles d'actions, de contrôle et de prise d'information de la phase E4

R1. Demander aux élèves de prendre une feuille blanche par personne pour écrire l'algorithme ;
R2. Demander d'écrire sur la feuille « méthode pour trier cinq crêpes » ;
R3. Donner des consignes pour écrire l'algorithme :
- ✓ Écrire la méthode pour trier les crêpes sans les voir ;
- ✓ Spécifier quand s'arrête l'algorithme ;
- ✓ Mettre le minimum d'instruction possible ;
- ✓ Réfléchir en parallèle afin que cette méthode permette de trier n'importe quelle quantité des crêpes ;

R4. Éviter de définir le concept d'algorithme ;
R5. Observer le travail des élèves et intervenir au cas où :
- ✓ Ils n'ont pas considéré le nombre de crêpes à trier ;
- ✓ Ils n'ont pas dit combien d'étapes seront faites ;
- ✓ Ils n'ont pas écrit, pour les aider à écrire l'algorithme ;
- ✓ Ils n'ont pas compris ce qu'il fallait écrire ;
- ✓ Ils sont encore attachés au positionnement des crêpes ;

R6. Lire les algorithmes des élèves pour voir s'ils sont corrects.
- ✓ Si oui, poser des questions plus avancées (les instructions répétées qui peuvent être rassemblées) ;
- ✓ Si non, tester leurs algorithmes en utilisant les crêpes ;

R7. Écouter les stratégies des élèves et reformuler leurs phrases pour éclairer les instructions qui trient les crêpes ;
R8. Stimuler les élèves qui ont fait des schémas pour écrire une méthode plus générale ;

Nous observons que dans cette phase l'enseignante développe une série d'actions pour que les élèves construisent certaines notions liées à l'algorithme. Nous remarquons des règles de contrôle et de prise d'information pour aider les élèves à écrire l'algorithme via l'observation de l'activité des élèves. C'est l'exemple de la règle de contrôle R-5 « intervenir au cas où les élèves sont encore attachés aux positionnements de crêpes » qui est aussi liée à l'objectif d'apprentissage A6 « généraliser ». Il y a aussi la règle R-6 « lire les algorithmes des élèves pour voir s'ils sont corrects, si oui, poser des questions plus avancées (les instructions répétées qui peuvent être rassemblées) » qui est liée à objectif A3 « reconnaitre des répétions (concepts liés aux boucles) ».

Par ailleurs, nous avons observé dans le dernier extrait du discours d'Anna des éléments qui donnent lieu à la règle R-4 « éviter de définir le concept d'algorithme » :

> C'est un peu comme quand on fait un programme de construction, je *ne veux pas qu'ils fassent des phrases, juste qu'ils donnent des ordres c'est un peu ça qu'on nomme algorithme*, en plus, tu as vu *je me mélange les pédales entre algorithme et programme*. Il y a un moment que j'ai dit "vous êtes la machine et on va écrire le programme". Voilà il faut savoir si on écrit...

> […] *Si je leur dis "écris un texte qui décrive ce qu'il faut faire pour trier une crêpe", je vais avoir un texte* avec des sujets, des verbes, des phrases construites. […]. En même temps je dis que ce n'est pas important *sinon j'en ai 25 qui lèvent la main, en disant, mais "c'est quoi exactement, c'est quoi la définition*. On ne sait pas ce que c'est. Il y a l'idée, l'envie d'utiliser le mot, mais, en même temps ah... peut-être pour sortir de l'obligation de l'écriture quand on est dans l'écriture du français quoi. (Annexe 4, phase E4)

Nous pouvons remarquer dans cet extrait qu'Anna est consciente de la confusion entre les termes algorithmes et programme. D'ailleurs, elle utilise de façon synonyme sans définir la méthode, algorithme et programme. Cette introduction du langage d'algorithmique et de la programmation s'avère confus pour Anna. Cette explication de son action nous amène à identifier aussi les invariants opératoires d'Anna. Nous les présentons dans le tableau ci-dessous.

Tableau 6-6- Invariants opératoires de la phase E4

IO-1. Il est important que chaque élève écrive sa stratégie pour formuler son algorithme ;
IO-2. Il ne faut pas définir la différence entre algorithme, programme et méthode, parce que sinon ils vont perdre beaucoup de temps pour définir la différence ;
IO-3. Il faut inciter les élèves à écrire des instructions simples sans faire de texte pour décrire chaque ordre ;
IO-4. Il faut faire en sorte que les élèves mettent le moins d'instructions possible puisque c'est la caractéristique d'un algorithme ;
IO-5. Il faut inciter les élèves à ne pas être attaché à l'instance « 5 crêpes » de l'algorithme, mais qu'ils essaient de généraliser ;
IO-6. Il est important que les élèves écrivent les algorithmes, puisqu'ils ont des difficultés pour communiquer leurs résultats en mathématiques ;
IO-7. Il est important d'évaluer chaque algorithme écrit par les élèves pour leur permettre d'avancer dans la conception de l'algorithme ;
IO-8. Il est important de différencier les élèves, en les amenant à aller de plus en plus loin dans leurs résolutions ;
IO-9. Il faut stimuler les élèves à se détacher des crêpes matérialisées pour abstraire les instructions de l'algorithme pour n'importe quel nombre des crêpes.

Nous présentons dans ce tableau certains invariants qui, pour nous, guident les actions d'Anna dans cette phase. Citons, l'invariant opératoire IO-6 « il est important que les élèves écrivent les algorithmes, puisqu'ils ont des difficultés pour communiquer leurs résultats en mathématiques ». Nous avons pu observer à plusieurs moments qu'Anna incite les élèves à écrire leurs algorithmes. Par ailleurs, elle nous a dit « *de leur demander d'écrire maintenant, parce que souvent oralement ils arrivent à faire quelque chose et après dès qu'il faut écrire... C'était ça de pousser un peu sur l'écriture* » (Annexe 5, phase E4). Nous pouvons aussi voir la question de la différentiation dans l'invariant opératoire IO-8 « il est important de différencier les élèves, en les amenant à aller de plus en plus loin dans leurs résolutions ». En effet, certains groupes allaient plus vite que d'autres, alors Anna en a profité pour leur demander de réfléchir

sur les nombres d'étapes tandis que d'autres étaient en train d'élaborer la stratégie pour Trier les crêpes.

Au niveau de cette situation en particulier nous avons identifié quatre inférences dans la régulation de la situation par Anna. Nous les présentons dans le tableau ci-dessous :

Tableau 6-7 - Inférences de la phase E4

1. Il se peut qu'un élève ne comprenne pas l'importance de mettre la quantité de crêpes, parce que la méthode trie n'importe quelle quantité, alors Anna dit qu'il est important de savoir quand le tri doit s'arrêter. 2. L'enseignant de technologie a orienté le travail des élèves vers le concept de variables, alors Anna essaie d'intervenir ; 3. Un groupe d'élève a du mal à comprendre ce que « la machine » peut comprendre ; 4. Un élève a dessiné les crêpes et comment les trier, alors Anna essaie de lui faire écrire la méthode pour le cas général ;

Analysons un exemple du travail d'Anna en co-animation avec l'enseignant de technologie. Les séances analysées ici ont été réalisées avec les élèves d'Anna dans le créneau d'heure dédié à l'enseignement pratique interdisciplinaire (EPI). Ainsi, cette séance a été faite en co-animation avec Samuel. Cependant, c'est Anna qui a créé et proposé la situation didactique et c'est elle aussi qui coordonne la séance. À un moment de la séance, Anna s'aperçoit que Samuel est trop directif dans les interventions du travail des élèves et elle essaie d'intervenir pour éviter qu'il ne donne plus de réponses que nécessaires. Nous l'avons interrogé par rapport à ce moment et elle nous a dit :

> En fait, il passe à côté des gamins, il met le doigt sur un truc, et puis il leur donne une petite information, et puis après il dit "eux là-bas ils ont trouvé ». Il leur a donné la réponse et ils ne cherchent pas. […] il nous[48] a fait ça plusieurs fois déjà. (...) il donne trop d'informations en fait. (Annexe 5, E4)

Nous pouvons remarquer ici qu'Anna et Samuel ont des pratiques différentes pour intervenir dans le travail des élèves. Par ailleurs, Samuel a insisté pour introduire le concept de variable dans la deuxième séance, Anna a été d'accord mais seulement si la conjecture venait du travail des élèves.

Nous nous intéressons maintenant à la phase E7 « *récréer un programme ensemble à partir des réponses des élèves* » qui a eu lieu dans la deuxième séance. Les élèves avaient analysé, dans la phase précédente, les cinq programmes proposés par d'autres élèves qui ont été mis sur une feuille par les enseignants et que nous présentons dans la Figure 6.7 (qui a été mentionnée dans la description de la séance).

[48]Le nous dans cette partie se réfère à Anna et Cindy qui partage souvent les classes avec Samuel.

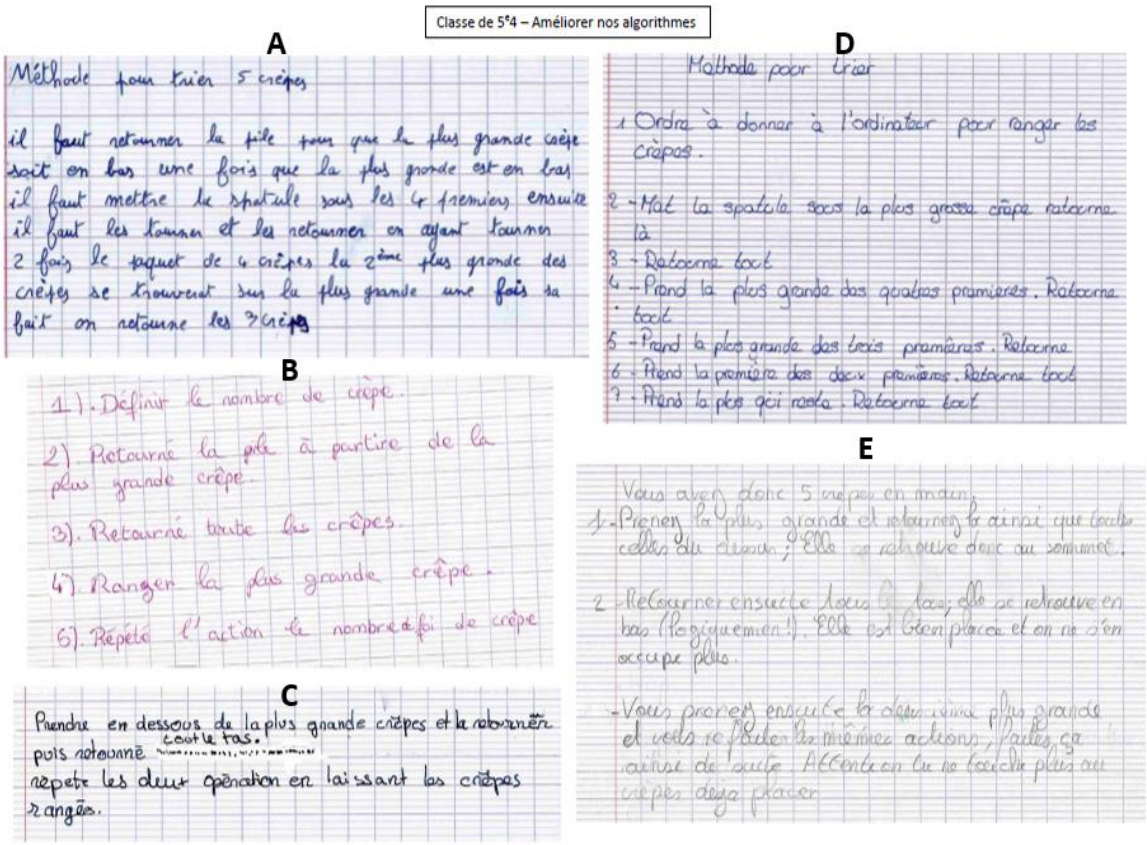

Figure 6.7 - Cinq programmes donnés aux élèves

Il est important de rappeler que cette séance a été faite dans la salle d'informatique, alors que les élèves n'ont pas utilisé l'ordinateur. Un autre point très important dans cette séance est que les enseignants ne parlaient presque plus d'algorithme, mais de programmes. Ainsi, toute la séance était destinée à créer un programme pour Trier les crêpes, les élèves devaient imaginer que leurs instructions allaient faire travailler une « machine » pour trier les crêpes. Par conséquent, nous utiliserons le mot « programme » au lieu « d'algorithme », pour respecter le vocabulaire employé par les enseignants.

Puis dans la phase E7, le sous-but était de « *créer un programme ensemble* ». Alors, Anna a produit un ensemble de règles d'actions, de contrôles et de prises d'informations pour créer ce programme avec les élèves (Tableau 6-8).

Tableau 6-8 - Règles d'actions, de contrôle et de prise d'information de la phase E7

R1. Demander aux élèves ce qui peut être éliminé dans le programme ;
R2. Demander aux élèves les raisons pour lesquelles ils éliminent quelque chose du programme ;
R3. Quand un programme convient à un élève, demander s'il convient à tout le monde ;
R4. Comparer les programmes ;
R5. Mettre en évidence ce qui manque dans certains programmes ;
R6. Mettre en évidence ce qui relève des instructions et ce qui relève des commentaires ;

R7. Éliminer les programmes qui ont trop de texte ;
R8. Demander les consignes à écrire au tableau ;
- ✓ Définir le nombre de crêpes ;
- ✓ Mettre la spatule sur la plus grande crêpe non rangée (bien emphatiser l'importance de non rangé)
- ✓ Retourner la spatule ;
- ✓ Retourner tout le tas non rangé ;

R9. Discuter de la répétions des ordres et de quand le programme s'arrête ;
R10. Discuter la question de variable comme une boîte, en parlant de programme ;
R11. Écrire la fin du programme ;
- ✓ Calculer le nombre restant de crêpes ;
- ✓ Répéter jusqu'à la ligne 2 jusqu'à ce que le nombre de crêpes restant soit 1 ;

R12. Revoir le programme ;
R13. Dire que la programmation est très complexe pour être faite dans ce niveau, alors qu'ils n'allaient pas la faire ;

Nous observons, dans les règles identifiées, que la formalisation proposée dans cette phase a été construite en interaction entre élèves et enseignants. De fait, dans un moment de mise en commun, Anna incite les élèves à expliciter leurs arguments pour ou contre les programmes (règles R-1, R-2 et R-3 dans le Tableau 6-8). Anna les encourage aussi à regarder les cinq programmes proposés pour essayer de les améliorer. Chaque instruction qu'elle formalise[49] vient d'une négociation avec les élèves qui parfois l'amène à reformuler les instructions devant être écrites (règles R-4, R-6 et R-7 dans le Tableau 6-8). Elle les pousse à relire certains programmes pour identifier des informations non nécessaires, comme le programme E (Figure 6.7) où elle a demandé si l'information « *elle [la crêpe] se retrouve au sommet » était nécessaire dans le programme* ».

Nous avons inféré un ensemble d'invariants opératoires qui guident l'action d'Anna dans ce moment de construction d'un programme commun (Tableau 6-9).

Tableau 6-9 - Invariants opératoires inférés dans phase E7

IO-1. Il est important d'inclure les élèves dans le processus de formalisation ;
IO-2. Il est important de faire argumenter les élèves sur leurs réponses ;
IO-3. Il faut un minimum d'approbation entre les élèves pour qu'on valide une réponse ;
IO-4. Il faut faire réfléchir les élèves sur le nombre des étapes nécessaires pour trier les crêpes ;
IO-5. Il est important de discuter sur la répétition dans un programme ;
IO-6. Il faut expliciter l'importance de dire quand le programme finit ;
IO-7. Il faut mettre en évidence que le langage pour écrire une instruction doit être concis ;
IO-8. Il faut faire attention au moment des discussions sur les variables pour ne pas écrire une égalité fausse au tableau ;

[49] Il est important de dire que c'est Anna qui fait les formalisations et les énoncés et Samuel l'écrit au tableau. Dans les moments de mise en commun, c'est Anna qui pilote.

IO-9. Il est important de traiter les concepts même s'il y a seulement une partie des élèves qui ont trouvé le raisonnement associé, pour différencier le travail avec les élèves ;
IO-10. Il est vrai que les élèves ont des difficultés à se détacher de la situation particulière, ceci arrive aussi dans les constructions en géométrie où les élèves ont tendance à mesurer les côtés des figures géométriques ;

Parmi les invariants opératoires repérés, nous allons en explorer certains plus en détail. Anna nous a expliqué les raisons qui l'ont amené à donner cinq programmes aux élèves :

> Plutôt que de leur demander de réexpliquer ce qu'ils nous avaient donné comme étant abouti, 5 groupes différents, *qu'ils se repositionnent et qu'on leur demande de choisir ce qui est le mieux pour eux.* […] (Auto-confrontation, MO2_Anna, Q.20)
>
> Je voulais vérifier qu'il n'y en ait pas qui soient complètement restés encore sur leur programme, accrochés à ce qui se passe réellement, ce que je fais et pourquoi je le fais. On était passé à un peu plus abstrait. *Et puis aussi parce qu'il ne faut pas que ce soit nous qui donnions un corrigé.* Il faut *qu'il y ait un minimum d'approbation sur ce qu'on va mettre même si c'est pas mal dialogué.* (Auto-confrontation, MO2_Anna, Q.29)

Nous présentons cet extrait qui soutient les inférences des trois premiers invariants. Nous observons ici le rôle donné aux élèves dans le moment de formalisation et qui est guidé aussi par le choix de la ressource « cinq programmes créés par les élèves ». Ainsi, avant d'écrire sur le TBI une instruction, Anna demandait aux élèves ce qui devait être écrit. Dans l'extrait aussi la question de la généralisation de la stratégie est présente, nous formulons l'invariant IO-10 « Il est vrai que les élèves ont des difficultés pour se détacher de la situation particulière, ceci, ça arrive aussi dans les constructions en géométrie où les élèves ont tendance à mesurer les côtés des figures géométriques ». Ainsi, Anna a fait plusieurs remarques dans les programmes qui étaient liés au positionnement des crêpes.

Par ailleurs, la discussion du concept de variable a été un point délicat de cette mise en œuvre :

> *J'ai toujours ce souci de différencier.* Il y a des élèves qui ont vraiment compris la variable et d'autres ils s'en fichent. Et, à côté, il y a Samuel qui n'a qu'une envie c'est que je laisse faire. Donc je suis un peu inquiète de ce que va m'écrire Samuel. En même temps, on s'est mis d'accord donc je lui fais confiance. Et puis, il y a des élèves qui ont envie de l'écrire. Il faut trouver un compromis pour que ce soit écrit c'est-à-dire que ça retrace bien ce qu'ont dit trois ou quatre élèves de la classe, mais que ça reste aussi compréhensible pour les autres. Tu es un peu sur un fil, c'est le funambule. (Auto-confrontation, MO2_Anna, Q.32)
>
> *On s'était mis d'accord pour qu'il [Samuel] n'écrive pas une égalité fausse au tableau*, surtout que ce sont des cinquièmes qui ne connaissent pas encore le calcul littéral, qui n'ont jamais mis de lettre dans un calcul. (Auto-confrontation, MO2_Anna, Q.27)

Cet extrait fonde nos inférences de l'invariant IO-9 « il est important de traiter les concepts même il y en a seulement une partie des élèves qui ont trouvé le raisonnement associé, pour différencier le travail avec les élèves » et IO-8 « il faut faire attention au moment

de la discussion sur les variables pour ne pas écrire une égalité fausse au tableau ». Nous remarquons que la co-animation de la classe avec Samuel a influencé l'activité d'Anna. Anna ne pensait pas traiter le concept de variable, d'ailleurs elle dit que si elle était seule en classe qu'elle ne le ferait peut-être pas. Alors, nous déduisons que cette adaptation dans sa mise en œuvre est une inférence (dans le sens de Vergnaud, 2011) liée à cette situation particulière. Nous exposons dans le tableau ci-dessous les trois inférences identifiées :

Tableau 6-10 - Inférences identifiées dans la phase E7

1. Anna ne pensait pas introduire la notion de variable, elle l'a fait parce que Samuel a insisté et un élève en a parlé ; 2. Les élèves restent en silence pendant la discussion du concept de variable ; 3. Seul un élève donnait la stratégie qui contenait le nombre de variables ;

Le concept de variable a ainsi été introduit à la fin de la séance, même si Anna ne l'avait pas prévu.

D'une façon générale, la mise en œuvre de la situation didactique « Trier les crêpes » nous a permis de mettre en évidence les connaissances de l'enseignant mobilisées dans l'action.

6.4 Conclusion

Nous avons mis en évidence qu'Anna n'avait pas une expérience approfondie de l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation. Donc, son expérience documentaire générale a eu un impact important sur la façon de chercher et de concevoir ses ressources. Nous avons pu observer que sa veille des nouvelles ressources numériques et sa participation à plusieurs collectifs hors établissement ont impacté sa conception des ressources. Par ailleurs, les ressources qui ont nourri ses réflexions viennent pour la plupart de collectifs sur l'enseignement des mathématiques, qui conçoivent des ressources et une réflexion didactique pour accompagner leur mise en œuvre.

Nous avons analysé le travail d'Anna avec sa partenaire documentaire dans deux moments de préparation de la progression (§ 6.2). Nous avons pu analyser une méthode de travail entre les deux enseignantes qui favorise l'échange sur les pratiques et la conception commune de ressources. Nous remarquons aussi que les enseignantes ont des pratiques très proches. Ces deux enseignantes travaillent ensemble depuis 2006 ce qui justifie en partie cette convergence entre les pratiques. Elles ont décidé ensemble des lignes générales sur la progression et les types des situations didactiques sur lesquelles elles voulaient travailler. Ce travail collectif nous a aidés à identifier certaines attentes d'Anna pour l'enseignement de ce thème, puisqu'en travaillant avec sa collègue elle a dû se positionner sur ce qu'elle veut pour l'enseignement de

l'algorithmique et de la programmation. Par ailleurs, ainsi comme Trouche *et al.* (2019) nous avons comme hypothèse que le travail des deux enseignantes dans le groupe Sésames a contribué à leur réflexion sur l'enseignement de l'algorithmique et la programmation.

Dans la première année de la mise en œuvre des programmes, Anna et Cindy ont « surfé » sur plusieurs ressources pour avoir des idées des situations didactiques pour enseigner ce thème. Elles avaient choisi une progression liée aux difficultés des problèmes à présenter aux élèves. Dans la deuxième année, elles ont maintenu la plupart des situations didactiques de la première année. Cependant, elles ont choisi la progression : l'utilisation des codages (6ème), création de programmes (5ème), formalisation des concepts (4ème) et consolidation des connaissances (3ème). Ce choix est lié au fait que les enseignantes ont senti un manque de formalisation dans la première année de la mise en œuvre du programme. Dans cette préparation les enseignantes ont regardé en profondeur certaines ressources pour adapter leur progression.

D'une façon générale, Anna et Cindy sont d'accord pour travailler avec des situations qui sollicitent la pensée algorithmique sans être centrées sur un langage de programmation. Elles sont très intéressées par des situations en mode débranché et par le travail de projets avec les élèves. L'utilisation du logiciel Scratch est faite dans les projets et aussi pour faire des MET. De plus, les enseignantes sont très attentives aux relations entre les concepts de programmation et les concepts mathématiques, en essayant d'éviter que l'un ne fasse obstacle à l'apprentissage de l'autre.

Nous avons observé et analysé la mise en œuvre de la situation didactique en mode débranché « Trier les crêpes ». Cette situation a été choisie au moment de la création de la progression avec Cindy et est à l'origine d'un collectif qui réfléchit sur l'enseignement des mathématiques. Par ailleurs, sur le site de l'INRIA (Annexe 1- Glossaire), elles ont puisé des conseils didactiques pour la mise en œuvre de cette séance. Nous avons remarqué que, au moment de la mise en œuvre, Anna a hésité sur la méthode à utiliser pour gérer les concepts d'algorithme et de programme. Comme prévu dans les programmes, elle n'a pas essayé de formaliser ces deux concepts. La situation didactique choisie par Anna met les élèves en situation de recherche et essaie de différencier les différents temps d'apprentissage. De plus, le concept de *variable* a été critique dans cette séance, puisque pendant la formalisation les élèves avaient l'air perplexes. Cependant, d'une façon générale l'enseignante était satisfaite avec la mise en œuvre de la séance et pense la reproduire.

Partie D : Analyse des données relatives à Viviane

Chapitre 7. Analyse des transformations du travail documentaire de Viviane au long du temps

Ce chapitre, qui est consacré à l'analyse des données concernant Viviane, se veut un éclairage complémentaire du chapitre 5 correspond à l'analyse du cas d'Anna. Les deux enseignantes ont un profil très contrasté (§ 3.2.2) ce qui est très riche pour notre analyse du développement professionnel des enseignants à travers leur trajectoire et leur expérience documentaires (§ 2.5.3).

Avant de commencer, nous présentons un bref portrait du travail documentaire de Viviane selon ses réponses au questionnaire. Viviane est professeur depuis 1997. Pour préparer sa classe et son cours Viviane s'en sert toujours un vidéoprojecteur, et souvent des manuels scolaires et sites internet. Le manuel scolaire semble avoir une place importante dans son travail documentaire pour donner des exercices aux élèves, pour trouver des problèmes pour les élèves et pour chercher des situations pour introduire de contenus. Pour Viviane, le manuel scolaire semble être une ressource pour préparer son enseignement et pour les élèves. Par rapport aux ressources Sésamath, nous avons que Viviane utilise très fréquemment les manuels scolaires, Labomep et Sésaprof. Par ailleurs, Viviane ne présente pas de travail collectif dans le questionnaire. En outre, les renouvellements dans le système de ressources de Viviane peuvent être liés à : une discussion dans une réunion du collège, les changements de programme, un changement d'établissement scolaire, un changement de niveau d'enseignement et échange d'expérience avec un collègue. Pour faire face à un manque des ressources elle a comme stratégie de demander à un collègue et de rechercher sur internet.

Ce chapitre est divisé en cinq parties : une vision panoramique des événements et ressources présentés par l'enseignant dans sa CRTD (§ 7.1) ; ensuite, une analyse centrée sur les événements inférés et réflexifs qui ont impacté son travail documentaire au fil du temps (§ 7.2) ; par la suite, nous analysons les transformations dans son système de ressources (§ 7.3) ; puis nous analysons la dimension collective de son travail documentaire (§ 7.4) ; nous concluons par l'analyse des connaissances professionnelles à travers notre repérage des traits d'expérience documentaire (§ 7.5).

7.1 Une vision panoramique de la trajectoire documentaire de Viviane

Il s'agit dans cette partie d'analyser des aspects globaux de la trajectoire documentaire de Viviane. Pour ce faire, nous nous basons sur l'ensemble des entretiens que nous avons réalisés, mais plus spécialement sur deux entretiens : l'entretien de repérage, où Viviane a réalisé la première cartographie de sa trajectoire documentaire (dénotée : 1°-CRTD de Viviane, Annexe 6.1) ; et l'entretien de révision la première cartographie de la trajectoire documentaire où Viviane a revu notre transposition numérique en y ajoutant des événements et des ressources (dénotée 2°-CRTD de Viviane, entretien codé E3_Viviane _ETD).

Nous séparons cette section en deux parties : d'abord nous présentons les composantes de la trajectoire documentaire de Viviane (§ 7.1.1), ensuite nous catégorisons l'ensemble des ressources et événements et présentons la cartographie avec la transposition numérique de CRTD de Viviane (§ 7.1.2).

7.1.1 Composantes de la trajectoire documentaire de Viviane

Nous présentons ici les composantes de la trajectoire documentaire de Viviane (§ 2.5.3). Dans cette partie, nous identifions d'abord les *amplitudes de changement dans le système de ressources*. Ensuite, nous traitons de la *fréquence des événements par année* dans sa trajectoire documentaire, qui nous donne des indices pour identifier les *événements symboliques de transition*. Pour finir, nous traitons des *événements symboliques de transition* et des *dominantes documentaires* correspondantes qui précèdent et suivent ces événements.

Parmi les quinze événements, nous en avons identifié trois qui ont eu une *amplitude forte de changement sur le système de ressources* de Viviane. Le premier est l'événement (E10) « découverte d'une méthodologie pour travailler en classe ». Cet événement a eu un impact sur plusieurs domaines, puisque l'enseignante commence à utiliser les problèmes pour introduire les nouvelles notions. En effet, Viviane en témoigne « *utiliser ces problèmes de* <u>*Rallye*</u> (Annexe 1-Glossaire) *pour introduire des nouvelles notions dans nos cours. C'est à la fois une façon de faire travailler les élèves autrement, puis à la fois une façon de réutiliser dans nos cours.* » (Annexe 6.1, r.13). De plus, l'utilisation des rallyes par l'enseignante a commencé quand elle est arrivée dans l'académie de Lyon, ils sont encore utilisés aujourd'hui.

Le deuxième événement qui a eu une *amplitude forte de changement sur le système de ressources* de Viviane est l'événement (ER12) « découverte des ressources dans les stages de formation » : « *depuis qu'on est ici, c'est vrai que j'essaye avec les collègues de faire au moins un stage par an. Celui dont je me souviens, qui était très intéressant, c'était le calcul mental : ça nous a permis de faire beaucoup plus de choses en calcul mental, on a mis en place des* <u>*petits diaporamas*</u> *par exemple. […]. Cela*

nous a permis de beaucoup avancer là-dessus » (E3_Viviane, lg. r3). Nous observons dans le discours de Viviane l'impact de cet événement dans l'enseignement du calcul mental. Elle ajoute aussi qu'« *enseigner la géométrie en début de collège » : ça nous a donné beaucoup d'outils sur différents types de problèmes qu'on peut utiliser pour démarrer une notion en collège.* » (E3_Viviane, lg. r3). Donc, le stage a aussi nourri le travail de Viviane en géométrie. Il est important de souligner dans le discours de Viviane que dans le collège MA ils cherchent à faire régulièrement des stages tous ensemble.

Le dernier événement qui a eu une *amplitude forte de changement sur le système de ressources* de Viviane est l'événement (ER15) « arrivée de la réforme du collège ». En effet, Viviane a dit « *on a été amené surtout à travailler sur l'algorithmique puisque c'est la grosse partie du programme. Donc ça m'a permis de découvrir le logiciel heu Scratch (Annexe 1- Glossaire) que je ne connaissais pas.* » (Annexe 6.1, lg. r1). De fait, l'enseignement de l'algorithmique et celui de la programmation étaient nouveaux pour Viviane, ainsi elle a dû créer un ensemble de ressources pour enseigner ce thème dans le cycle 4 (§ 8).

Par rapport à *la fréquence des événements par année*, nous remarquons que Viviane a présenté 15 événements pour un intervalle de 18 ans. Quand nous mettons les événements identifiés sur une échelle de temps, certaines caractéristiques se démarquent dans la trajectoire documentaire (Figure 7.1).

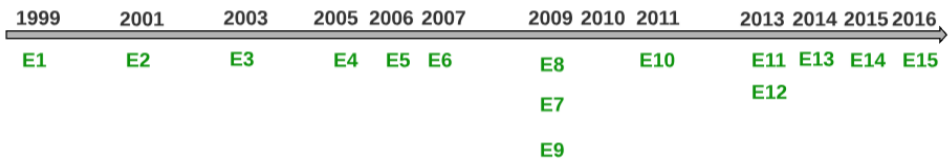

Figure 7.1 - Distribution d'événements par ans

En premier lieu, elle a présenté les événements d'une façon très régulière, c'est-à-dire chaque deux ans elle a identifié au moins un événement. En second lieu, les années 2009 et 2013 sont des années dans lesquelles la *fréquence des événements par année est considérée élevée*. Il est important de mettre en évidence ici que tandis qu'Anna essaye de trouver les grands *événements* de la trajectoire, Viviane était plus dans un processus de se rappeler des *ressources* qu'elle utilise et d'identifier à partir de quand elle a commencé à les utiliser et alors énoncer l'événement déclencheur. Ainsi, la distribution ne sert pas à comparer les deux trajectoires documentaires. Cependant, de même que dans le cas d'Anna, cette distribution sert comme un indice pour identifier des *événements symboliques de transition* et/ou des changements de *dominantes documentaires* dans le cas de Viviane.

En effet, nous avons identifié un événement symbolique de transition et, par conséquent, deux dominantes documentaires. L'événement symbolique de transition identifié est l'événement (ER7) « arrivée dans le collège CM », cette identification est soutenue par trois points : d'abord, il est présent dans une année où la fréquence est élevée ; ensuite, il déclenche d'autres événements ; de plus, il est placé dans un moment dans lequel nous pouvons identifier un changement de dominante documentaire. De fait, les événements avant ER7 étaient liés au travail dans son premier lycée et dans son premier collège, ces événements étaient en début de carrière au moment où l'enseignante créait ses ressources pour l'enseignement. Notre inférence est qu'à l'événement E7 la dominante documentaire a changé. Ceci est lié au fait qu'après cet événement Viviane a commencé à découvrir de nombreuses ressources en interagissant avec les collègues disponibles dans l'établissement et dans sa nouvelle académie. Nous citons l'exemple des ressources Sésamath (§ 3.1.2), des Rallyes de l'académie de Lyon, du début du partage des cours en ligne avec ses collègues par Dropbox (Annexe 1- Glossaire), entre autres ressources qu'elle a découvertes au collège CM. Ainsi, nous déduisons que la dominante documentaire avant « l'arrivée au collège CM » est la « création de ressources », et après la « découverte de nouvelles ressources ».

Dans la section suivante, nous présentons la catégorisation des ressources et des événements, comme la cartographie qui représente la trajectoire documentaire de Viviane.

7.1.2 L'ensemble des événements et des ressources cartographiées par Viviane

Dans cette section nous exposons les éléments structurants de la trajectoire documentaire de Viviane (§ 3.4.2). D'abord, nous catégorisons les *événements* présents dans sa trajectoire documentaire (§ 3.4.1), nous catégorisons les *ressources* présentées dans sa trajectoire (§ 3.4.1). Pour finir, nous exposons une transposition numérique de la cartographie réflexive de la trajectoire documentaire de Viviane.

Dans la section § 3.4.1, nous avons cinq catégories d'événements a priori. Ainsi, ici nous catégorisons les 15 événements réflexifs présentés par l'enseignante pour avoir une vision globale des types d'événements associés aux transformations les plus importantes dans son travail documentaire : (1) quatre événements dans la catégorie « événements liés à la vie d'établissement » ; (2) deux événements dans la catégorie « événements liés aux changements scolaires » ; (3) cinq événements dans la catégorie « événements liés aux travaux collectifs dans et hors établissement », mais dans le cas de Viviane les cinq collectifs sont situés dans l'établissement ; (4) un événement lié à la catégorie « événements liés aux changements de statuts de l'enseignant » ; (5) trois événements dans la catégorie « événements liés à la découverte d'une nouvelle ressource ».

D'après ce qui précède, nous constatons que la plupart des événements présentés par Viviane sont liés à son travail dans l'établissement (Rocha, Trouche & Gueudet, 2018). Ceci nous permet de faire l'hypothèse, à vérifier dans notre analyse, que les transformations dans le travail documentaire de Viviane sont fortement liées à ce qui se passe dans l'établissement où elle travaille. Cette caractéristique de la trajectoire documentaire de Viviane est très différente de celle d'Anna, pour qui le travail documentaire est impacté fortement par le travail collectif hors établissement.

Nous nous intéressons maintenant aux variétés de ressources présentées par Viviane. Ainsi, nous avons catégorisé les 28 ressources associées aux événements, nous avons : (1) six ressources « pour travailler avec les élèves » ; (2) sept ressources « pour se former » ; (3) deux ressources « curriculaires » ; (4) cinq ressources qui sont des « ressources issues des différents concepteurs dans l'enseignement de mathématiques » ; (5) trois liées aux ressources « produites dans le travail collectif » ; (6) cinq ressources « liées au numérique ».

Par rapport aux ressources présentées dans la cartographie nous soulignons que : dans le cas de Viviane les ressources pour se former sont plus nombreuses que dans le cas d'Anna ; Viviane présente très peu de ressources liées au travail collectif, tandis qu'Anna représente la plupart des ressources exposées ; Viviane présente plus de ressources issues des différents concepteurs dans l'enseignement de mathématiques qu'Anna. Dans le cas spécifique de Viviane, en observant la catégorie ressources numérique on remarque qu'elles sont aussi là pour être utilisées avec les élèves, ainsi si nous rassemblons les deux catégories (1) et (6) nous pouvons observer que parmi les ressources exposées dans la cartographie la plupart (douze) sont pour travailler avec les élèves.

Compte tenu de tout ce qui précède, nous avons créé une transposition numérique de la cartographie réflexive de la trajectoire documentaire de Viviane que nous présentons dans la Figure 7.3. Pour illustrer une partie de sa cartographie réflexive, nous présentons avant la version numérique un extrait de la cartographie faite par l'enseignante (Figure 7.2, la cartographie complète est présenté dans l'annexe 6).

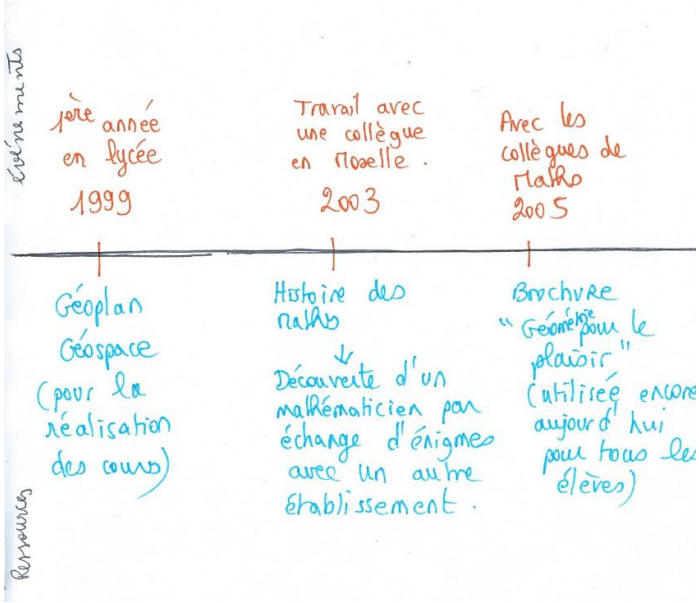

Figure 7.2 – Extrait du début de la CRTD faite par Viviane

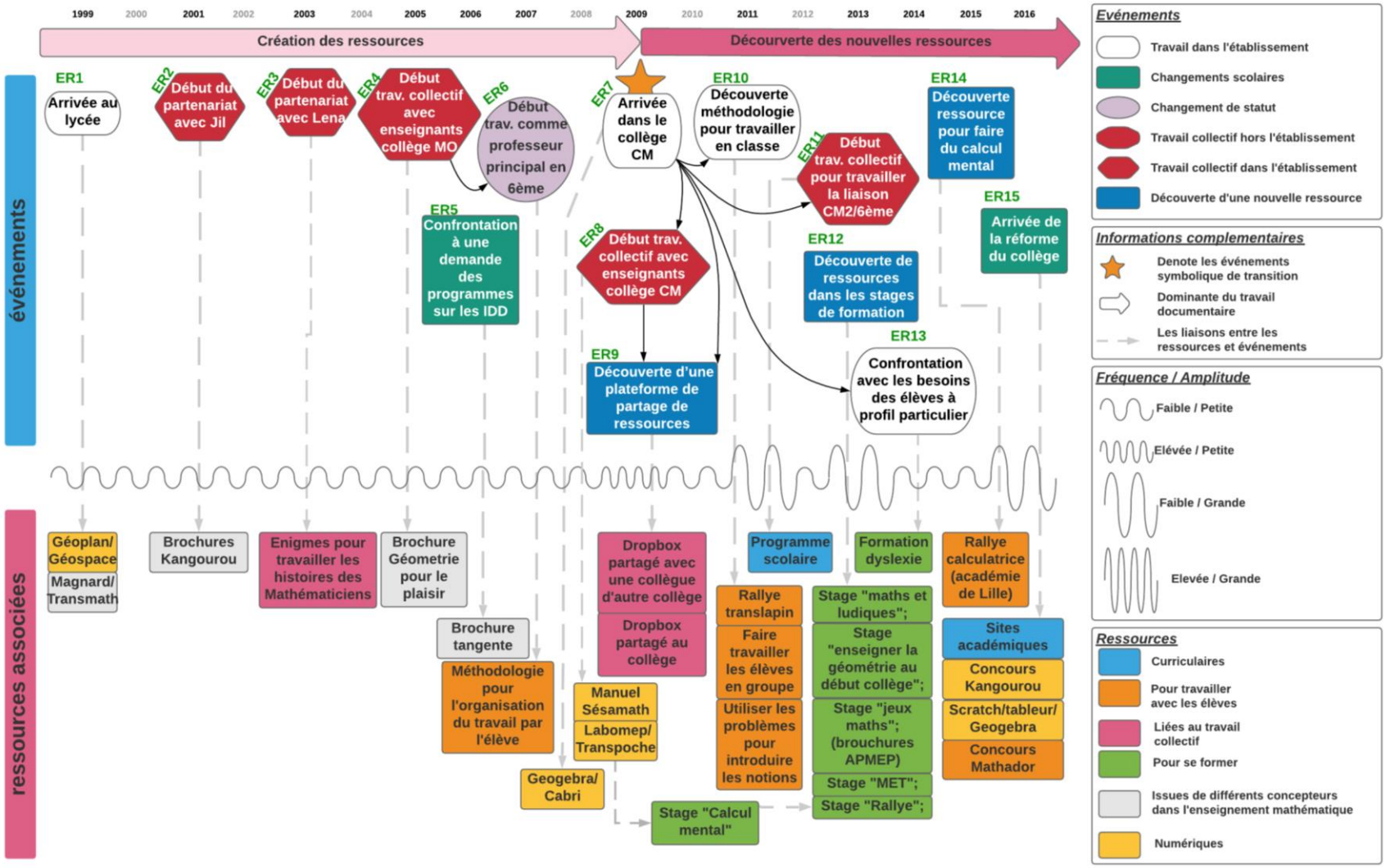

Figure 7.3 -Transposition numérique de la CRTD de Viviane avec des éléments d'analyse (faite le 19/06/2016 et révisée 20/03/2017)

De façon générale, les événements de la trajectoire documentaire de Viviane qui transforment son travail documentaire au long du temps sont fortement influencés par la vie dans l'établissement. De plus, dans son cas, la recherche par la formation continue impacte régulièrement son système de ressources. En outre, pendant sa carrière, il y a eu deux grands changements curriculaires, mais la loi du socle (Annexe 1- Glossaire) n'est pas présentée par Viviane comme un événement remarquable, contrairement au cas d'Anna.

7.2 Analyse de la trajectoire documentaire au travers de ses événements

Nous présentons dans cette partie une analyse plus locale en nous focalisant sur chaque événement réflexif présenté par Viviane et aussi en ajoutant certains événements inférés de l'analyse du discours (§ 2.5.3). Nous exposons aussi pour chaque événement une conséquence sur le travail documentaire de Viviane. Pour cela, nous séparons cette section en deux sous-sections liées aux deux périodes : création des ressources (§ 7.2.1) et découverte de nouvelles ressources (§ 7.2.2).

7.2.1 Période 1 : Création des ressources

Le premier événement de cette période est (ER1) « arrivée au lycée » dont la conséquence sur le travail documentaire de Viviane était de « créer les cours de façon intensive ». En effet, Viviane dit « *j'étais sur deux lycées, donc c'est vrai que j'avais déjà des échanges avec les collègues dans les deux lycées, mais je n'ai pas eu d'autres… il me semble que cette année-là je n'ai pas dû faire de stage. La première année j'étais focalisée sur les cours.* » (Annexe 6.2, c1). De plus, nous inférons dans cet extrait l'événement (EI1) « début du travail collectif avec les enseignants du lycée » dans lequel Viviane a pu « créer les cours en échangeant avec des enseignants plus expérimentés ». En effet, Viviane met en évidence le fait qu'au lycée elle était centrée sur les cours et que ses anciens enseignants (en tant qu'étudiante au lycée) l'aidaient à préparer ses cours. De plus, Viviane souligne :

> C'est vrai que le *lycée c'était ma première année en plus donc je découvrais le métier*, tu as des élèves, enfin déjà tu as un contenu qui est complètement différent… *Je trouve qu'au lycée on est vraiment très focalisé sur le contenu du cours*, c'est un peu plus théorique, *alors qu'au collège on pouvait se permettre de faire des activités un petit peu plus ludiques,* d'aborder les choses différemment, d'utiliser peut-être plus le jeu. Les élèves sont complètement différents. C'est surtout le contact avec les élèves qui fait qu'on peut aborder les choses différemment en fait. (Annexe 6.2, lg. r.10)

Dans cette citation nous remarquons que l'enseignante souligne la différence entre le travail au lycée et au collège. Selon elle, au lycée l'importance accordée au cours est considérée plus grande alors qu'au collège l'importance est liée à la création des situations didactiques

ludiques. Ainsi, par la suite dans son (EI2) « arrivé au collège CO » le travail documentaire de Viviane a été un support pour « créer les situations ludiques pour l'enseignement au collège ».

Par la suite Viviane évoque l'événement réflexif (ER2) « début du partenariat avec Jil », elle dit « *j'animais aussi un club jeux mathématiques avec une collègue et ça nous permettait de travailler surtout avec des choses du Kangourou. […] C'était au collège aussi […] : « Collège, club jeux » et je mets en dessous en bleu « brochures Kangourou »* (Annexe 1- Glossaire) ». (E3_Viviane_ETD, lg c3) Nous inférons ainsi que le partenariat avec Jil a permis de « préparer des situations pour faire apprendre les élèves à partir d'usage des questions du concours Kangourou ». Dans le même sens Viviane présente l'événement (ER3) « début du partenariat avec Lena » : « *on a fait beaucoup de recherche dans des livres, sur des sites particuliers, sur des mathématiciens. Et puis après on a mis en place une petite scène de théâtre avec le mathématicien choisi* » (Annexe 6.1, lg c2). Ainsi, nous remarquons que les deux enseignantes ont travaillé avec l'histoire des mathématiciens. De plus, Viviane a dit « *On faisait un échange d'énigmes avec les autres élèves, et le but c'était au fur et à mesure des énigmes de découvrir différents indices, pour qu'ils puissent découvrir notre mathématicien.* » (Annexe 6.1, lg c2). Nous déduisons ici que cet événement lui a permis de « créer des situations pour faire apprendre les mathématiques en liaison avec l'histoire de certains mathématiciens ». Il est important de souligner que ses partenariats avec les enseignants pour Viviane sont dans la plupart du temps basés sur le partage des tâches et l'échange des ressources, de temps en temps elle créait des projets communs avec ses collègues. Tandis qu'Anna, dans son travail avec ses partenaires documentaires, travaille en groupe pour créer les leçons et progressions communes.

Par la suite, l'événement identifié est (ER4) « début du travail collectif avec les enseignants collège MO » en l'aidant à « créer des projets thématiques communs et un échange régulier sur les pratiques au sein du collège ». Viviane en témoigne « *c'est vrai qu'on a beaucoup échangé dans nos pratiques de cours, des documents aussi, des activités, des devoirs, on a fait des devoirs communs… C'est vrai que là-dessus on a beaucoup travaillé avec les collègues.* » (Annexe 6.2, lg. c3). Nous observons dans cet extrait qu'elle souligne l'intensité de son travail avec des collègues d'établissements. De plus, elle a dit « *il y avait des projets aussi avec les collègues, on commençait un peu à faire des projets en commun, sur des thèmes communs. Et avec les collègues des autres matières, on arrivait à faire des activités en commun aussi.* ». (Annexe 6.2, lg. c3). Nous relevons ici la création de projets communs et la volonté de faire des situations didactiques communes au collège.

Par la suite, nous avons l'événement (ER5) « Confrontation d'une demande des programmes sur les itinéraires de découverte (IDD, Annexe 1- Glossaire) », Viviane souligne « *on avait dit les changements de programme, donc les IDD avaient amené un travail avec différentes disciplines. […] Effectivement à partir de différentes brochures et puis on avait cherché des thèmes un peu différents donc ça nous avait permis aussi d'utiliser par exemple le Tableur* (Annexe 1- Glossaire), *différentes ressources numériques.* » (E3_Viviane_ETD, lg. r4). Nous soulignons, dans l'extrait du discours de Viviane, que cet événement a permis d'« augmenter l'usage du numérique et amplifier le travail interdisciplinaire ». Le changement de programme a un impact sur le travail documentaire pour lequel elle présente une seule ressource, tandis que pour Anna le changement lié à l'arrivée de la loi du socle a amené une restructuration dans les ressources pour évaluer par compétence. Dans le cas de Viviane, nous n'avons pas trouvé dans son discours que cette loi ait été importante pour son travail documentaire.

Le dernier événement de cette période est (ER6) « début du travail comme professeur principal en 6ème » : « *quand j'étais prof principale par exemple en 6eme, où on devait faire de la méthodologie avec les élèves, je m'étais aussi documentée là-dessus pour savoir quel type de méthodologie on pouvait leur faire faire, l'utilisation du cahier de textes … etc.* » (Annexe 7.2, lg. r12). Nous notons que le changement de statut de Viviane a influencé son travail documentaire en amenant à « chercher des nouvelles méthodologies pour faire apprendre les élèves à organiser leur travail ». Viviane en témoigne en disant que c'était un travail « *pour toutes les disciplines donc que ce soit par exemple, comment utiliser son cahier de textes, comment apprendre une leçon, voilà. […] Organiser son travail, rechercher des informations importantes dans un énoncé, donc c'est à la fois mathématique et puis à la fois pour toutes les disciplines.* » (Annexe 7.2, lg. r12). Ainsi, cet événement a influencé le travail de Viviane avec les élèves.

Nous présentons ci-dessous un tableau avec le résumé de nos inférences des conséquences des événements sur le travail documentaire de Viviane.

Tableau 7.1 - Résumé avec les événements et conséquences sur le système de ressources

Événement réflexif ou inféré	*Conséquence sur le travail documentaire de Viviane*
(ER1) « Arrivée au lycée »	*Créer les cours pour le lycée de façon intensive*
(EI1) « Début du travail collectif avec les enseignants du lycée »	*Créer les cours en échangeant avec des enseignants plus expérimentés*
(EI2) « Arrivé au collège CO »	*Créer les situations ludiques pour l'enseignement au collège*

(ER2) « Début du partenariat avec Jil »	*Préparer des situations pour faire apprendre aux élèves à partir d'usage des questions du concours Kangourou*
(ER3) « Début du partenariat avec Lena »	*Créer des situations pour faire apprendre les mathématiques en liaison avec l'histoire de certains mathématiciens*
ER4) « Début du travail collectif avec les enseignants collège MO »	*Créer des projets thématiques communs et un échange régulier sur les pratiques au sein du collège*
(ER5) « Confrontation d'une demande des programmes sur les Itinéraires De Découverte »	*Augmenter l'usage du numérique et amplifier le travail interdisciplinaire*
(ER6) « Début du travail comme professeur principal au 6ème »	*Chercher des nouvelles méthodologies pour faire apprendre les élèves à organiser leur travail*

Nous remarquons que, globalement, les événements qui sont présents dans la trajectoire sont liés au travail dans son établissement, puisque les collectifs sont des collectifs de son établissement. Un changement scolaire apparaît dans sa trajectoire documentaire, mais l'impact sur son système de ressources semble être très local. Dans la section suivante, nous traitons les événements liés à la deuxième période.

7.2.2 Période 2 : Découverte de nouvelles ressources

Le premier événement de cette période est l'événement symbolique de transition (ER7) « arrivée dans le collège CM » qui a permis à Viviane de « découvrir de nouvelles ressources pour son enseignement ». Viviane le souligne *« en 2009, c'est vrai qu'on a eu un travail d'équipe important au collège CM donc ça a permis de découvrir pleins de choses donc, au départ on a travaillé avec le Geoplan* (Annexe 1- Glossaire) *c'était plutôt Cabri-Géomètre* (Annexe 1- Glossaire) *on va dire, avec Cabri. Et puis, j'ai, après j'ai commencé à découvrir GeoGebra.* (Annexe 1- Glossaire) *»* (Annexe 6.1, lg. r.3). Dans cet extrait, l'enseignant mentionne la découverte de la ressource GeoGebra, par exemple. Cet événement a déclenché d'autres événements (étant : ER8, ER9, ER10, ER11, ER12, ER13 et EI3). Une grande partie des ressources vient aussi du (ER8) « début du travail collectif avec les enseignants au collège CM ». En effet, elle a dit

> Alors avec l'ensemble des profs de maths, on échange tous. Selon le niveau qu'on a en fait, *on va échanger « tiens ça je vais l'échanger avec la collègue parce qu'elle a des 6e et ça avec l'autre collègue »* et puis après avec les collègues des autres matières aussi, sur des projets on échange aussi avec d'autres matières, mais dans une moindre mesure quand même. C'est surtout avec les professeurs de la matière. (Annexe 6.2, lg. c4)

Nous remarquons, dans cet extrait, que l'événement a permis à Viviane d'« échanger sur les pratiques, mutualiser les ressources et se former ensemble ». Il est important de souligner

que nous n'avons pas trouvé dans notre analyse d'éléments qui montrent les différences entre le travail documentaire réalisé avec les enseignants du collège MO et CM, Viviane a juste souligné qu'au collège CM, ils travaillent beaucoup plus collectivement.

Par ailleurs, c'est en travaillant avec les enseignants du collège qu'elle a fait la (ER9) « découverte d'une plateforme de partage de ressources ». Viviane en témoigne « *Dropbox, par exemple ça l'utilisation de la Dropbox c'était aussi quand je suis arrivée dans cette académie où les collègues ont proposé de partager nos ressources via la Dropbox. […] Donc ça, je pense qu'effectivement c'est quelque chose d'important aussi.* (Annexe 6.1, r10). Nous observons dans le discours de l'enseignant que la conséquence sur son travail documentaire a été d'« utiliser le partage en ligne pour échanger des ressources avec les collègues du collège ».

Par la suite, comme nous l'avons présenté plus haut (§ 7.1), Viviane souligne la (ER10) « découverte d'une méthodologie pour travailler en classe » quand elle est arrivée à l'académie de Lyon, qui l'a amené à « utiliser des problèmes de recherche pour introduire certaines notions ». En effet, Viviane nous a dit « *donc ça, je trouve c'est, une bonne façon pour les élèves de travailler en groupe, de partager, […]. C'est des problèmes de recherche et puis maintenant, du coup ça nous permet aussi de l'utiliser dans, nos cours justement.* » (Annexe 6.1, r13). Ces problèmes viennent la plupart du Rallye Transalpin et sont utilisés pour que les élèves fassent de la recherche en groupe. L'utilisation des rallyes et des concours est très fréquente dans les ressources utilisées pour Viviane avec ses élèves.

L'événement suivant est (ER11) « début du travail collectif pour travailler la liaison CM2/6ème » : « *la découverte de la liaison entre les écoles et le collège justement. Ça a permis d'utiliser pas mal de ressources de l'école primaire justement, donc de cycle 3, j'ai trouvé que c'était une belle découverte et un beau partage au niveau du travail.* » (Annexe 7.1, c.4) Ainsi, cet événement lui a permis de « créer des ressources exploitables dans l'école primaire et au 6ème ». Cet événement a été aussi présent dans notre analyse de la trajectoire documentaire d'Anna, il coïncide avec le mouvement vers la mise en œuvre de la réforme 2016. Dans le cas de Viviane son collège le faisait depuis 2013 pour travailler la transition entre les deux années.

Par la suite, Viviane évoque l'événement (ER12) « découverte des ressources dans les stages de formation » qui a permis à Viviane de « découvrir de nouvelles ressources et se former sur plusieurs thèmes de l'enseignement des mathématiques ». En effet, Viviane dit « *c'est vrai que…ces stages, ça permet quand même d'évoluer dans les pratiques. Par exemple on a eu un stage sur … les jeux en mathématiques. Donc « maths-ludiques », etc…, ça permet de justement en classe d'utiliser des jeux mathématiques pour les élèves.* » (Annexe 6.1, r7). Nous soulignons, dans le

discours de l'enseignant, qu'elle situe ces stages comme un déclencheur d'évolutions de ses pratiques en classe. Viviane précise un exemple de stage « *celui dont je me souviens, qui était très intéressant, c'était le calcul mental : ça nous a permis de faire beaucoup plus de choses en calcul mental, on a mis en place des petits diaporamas par exemple. Un que j'utilise encore, c'est celui sur l'introduction de la distributivité, pour le calcul littéral.* » (E3_Viviane_ETD, lg. r6). Cet extrait montre comment ces stages ont permis la découverte de nouvelles ressources. De plus, Viviane a fait des stages de formation aussi en raison de « confrontation avec de besoin des élèves à profil particulier » (ER13). Viviane a dit « *je me suis posé la question : comment travailler avec des élèves dyslexiques, comment aménager les cours, avec des couleurs.* » (Annexe 6.1, r5). Cet événement est en réponse à la présence des élèves dyslexiques dans sa classe, l'amenant à « créer des ressources pour des élèves à besoins spécifiques ».

L'événement suivant est (ER14) « découverte d'une ressource pour faire du calcul mental », dont Viviane précise « *c'est un Rallye [calculatrice] (Annexe 1- Glossaire) que j'ai découvert tout à fait par hasard sur internet. Et c'est un rallye de calcul mental en ligne en fait, qui est fait par l'académie de Lille.* » (Annexe 6.1, r13). Elle a utilisé ce rallye avec les élèves pour travailler le calcul mental. Nous avons pu confirmer l'intérêt de l'enseignante pour l'utilisation des rallyes pour l'enseignement des mathématiques. Nous remarquons que cet événement est très local puisqu'il est lié à l'usage d'une nouvelle ressource pour travailler le calcul mental, il a permis de « créer des nouvelles situations pour que les élèves s'entraînent au calcul mental ».

Par la suite, nous avons inféré un autre partenariat qui a eu des conséquences sur le travail documentaire de Viviane (EI3) « début du partenariat avec Jessica ». Viviane dit « *puis après, des moments d'échanges dans l'année, avec Jessica par exemple sur les 6èmes on travaille beaucoup ensemble, donc on échange nos documents, on se demande « comment ça s'est passé avec toi ? », on essaye de se mettre au point.* » (E3_Viviane_ETD, lg. r6). De plus, nous avons suivi le travail de Viviane en classe et nous avons fait un entretien avec les deux enseignantes sur la préparation des leçons qui montrent un travail de production collectif de ressources (§ 8). Nous concluons ainsi que le partenariat de Viviane avec Jessica permet de « partager le travail de création des cours et des progressions pour son enseignement ».

Le dernier événement repéré par Viviane est (ER15) « Arrivée de la réforme du collège » elle a dit « *on a été amené surtout à travailler sur l'algorithmique puisque c'est la grosse partie du programme. Donc ça m'a permis de découvrir le logiciel Scratch que je ne connaissais pas. Enfin je connaissais juste pour les jeux pour les enfants, mais c'est tout.* » (Annexe 7.1, r1). Cet événement a demandé à l'enseignante de « créer un ensemble de ressources pour le thème algorithmique et

programmation » (§ 8). Viviane précise « *après, peut-être qu'avec les réformes aussi, on a été consulter davantage les différents livres qui sont sortis. C'est vrai qu'on a feuilleté beaucoup les manuels papier pour voir un peu leur contenu.* » (E3_Viviane_ETD, lg. r1). De plus, Viviane a participé aussi à la formation donnée par les inspecteurs basée sur l'usage du logiciel Scratch au collège. Nous remarquons que cet événement a exigé l'utilisation et la recherche de nouvelles ressources, en ayant un impact important sur le travail documentaire de Viviane.

Dans le tableau ci-dessous, nous présentons les événements et leurs conséquences respectives sur le travail documentaire de Viviane.

Tableau 7.2 - Résumé des événements traités

Événement réflexif ou inféré	*Conséquence sur le travail documentaire de Viviane*
(ER7) « Arrivée dans le collège CM »	*Découvrir de nouvelles ressources pour son enseignement*
(ER8) « Début du travail collectif avec les enseignants au collège CM »	*Echanger sur les pratiques, mutualiser les ressources et se former ensemble*
(ER9) « Découverte d'une plateforme de partage de ressources »	*Utiliser le partage en ligne pour échanger des ressources avec les collègues du collège*
(ER10) « Découverte d'une méthodologie pour travailler en classe »	*Utiliser des problèmes de recherche pour introduire certaines notions*
(ER11) « Début du travail collectif pour travailler la liaison CM2/6ème »	*Créer des ressources exploitables à l'école primaire et en 6ème*
(ER12) « Découverte des ressources dans les stages de formation »	*Découvrir de nouvelles ressources et se former sur plusieurs thèmes sur l'enseignement de mathématiques*
(ER13) « Confrontation avec de besoin des élèves à profil particulier »	*Créer des ressources pour des élèves à besoins spécifiques*
(ER14) « Découverte d'une ressource pour faire du calcul mental »	*Créer des nouvelles situations pour que les élèves s'entraînent au calcul mental*
(EI3) « Début du partenariat avec Jessica »	*Partager le travail de création des cours et des progressions pour son enseignement*
(ER15) « Arrivée de la réforme du collège »	*Créer un ensemble de ressources pour le thème algorithmique et programmation*

De façon générale, cette période a été beaucoup touchée par le changement d'établissement de Viviane ce qui a permis la découverte de plusieurs ressources. Ensuite, la participation à des stages pour renouveler sa pratique est très importante dans la trajectoire documentaire de Viviane. De plus, le changement de programme est un événement qui a eu un impact

important sur sa création de ressources. Pour finir, la dimension collective de son travail documentaire est présente dans le travail collectif dans son établissement. Dans la section suivante, nous proposons une conclusion partielle.

7.2.3 Résultats partiels

Dans la période 1, les événements sont marqués par le passage lycée/collège, d'ailleurs, nous observons que la plupart sont liés au travail collectif avec les enseignants dans les deux établissements. Par ailleurs, l'événement « confrontation d'une demande des programmes sur les Itinéraires De Découverte » a eu des conséquences sur son travail documentaire en l'amenant à utiliser une brochure. Pour finir, nous avons aussi repéré un événement lié au changement de statut, puisque Viviane était enseignante responsable pour réfléchir aux ressources pour travailler en 6ème.

Dans la période 2, les événements sont marqués par le changement de collège qui a rendu possible la découverte d'un ensemble de nouvelles ressources. D'ailleurs, cette découverte de ressources s'est faite à partir des stages de formation que Viviane fait avec ses collègues d'établissement. En outre, le travail collectif est aussi lié au travail fait au collège MA, puisqu'elle ne participe pas à des collectifs hors établissements. Enfin, nous avons repéré que la réforme de 2016 a été aussi marquante dans la trajectoire documentaire de Viviane.

7.3 Les transformations du système de ressources de l'enseignant au long du temps

Nous présentons dans cette section nos analyses relatives aux transformations dans le système de ressources (§ 2.2.3) de Viviane au long du temps. Pour cela nous présentons l'analyse en deux sous-sections liées aux deux dominantes documentaires : création des ressources (§ 7.3.1) et découverte de nouvelles ressources (§ 7.3.2).

7.3.1 Période 1 : Création des ressources

Dans la Figure 7.4 nous présentons la CRTD faite par Viviane qui contient les ressources que l'enseignante se souvient avoir utilisées dans les cinq premières années de carrière.

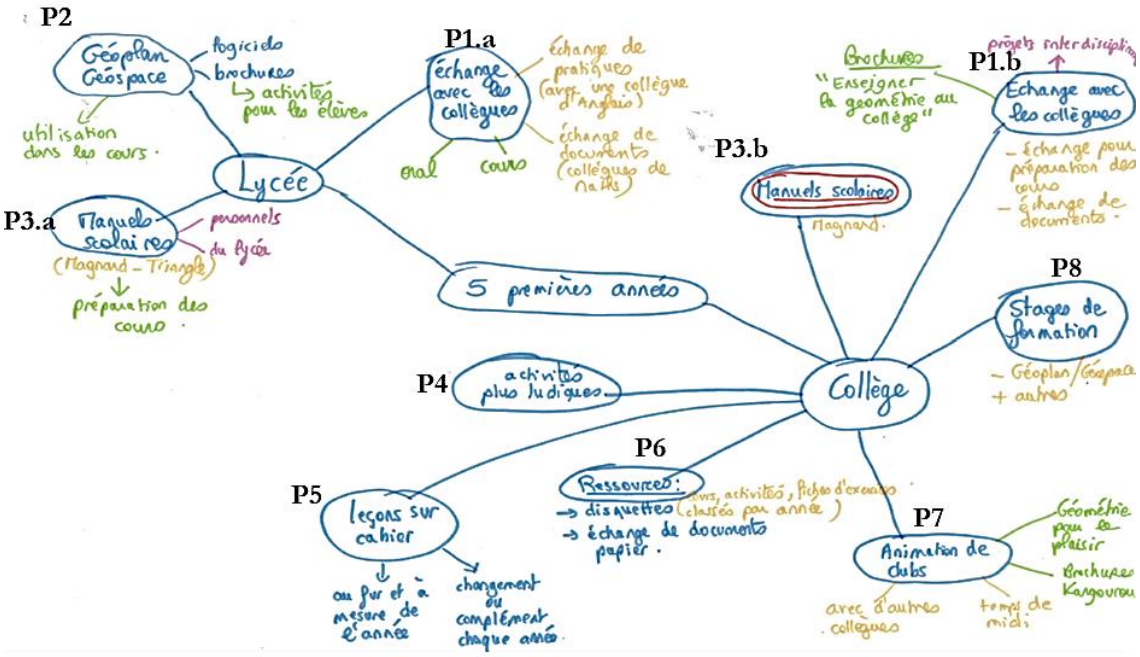

Figure 7.4 - Cartographie réflexive du système de ressources de Viviane en début de carrière crée le 26 juin 2017 (nous avons ajouté les textes en noir pour guider l'analyse)

En prenant en compte la *structure générale de la cartographie* (§ 3.4.1) nous pouvons mettre en évidence certaines caractéristiques du système de ressources de Viviane. Pour cela, nous faisons une description des points principaux de cette cartographie : P1 contient les ressources liées aux échanges avec les autres enseignants au lycée (P1.a) et au collège (P1.b) ; P2 comporte les ressources numériques utilisées au lycée ; le point P3 concerne les manuels scolaires, utilisés au lycée (P3.a) et au collège (P3.b) ; P4 concerne les ressources liées aux situations didactiques ludiques ; P5 et P6 contiennent les ressources pour stocker les cours ; P7 est relatif aux ressources utilisées pour faire vivre les clubs avec les élèves ; et P8 contient les ressources liées aux stages de formation auxquels Viviane a participé.

En ce qui concerne la *localisation ou position des termes dans la cartographie*, nous remarquons que la cartographie se divise en deux niveaux principaux : d'un côté les ressources liées à son travail au lycée et de l'autre côté les ressources liées à son travail au collège. Pendant l'entretien Viviane, cherchait à respecter les mêmes points des deux côtés, mais, selon elle, comme elle avait travaillé seulement un an au lycée, elle avait moins de ressources à identifier. Ainsi, la plupart des ressources sont liées au travail au collège. Pour les deux niveaux, elle présente des sous-niveaux qui n'ont pas de distinction hiérarchique, excepté le manuel

scolaire (P3.B) qui est considéré comme la ressource la plus importante pour elle à cette époque, elle a dit « *je dirais que la première ressource vraiment de ma carrière, c'était l'utilisation des manuels scolaires*. » (Annexe 6.2, lg. r1).

Par rapport aux sous-niveaux présentés dans la Figure 7.4, nous remarquons qu'ils sont des *regroupements* de ressources. Nous citons l'exemple de ressources pour « l'échange avec les collègues » (P1.a et P1.B) qui désignent l'ensemble de ressources et aussi échange sur les pratiques avec les collègues de son établissement. Il faut souligner que Viviane ne précise pas les ressources ni les pratiques échangées, alors nous avons juste une idée globale d'existence de ces ressources. C'est le cas pour la plupart des regroupements proposés par Viviane. Par rapport aux termes influant et influencés, Viviane ne présente pas de liaisons entre les différents sous-niveaux, ainsi nous ne les avons pas identifiés.

Parmi les ressources présentées dans la Figure 7.3, nous soulignons deux ressources présentées par Viviane. La première est la « brochure Géométrie pour le plaisir (Annexe 1-Glossaire) » qui est utilisée par Viviane depuis le début de sa carrière jusqu'aujourd'hui. En effet, Viviane a dit « *Je te mets peut-être « Géométrie pour le plaisir » parce que ce sont des brochures qu'on a utilisées et que j'utilise toujours d'ailleurs. Je les utilise depuis ce moment-là [début de carrière].* » (Annexe 6.1, lg. r4). Cette brochure a été utilisée pour faire faire aux élèves des constructions géométriques plus ludiques. La deuxième est les logiciels « Geoplan et Geospace » qu'elle a découverts dans sa première année au lycée et qu'elle a continué à utiliser au collège. Elle a dit « *J'ai un peu découvert par moi-même [à utiliser les logiciels]. Et puis les collègues m'avaient aussi un peu montré comment ça fonctionnait. Après, je crois que c'était l'année suivante, je ne saurais plus situer exactement, j'avais demandé une formation pour l'utilisation de ces logiciels*. » (Annexe 6.2, lg. r2). Viviane a utilisé cette ressource pour travailler la géométrie avec ses élèves au lycée, mais aussi au collège pendant très longtemps.

Pour avoir une vision élargie du système de ressources de cette période, nous avons rassemblé les ressources présentées dans la CRTD (Figure 7.1) et la CRSR (Figure 7.3), puis nous les avons catégorisées et créé la cartographie inférée présentée dans la Figure 7.5.

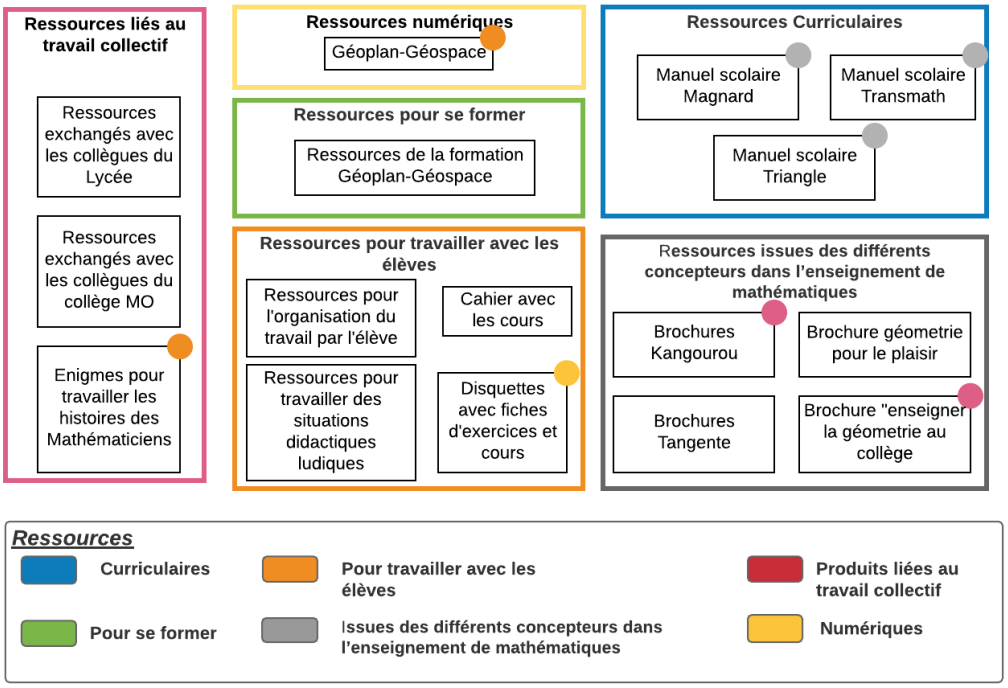

Figure 7.5 - Cartographie inférée du système de ressources de Viviane pour la période 1

En nous basant sur la Figure 7.5, nous attirons l'attention sur cinq caractéristiques qui nous aideront à identifier des transformations dans le système de ressources de Viviane. La première caractéristique est liée aux différents manuels scolaires présentés par l'enseignant, surtout le manuel Magnard et le manuel Triangle qui sont des ressources mères (§ 2. 2.2) présentes depuis longtemps dans son système de ressources. De même, nous repérons les brochures Kangourou et Géométrie pour le plaisir qui sont des ressources utilisées depuis longtemps pour son travail documentaire. Ensuite, nous attirons l'attention sur l'apparition du numérique dans son système de ressources à travers l'utilisation d'un logiciel mathématique et aussi la sauvegarde sur disquette de ses cours. Par la suite, les ressources liées au travail collectif dans son établissement ne sont pas spécifiées, mais sont reconnues comme importantes par l'enseignante. La dernière caractéristique est liée à la première formation à laquelle l'enseignante s'est s'inscrite pour connaitre de nouvelles ressources, ce qui sera un trait d'expérience documentaire qui guidera son travail documentaire sur le long terme (voir § 7.5.2 le trait d'expérience T15 : « aujourd'hui, je pense que les stages des formations me permettent de renouveler nos pratiques ensemble. »).

7.3.2 Période 2 : Découverte de nouvelles ressources

Cette période est marquée par le changement d'établissement qui a favorisé la découverte d'un ensemble de ressources par Viviane. Nous avons demandé à Viviane de cartographier

les ressources qu'elle utilise dans les dernières années, ainsi elle a produit la cartographie réflexive de son système de ressources (Figure 7.6).

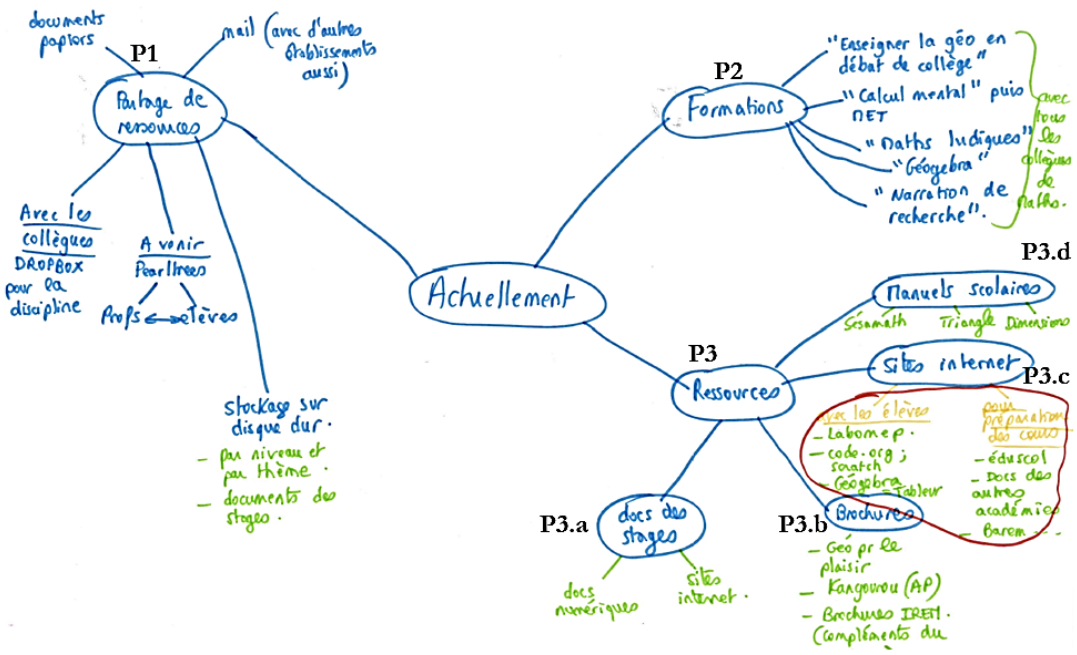

Figure 7.6 - Cartographie réflexive du système de ressources de Viviane pendant les cinq dernières années. Créée le 26 juin 2017 (nous avons ajouté les textes en noir pour guider l'analyse)

Nous traitons d'abord de la *structure générale de la cartographie* (§ 3.4.1). Nous analysons ainsi les éléments présents dans la Figure 7.6 qui sont séparés par les points que nous avons marqués sur la cartographie (dénoté en gras P1, P2 et P3 qui correspond à trois pôles). Le premier point est P1 qui contient les ressources associées au partage des ressources dans l'établissement. Le deuxième concerne les ressources issues des formations auxquelles elle a participé. Le dernier point est lié aux ressources qu'elle utilise pour préparer son enseignement et avec les élèves.

Par rapport à la *localisation ou position des termes dans la cartographie*, pendant l'entretien nous avons demandé à Viviane de souligner les ressources qui sont fondamentales pour son travail, ainsi le cercle rouge sur les ressources provenant des « sites internet » a été fait. Dans la première période, la ressource la plus importante était le manuel scolaire, mais ici celui-ci a changé et les ressources les plus importantes sont les sites internet. Cependant, le manuel est encore considéré comme une ressource très importante et très utilisée par l'enseignante. Elle dit « *Je pense que […] la façon de concevoir les cours est complètement différente puisqu'on n'utilise plus seulement les manuels, mais on essaye beaucoup d'être plus diversifié donc on va plus se tourner vers les documents proposés par Eduscol, par les sites internet, etc.* » (Annexe 6.2, lg. r1). Nous remarquons ici qu'avant l'enseignant se basait beaucoup plus sur le manuel scolaire et que maintenant elle diversifie davantage les ressources utilisées pour faire ses cours.

Nous remarquons aussi dans la Figure 7.6 que les trois grands niveaux (P1, P2 et P3) présents pour cette période étaient déjà présents dans la période antérieure qui concernait le travail au collège. Cependant, ici elle crée un regroupement qui sépare son système de ressources en trois groupes : ressources pour partager (P1), ressources pour se former (P2) et ressources personnelles (P3). Ce regroupement montre une structuration de son système de ressources. Par rapport à P1, nous remarquons la présence des ressources numériques pour faire le partage en ligne. Ainsi, Viviane partage une partie de ses ressources avec les collègues et peut accéder aux leurs aussi. Dans son collège, quand ils ont un projet commun, le partage se fait par Dropbox. Elle précise « *Dropbox on met en commun… Je vais te donner un exemple. Là sur les constructions géométriques, on a mis en commun des constructions géométriques qu'on avait préparées ensemble, ce sont des choses qu'on met et qui sont à disposition de tous les collègues.* » (E2_Viviane_VG, lg. c2). Nous observons dans cet extrait un exemple de partage de ressources en ligne entre les enseignants du collège. De plus, nous avons demandé à Viviane si elle partageait des ressources via Dropbox avec des enseignants hors établissements, alors elle a indiqué l'existence d'un dossier avec une collègue d'autre établissement pour échanger des ressources de temps en temps.

Par rapport aux ressources pour se former, comme nous l'avons souligné dans la CRTD, les ressources issues des stages ont une place très importante dans le renouvellement de sa pratique. Il est important de souligner qu'elle essaye de faire le stage en groupe avec les autres enseignants du collège CM. Elle a dit par rapport à sa participation dans le stage « maths ludiques ».

> C'était l'envie de le faire, mais de ne pas savoir comment faire et puis de *ne pas avoir suffisamment de ressources en fait.* Et puis c'est vrai que grâce à ce stage on *a eu plein de ressources qu'on peut utiliser en classe.* Qu'on utilise d'ailleurs. *On a fabriqué des petits jeux qu'on échange entre collègues,* et qui nous permettent d'aborder les notions d'une autre façon. C'était une envie de faire, mais il nous fallait des documents, des idées pour démarrer en fait. *C'est vraiment les essentiels, après on en a fait d'autres, des formations.* C'est vraiment ce qui nous a *donné envie d'aller plus loin.* (Annexe 6.2, lg. r8)

Nous avons dans cet extrait de Viviane les contributions de ce stage pour son travail documentaire qui répond à un manque de ressources perçu par l'enseignante. Par ailleurs, elle a participé avec les collègues d'établissement à ce stage ce qui a permis après un échange sur les pratiques sur les jeux qu'ils ont créés.

Par rapport aux ressources personnelles, elle présente quatre ensembles : ressources de stage (P3.a), brochures (P3.b), sites internet (P3.c) et manuels scolaires (P3.d). Dans le cas des ressources de stage (P3.a), cet ensemble désigne les ressources numériques récupérées lors des stages auxquelles elle a participé. En ce qui concerne les ressources issues des différents

concepteurs dans l'enseignement de mathématiques (P3.b) nous observons que les brochures Géométrie pour le plaisir et Kangourou sont des ressources utilisées depuis le début de sa carrière. Dans ce point, elle présente aussi les brochures IREM qu'elle a commencé à utiliser comme une ressource complémentaire pour préparer le cours : « *je dirais plus pour agrémenter le cours que pour le préparer. Un peu en complément* » (Annexe 6.2, lg. r11). Par rapport aux sites internet (P3.c) et au manuel (P3.d), nous avons déjà présenté le rôle central de ces ressources dans le travail documentaire de Viviane (section précédente). Nous pouvons voir ici que cette ressource est secondaire pour Viviane tandis que pour Anna elle est fondamentale pour créer ses cours.

En prenant en compte les ressources présentées dans cette section et dans la CRTD de Viviane (§ 7.1), nous avons catégorisé les ressources présentées par Viviane. Il en résulte la CISR de Viviane présentée ci-dessous.

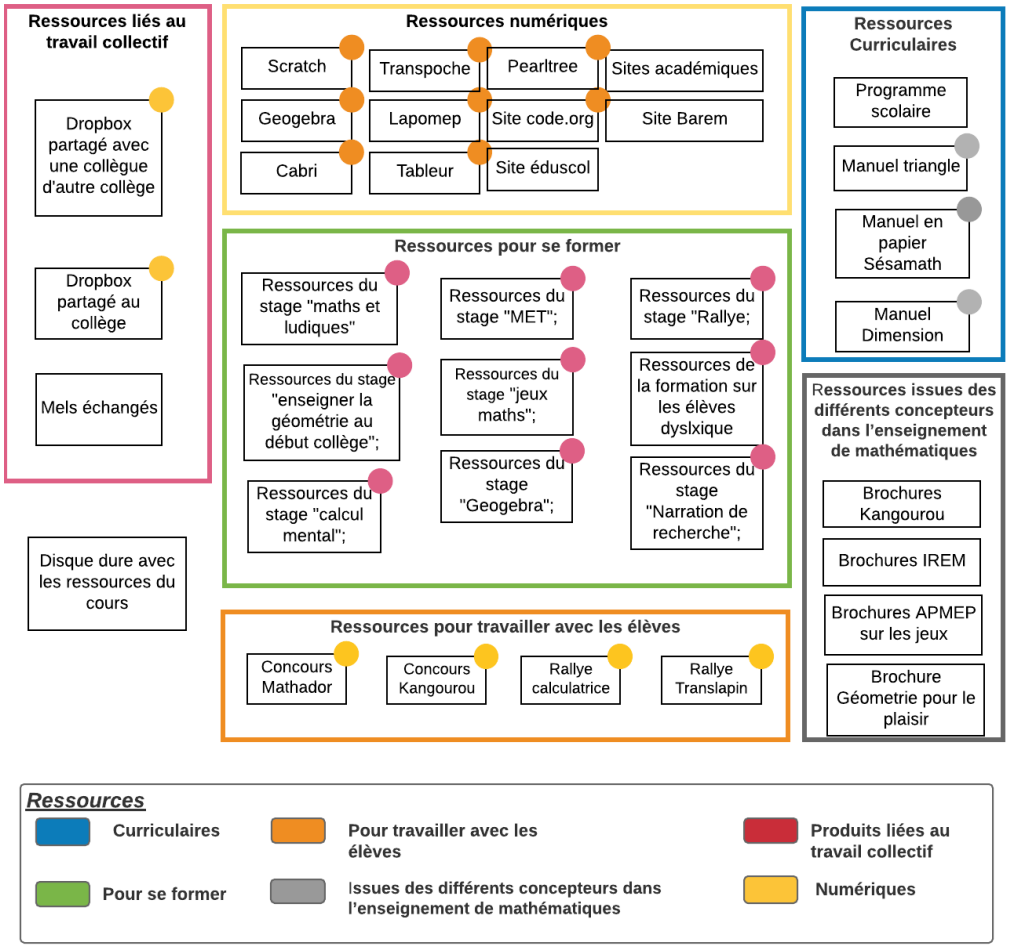

Figure 7.7- Cartographie inférée du système de ressources de Viviane pour la période 2

Dans la Figure 7.7, nous avons l'ensemble des ressources identifiées dans leurs catégories respectives. Nous attirons l'attention sur quatre points. Les manuels scolaires continuent à

être des ressources importantes pour créer les cours et les situations didactiques pour travailler avec les élèves. Les brochures Kangourou et Géométrie pour le plaisir sont utilisées par l'enseignante régulièrement et depuis longtemps. Ensuite, le numérique est présent à travers l'usage de plusieurs logiciels avec les élèves et des sites pour avoir des idées pour son cours. Par la suite, nous remarquons que l'échange de ressources est constant au collège CM et que les enseignants cherchent à faire des stages de formation en groupe pour renouveler leurs ressources. Ainsi, en dernier, nous relevons que la participation de Viviane à plusieurs stages a fortement impacté son système de ressources.

7.3.3 Résultats partiels

Dans la Période 1, nous avons repéré que pour la préparation de son cours Viviane utilisait tous les jours et presque exclusivement le manuel scolaire. De plus, elle a commencé à utiliser les ressources numériques au travers d'un logiciel. En outre, les ressources échangées avec les collègues complètent son cours. Par ailleurs, les ressources « stage de formation » commencent à intégrer sa pratique. Enfin, certaines brochures sont utilisées pour certains domaines ou projets, c'est le cas respectivement des brochures Géométrie pour le plaisir et Kangourou.

Dans la Période 2, nous avons déduit certaines transformations et continuités dans le système de ressources de Viviane. D'abord, le manuel scolaire n'est plus considéré comme une ressource fondamentale par Viviane, même s'il est encore fortement utilisé. De plus, l'enseignante cherche à diversifier les ressources utilisées pour faire le cours en utilisant des sites internet officiels. Par ailleurs, le numérique est aussi plus utilisé avec les élèves à travers l'usage de plusieurs logiciels et aussi pour partager des ressources en ligne avec les enseignants du collège. En outre, des ressources provenant des stages ont un rôle structurant et plus marquant dans son système de ressources en faisant évoluer sa pratique et celle de ses collègues dans l'établissement. Pour finir, les brochures Géométrie pour le plaisir et Kangourou continuent à être utilisées et d'autres sont adoptés comme celle de l'IREM.

7.4 L'impact du travail collectif sur le travail documentaire de Viviane

Nous présentons dans cette section notre analyse de la dimension collective du travail documentaire des enseignants. Nous présentons les *collectifs de pensée* et leurs respectifs *styles de pensée* (§ 2.3.2) identifiés dans les quatre entretiens réalisés avec Viviane (entretien de repérage (Annexe 6.1) ; entretien de visite guidée (E2_Viviane_VG) ; entretien d'exploration (E3_Viviane_ETD) ; et entretien pour cartographier le système de ressources (Annexe 6 .2). Nous présentons dans cette section d'abord les collectifs relatifs à la première période et

ensuite les collectifs relatifs à la deuxième période. Nous séparons cette section en deux parties : création des ressources (§ 7.4.1) et découverte de nouvelles ressources (§ 7.4.2).

7.4.1 Période 1 : Création des ressources

Nous présentons dans cette section l'analyse des quatre collectifs rencontrés pour cette période séparée en trois parties : d'abord, nous présentons le collectif des enseignants au lycée (C.1 .1) ; ensuite, le collectif des enseignants au collège MO (C.1.2) ; et pour finir, nous traitons les deux partenariats identifiés dans cette période (C.1.3).

C.1.1. Collectif des enseignants au lycée

Viviane a passé un an à travailler au Lycée, impliquée dans le premier collectif que nous avons identifié qui avait un apport pour son travail documentaire. En effet, Viviane déclare « *après j'ai vraiment utilisé ce que les collègues m'ont apporté donc on a beaucoup travaillé ensemble. En fait j'ai retrouvé mes anciens profs de lycée et donc on a travaillé ensemble à la préparation des cours.* » (Annexe 6.2, c1). De plus Viviane note dans sa CRSR qu'elle échangeait sur ses pratiques avec ses collègues du lycée et des ressources. D'ailleurs, elle souligne aussi que l'échange était plutôt à l'oral et pour préparer son cours. Parmi les collègues, elle cite un exemple d'échange avec l'enseignant d'anglais, elle dit « *alors je me souviens avoir travaillé avec une collègue d'anglais, on échangeait plus sur la pédagogie en fait. Et après sinon, les échanges de pratiques c'était plus avec les collègues de maths.* » (Annexe 6.2, c1). Nous avons très peu de données relatives à ce collectif, mais les extraits présentés ici nous aident à inférer certains aspects du style de pensée de ce collectif.

- *Méthode de création de ressources :* les enseignants échangent oralement et préparent les cours ensemble ;
- *Quelques éléments du système de ressources du collectif :* cours (Annexe 1-Glossaire) ;
- *Jugements communs :* l'échange sur les pratiques peut améliorer le cours et la pédagogie en classe.

Ce collectif selon Viviane avait un intérêt commun à un moment donné à « créer les cours collectivement et échanger sur des pratiques au lycée ».

C.1.2. Collectifs des enseignants au collège CMO ;

Après, son année au lycée, Viviane intègre son premier collège, le collège MO, où elle commence à travailler avec les enseignants de ce collège, elle déclare « *c'est vrai qu'on travaillait pas mal avec les collègues, j'ai toujours bien travaillé en équipe avec les collègues. C'est vrai pendant cette période-là c'était un peu la même chose, c'est-à-dire qu'on travaillait beaucoup avec les manuels quand même.* » (E3_Viviane_ETD, c2). Nous observons dans cet extrait que le travail avec les collègues est

courant dans son travail documentaire, en particulier le travail au collège MO où ils utilisaient beaucoup les manuels scolaires. Viviane ajoute « *c'est vrai qu'on a beaucoup échangé dans nos pratiques de cours, des documents aussi, des activités, des devoirs, on a fait des devoirs communs… C'est vrai que là-dessus on a beaucoup travaillé avec les collègues.* » (E3_Viviane_ETD, c2). Viviane souligne que, avec les enseignants du collège MO, elle échangeait sur les pratiques de cours et elle échangeait des ressources, comme des devoirs communs, mais elle ne préparait pas avec eux les cours. Cependant, elle met en évidence la création de projets communs interdisciplinaires. En effet, elle précise « il *y avait des projets aussi avec les collègues, on commençait un peu à faire des projets en commun, sur des thèmes communs. Et avec les collègues des autres matières, on arrivait à faire des activités en commun aussi.* » (Annexe 6.2, c3).

En prenant en compte ce qui a été exposé, nous déduisons certains aspects du style de pensée de ce collectif :

- *Méthode de création de ressources :* les enseignants échangeaient par mel ou collège des ressources, en particulier des devoirs communs ; ils travaillaient aussi sur des projets interdisciplinaires communs au collège ;
- *Quelques éléments du système de ressources du collectif* : devoirs communs, ressources des projets communs ;
- *Jugements communs :* il est important de travailler avec des devoirs communs ; il est important de faire un enseignement interdisciplinaire.

Basés sur ce que nous avons exposé ici, nous inférons un intérêt commun de ce collectif à un moment donné qui était de « travailler l'interdisciplinarité à travers de projets et homogénéiser les devoirs de mathématiques dans le collège ».

C.1.3. Partenariat avec Jil et partenariat avec Lena

Dans le collège MO nous avons identifié deux partenariats établis par Viviane avec des enseignants : partenariat avec Jil et partenariat avec Lena. Pour la première, nous avons très peu des données sur le travail collectif qu'elles ont fait ensemble. Viviane dit seulement «

> Par contre j'animais aussi un club jeux mathématiques avec une collègue et ça nous permettait de travailler surtout avec des choses du Kangourou. On pourrait l'ajouter, je ne sais s'il faut mettre une année peut-être ? 2001. C'était au collège aussi, je te le remets. « Collège, club jeux » et je mets en dessous en bleu « brochures Kangourou ». (E3_Viviane_ETD, c3)

Nous pouvons juste observer qu'elles ont créé ensemble un club en utilisant les brochures Kangourou. Par contre, celui pour lequel que nous avons un peu plus des données est le partenariat avec Lena. Viviane souligne « *fin en particulier avec une collègue, on a échangé avec des*

classes de…6eme d'un autre collège en fait. Et on a fait un échange sur le thème des mathématiciens. » (Annexe 6.1, lg. c12). Nous remarquons ici que les enseignants ont fait des échanges de ressources pour travailler sur l'histoire de mathématiciens. Viviane précise « *et donc on faisait un échange d'énigmes avec les autres élèves, et le but c'était au fur et à mesure des énigmes de découvrir différents indices, pour qu'ils puissent découvrir notre mathématicien.* » (Ibid.). Ainsi, la ressource produite dans le travail avec Lena avait comme objectif travailler avec des énigmes avec les élèves. Elle souligne « *c'est vrai que du coup on a fait beaucoup de recherche dans des livres, sur des sites particuliers sur des mathématiciens.* » (Ibid.). Nous observons ici que Viviane et Lena ont du faire des recherches des ressources pour travailler l'histoire de mathématiciens. De plus elle a dit aussi « *donc ça c'est vrai c'était un travail super intéressant et on a, on a découvert pleins de choses sur l'histoire des mathématiques en fait.* » (Ibid.). Alors, en prenant en compte ce qui nous venons de présenter, nous repérons certains points liés au style de pensée du partenariat avec Lena :

- *Méthode de création de ressources :* les enseignants ont fait de recherche des livres et site internet pour connaitre l'histoire de certains mathématiciens ; elles ont fait des énigmes pour que les élèves puissent découvrir le mathématicien étudié ;
- *Quelques éléments du système de ressources du collectif :* énigmes créées ;
- *Jugements communs :* il est important d'articuler l'enseignement de mathématiques et l'histoire des mathématiciens.

Alors, nous inférons un intérêt commun du travail entre Viviane et Lena a un moment donné était de « créer des énigmes en liant l'enseignement des mathématiques et l'histoire de mathématiciens ».

7.4.2 Période 2 : Découverte de nouvelles ressources

Dans cette section, nous présentons trois collectifs identifiés dans cette période : (C.2.1) collectif des enseignants des mathématiques du collège CM ; (C.2.2) collectifs des enseignants du cycle 3 ; et (C.2.3) partenariat avec Viviane.

C.2.1. Collectif des enseignants des mathématiques du collège CM ;

Le premier collectif de cette période est constitué avec les enseignants du collège CM comme nous avons présenté avant (§ 7.2.2) ce collectif est très important pour le travail documentaire de Viviane. Les enseignants de mathématiques échangent des ressources selon les niveaux où ils travaillent. Une partie des échanges des ressources est faite par Dropbox Viviane a dit « *donc avec les collègues, c'est vrai que quand je suis arrivée ici, c'est quand même assez récent, on a créé une Dropbox pour partager nos cours, toutes nos activités, les évaluations, etc. c'est vraiment un outil qu'on utilise*

toujours. » (Annexe 6.2, c4). Nous observons dans cet extrait que la ressource Dropbox est utilisée tous les jours avec les collègues. Viviane précise « *c'est vrai que nous, on utilise essentiellement la Dropbox ; après on utilise encore aussi les documents papier de temps en temps, mais beaucoup moins ; et puis l'échange par mels, quand c'est sur des petites activités, décider, etc. Mais c'est essentiellement ce qu'on utilise* » (Ibid.). Viviane souligne dans cet extrait que l'échange des ressources est fait essentiellement sur Dropbox, mais quand c'est des petites activités à « décider » les interactions sont faites par mel.

Dans ce collectif, ils partagent la création des progressions pour les années, par exemple, pour l'année scolaire de 2016-2017, Viviane et Jessica étaient responsables de la progression du sixième et les autres collègues pour les autres années. Pendant l'entretien de visite guidée, elle nous a montré les progressions faites par les autres collègues sur Dropbox. De plus, elle présente une autre ressource commune aux enseignants qui est décidée ensemble qui est le *sommaire*. Elle a dit « *C'est notre sommaire à nous. Je te le montre. C'est un sommaire de notre cahier de leçon, qu'on donne à nos élèves. Donc les numéros de chapitre correspondent aux numéros de chapitre des élèves.* » (E2_Viviane, lg. c2) Les enseignants séparent tous les domaines devant être traités dans une année (nombre et calculs, organisation et gestion de données…) en chapitres (par exemple : le domaine « nombre et calculs » est séparé dans deux chapitres « différents écritures d'un nombre » et « opérations »). Ces chapitres sont distribués dans toute l'année dans la progression.

Les membres de ce collectif aussi, comme nous avons vu dans la section § 7.3.2, participent ensemble de plusieurs formations ensemble pour renouveler ses ressources. Viviane souligne

> Oui [narration de recherche, c'est une autre formation]. Je ne sais plus le titre exact, mais c'était le thème en tout *cas. On a beaucoup utilisé ça aussi avec les collègues, par exemple pour lancer les narrations de recherche justement*, avant on n'en faisait pas beaucoup et depuis quelques années on en fait régulièrement et ça nous a permis de nous répartir le travail. *On s'est fait un petit stock de narrations de recherche pour chaque niveau, chacune a participé à un niveau et c'était intéressant de le faire avec les collègues. En général, tous ces stages-là, on essaie de les faire tous ensemble, les collègues de maths.* (Annexe 6.2, lg. c4)

Nous observons dans cet extrait que l'échange et la coopération entre les enseignants dans le collège sont très importants pour le travail documentaire de Viviane. À partir de ce qu'on a observé dans le discours de Viviane, nous listons certains éléments du style de pensée de ce collectif de pensée :

- *Méthode de création de ressources :* les enseignants échangent les ressources par Dropbox ; mais aussi créent certaines ressources ensemble essentiellement ou par mels ; ils partagent l'élaboration des progressions et des ressources qui organisent

le travail annuel ; les enseignants font annuellement des stages de formation ensemble pour découvrir nouvelles ressources ;

- *Quelques éléments du système de ressources du collectif :* progression ; sommaires ; GeoGebra ; Dropbox ; manuel scolaire de l'établissement ; ressources récupérées dans les formations ;
- *Jugements communs :* il est important de participer à des stages de formation ensemble pour faire évoluer nos ressources et pratiques ensemble ; le partage des progressions est important pour avoir une même base de travail.

Compte tenu de ce qui précède nous concluons en déduisant que les deux problèmes qui intéressait ce collectif dans un moment donné ont été de « créer des ressources communes pour le suivi annuel de l'enseignement de mathématiques et participer des stages de formation ensemble pour renouveler leurs pratiques ».

C.2.2. Collectifs des enseignants du cycle 3 ;

Le collège CM a proposé dès 2013 de faire deux réunions annuelles entre les enseignants de l'école primaire et du collège. Viviane précise « *découverte de la liaison entre les écoles et le collège justement. Ça a permis d'utiliser pas mal de ressources de l'école primaire justement, donc de cycle 3 maintenant et j'ai trouvé que c'était une belle découverte et un beau partage au niveau du travail aussi.* » (L.147) » (Annexe 6.1, lg. c3). Les enseignants discutaient dans ces réunions les ressources pour le cycle 3. Viviane déclare « *donc là nous, par exemple, on a fait des échanges aussi avec les écoles. C'étaient plus des échanges des dessins géométriques par exemple. On a appelé ça les Jeux olympiques du dessin, et c'était un échange de production entre les élèves de CM2 et les élèves de 6ème.* » (Ibid., lg. c3). Nous remarquons ici que les enseignants échangent certaines ressources par exemple les productions des élèves. De plus, elle précise les modalités des échanges « *donc des rencontres et des échanges, après alors soit c'est moi qui fais faire l'échange dans les écoles soit par mel en fait.* » (Ibid.). Nous remarquons ici que Viviane participe à cette interaction dans les rencontres, mais aussi par moment elle est responsable d'aller à l'école primaire pour échanger avec les enseignants et parfois l'interaction est faite par mel.

Nous avons quelques éléments du style de pensée de ce collectif de pensée :

- *Méthode de création de ressources :* les enseignants se réunissent deux fois par an pour choisir des situations pour travailler la liaison CM2 et 6ème ; ces interactions sont aussi faites parfois par mel ;
- Q*uelques éléments du système de ressources du collectif :* productions des élèves ;

- *Jugements communs :* il est important de créer une liaison entre l'enseignement au CM2 et en 6ème.

Compte tenu des éléments que nous avons pu identifier liés à ce collectif de pensée, nous déduisons un problème qui intéresse ce collectif : « réfléchir aux ressources qui peuvent lier l'enseignement de mathématiques fait au CM2 à celui fait en 6ème ».

C.2.3. Partenariat avec Jessica

Dans cette période nous avons identifié aussi le partenariat avec Jessica. Par ailleurs, dans le chapitre suivant nous analysons plus en détail le travail de ces deux enseignantes pour préparer l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation. Nous présentons ici juste quelques éléments globaux du partenariat entre Viviane et Jessica. Viviane et Jessica ont fait ensemble la progression en 6ème. En effet, Viviane en témoigne « *Donc là [progression en 6ème] c'est parce que c'est moi qui l'ai mis et je me suis dit que sous forme d'un tableau c'est bien agréable. C'est moi qui ai choisi cette mise en forme là. Et après, avec Jessica, pendant les vacances on a complété. J'avais fait toute la trame et on a complété tous les problèmes ensemble.* » (E2_Viviane_VG, lg. c2). Viviane nous a présenté cette progression pendant la visite guidée des ressources utilisées que nous exemplifions dans la figure ci-dessous.

Progression Sixième 2016 – 2017

		Progression	Problèmes/activités	MET	Devoirs
		Rentrée des enseignants : Mercredi 31 Août			
1	05-sept	CHAPITRE 1 : 1- Nombres entiers (lire, écrire)	PB RALLYE 1 ET 2 : nb entiers	Tables de multiplication Furet multiplicatif	
2	12-sept	CHAPITRE 1 : 1- Nombres entiers (décomposition décimale et pbs)	TAB 1 : cours + Athlétisme		CG 1 : cercle-conc
3	19-sept	CHAPITRE 6 : 1-Points, Droites, Segments	Agrandissement de figures Problème du jardinier GEO 1 : Point, droite, segment…		
4	26-sept	CHAPITRE 6 : 1-Points, Droites, Segments	TAB 2 : prog. de calcul (à la maison)	Proportionnalité	CG n°2 : rect-diag
5	03-oct	CHAPITRE 1 : 2- Fraction – Partage	Fractions/décimaux : situations 1/2/3	Proportionnalité	
6	10-oct	CHAPITRE 1 : 2- Fraction – Partage (partage de la bande unité – Guide Ane – Comparer avec 1)	PB RALLYE 3 : proportionnalité Fractions/décimaux : situations 1/2/3	Proportionnalité	
7	17-oct 3 jours	CHAPITRE 1 : 2 - Demi-droite graduée, abscisse	Fractions/décimaux : situations 1/2/3 SCRATCH 1 : Bouger la flèche	Opérations à trous / Vocabulaire des opérations	CG n°3 : cercle-hexa
		Vacances de Toussaint Je 20 oct - Me 02 nov inclus			
8	03-nov 2 jours	CHAPITRE 6 : 2- Le cercle (vocabulaire)	Problème des 5 chiens GEO 2 : Plein de cercles	Opérations à trous / Vocabulaire des opérations	
9	7-nov Ve 11 nov	CHAPITRE 1 : 2- Fractions égales CHAPITRE 2 : 1- Vocabulaire : + - × En ligne, posée, ordre de grandeur / Diviser en ligne, mentalement	Fractions/décimaux : situation 4 PB RALLYE 4 : calc sur fractions SCRATCH 2 : Para et perp	Symétrie (constructions)	
10	14-nov	CHAPITRE 2 : 1- Vocabulaire : + - × En ligne, posée, + ordre de grandeur / Diviser en ligne, mentalement CHAPITRE 4 : 1- Proportionnalité (reconnaître une situation de proportionnalité)	TAB 3 : Les cookies de mamie	Symétrie (constructions)	CG n°4 : carre-diag-para
11	21-nov	CHAPITRE 4 : 1- Proportionnalité (reconnaître une situation de proportionnalité) CHAPITRE 6 : 3-Sécantes, parallèles et perpendiculaires / Médiatrice / Hauteurs	GEO 3 : Médiatrice GEO 4 : Des distances	Lecture de tableaux	
12	28-nov	CHAPITRE 6 : 3-Sécantes, parallèles et perpendiculaires / Distances	Symétrie : classement de figures		
13	05-déc	CHAPITRE 3 : 1-Lire un tableau / Compléter un tableau	Fractions/décimaux : situation 5	Notion de périmètre et aire	CG n°5 : rect-tortill
14	12-déc	CHAPITRE 7 : 1- Vocabulaire de la symétrie (Reconnaître la symétrie axiale)	Fractions/décimaux : situation 5 SCRATCH 3 : Carte de vœux	Notion de périmètre et aire	Pb des jouets en bois
		Vacances de Noël Sa 17 déc –Lu 02 janv inclus			GEO 5 : Route infinie
15	03-janv	CHAPITRE 1 : 3- Fractions Décimales / nombres décimaux (Comparer des décimaux / Valeurs approchées…)	Classement de triangles particuliers TAB 4 : message codé		
16	9-janv	CHAPITRE 1 : 3- Fractions Décimales / nombres décimaux (Comparer des décimaux / Valeurs approchées…) CHAPITRE 6 : 4 – Les polygones : vocabulaire des triangles et triangles particuliers	PB RALLYE 5 : aire et proportion SCRATCH 4 : Drôle de cercle		JO du dessin
17	16-janv	CHAPITRE 6 : 4 – Les polygones : vocabulaire des triangles et triangles particuliers CHAPITRE 2 : 2- Opérations (+/-) sur les décimaux - Multiplier des décimaux (×10… + conversions masses …)	TAB 5 : escalier		

Figure 7.8- Progression du 6ème faite par Viviane et Jessica

Cette progression contient quatre points : les dates de l'année scolaire ; les chapitres du sommaire commun à tous les professeurs de mathématiques ; des suggestions des problèmes et des situations devant être travaillées avec les élèves ; les mises en train devant être travaillées et les devoirs. Nous attirons l'attention sur la présence des ressources MET, les enseignants du collège CM ont participé à un stage de formation fait par Cindy et Anna sur la MET et ont importé certains principes de la MET (ressource frontière, Wenger § 2.3.1). Elle a dit qu'au « *début d'heure, on se dit qu'on prend le cahier d'exercices et on fait une mise en train. On lance une activité du type petites révisions, une activité pour mettre en route un chapitre, etc. Donc c'est vraiment en tout début d'heure. Tu peux regarder, là ce sont plusieurs séances du même type en fait.* » (Viviane_E2, lg. r1). Par rapport, à la progression crée par Viviane et Jessica elle est partagée avec les autres enseignants du collège, cependant tous les collègues n'utilisent pas les situations et problèmes proposés dans la progression. Toutefois, Viviane et Jessica essaient d'avancer dans leurs progressions en concevant les mêmes situations et problèmes. Viviane a dit

> Puis après, des moments d'échanges dans l'année, avec Jessica par exemple sur les 6èmes on travaille beaucoup ensemble, donc on échange nos documents, on se demande « comment ça s'est passé avec toi ? », on essaye de se mettre au point. Là par exemple on a fait réaliser un morceau de pavage à chacun de nos élèves et puis on va mettre tout en commun pour construire un Pavage géant. Ce sont aussi des moments où on échange, mais après… Oui, on échange régulièrement puisqu'on fait tous nos devoirs en commun aussi par exemple. Tu vois ? Après, au niveau des ressources, c'est vrai que c'est plus un programme à l'année donc une progression qu'on établit ensemble. (E2_Viviane lg. c2)

Cet extrait nous permet de relever plus de détails du partenariat entre Viviane et Jessica. Compte tenu ce qui a été exposé ici, nous avons ainsi quelques éléments du style de pensée de ce collectif de pensée :

- *Méthode de création de ressources :* les enseignants créent des ressources ensemble, soit en présence soit par des échanges par mel ; elles ont créé des progressions ensemble et ont choisi certaines situations didactiques communes à travailler avec les élèves ; elles échangent au collège informellement pour savoir comment se passe l'enseignement de l'autre ;
- *Quelques éléments du système de ressources du collectif :* situations didactiques communes, progressions ; MET ; mails échangés ; manuels scolaires ;
- *Jugements communs :* il est important de travailler avec des MET pour réchauffer les élèves au début d'heure ; il est important d'échanger les pratiques pour adapter nos ressources.

Nous inférons alors deux problèmes d'intérêt commun de ce collectif à un moment donné, qui sont de : « créer en travail collectif des progressions et des situations didactiques pour travailler avec les élèves ».

7.4.3 Résultats partiels

Par rapport à la première période, nous avons identifié quatre collectifs qui contribuent au le travail documentaire de Viviane. Nous avons inféré les problèmes d'intérêt commun qui ont eu des apports pour le travail documentaire de Viviane : créer les cours collectivement et échanger des pratiques au lycée ; travailler l'interdisciplinarité au travers de projets et homogénéiser les devoirs de mathématiques dans le collège ; et créer des énigmes en liant l'enseignement de mathématiques et les histoires de mathématiciens. Tous ces collectifs sont liés à son travail dans l'établissement.

Par rapport à la deuxième période nous avons identifié trois collectifs de création de ressources pour lesquels nous avons déduit des intérêts communs pour produire leurs ressources qui sont : créer des ressources communes pour le suivi annuel de l'enseignement de mathématiques et participer à des stages de formation commun pour renouveler leurs pratiques ; réfléchir aux ressources qui peuvent lier l'enseignement de mathématiques fait en CM2 à celui en 6ème ; création collective de progressions et de situations didactiques pour travailler avec les élèves. Nous observons que le travail avec les enseignants de son établissement pour créer ses ressources est une pratique courante pour Viviane, tout comme un travail en groupe avec un collègue d'établissement.

7.5 Les connaissances professionnelles de Viviane : traits d'expérience documentaire

Dans cette section nous présentons les connaissances professionnelles des enseignants repérées par les traits d'expérience documentaire (§ 2.5.3). Nous avons repéré 17 traits sur les deux périodes analysées ; période de création de ressources (§ 7.5.1) et de découverte de nouvelles ressources (§ 7.5.2).

7.5.1 Période 1 : Création des ressources

Nous exposons dans cette section les six traits d'expérience documentaire liés à cette période. Nous avons cherché dans le discours de Viviane des moments dans lesquels l'enseignante présente un retour réflexif plus global sur son expérience documentaire en début de carrière. Ainsi, nous avons inféré le trait d'expérience documentaire (T1) « en début de carrière au lycée, j'étais focalisé sur préparer le cours ». En effet, nous avons présenté (§ 7.4.1) que

l'enseignante en regardant aujourd'hui sa production de ressources au lycée met en évidence qu'elle était focalisée sur la conception de ressources pour son cours. Nous avons aussi présenté que le manuel scolaire aussi bien au lycée qu'au collège était une ressource très utilisée par l'enseignante, elle ajoute « *c'était vraiment ce qu'on utilisait le plus alors que maintenant c'est beaucoup plus varié. Mais je me souviens que les premières années j'ai beaucoup utilisé le manuel scolaire* » (Annexe 6.3, lg. T2). De ce fait, nous inférons le trait d'expérience documentaire (T2) « en début de carrière, j'étais attachée aux manuels scolaires ».

Nous avons aussi identifié un trait d'expérience documentaire liée au travail avec les élèves. En effet, elle a dit qu'elle commençait les séances avec « *une correction d'exercice et puis après une activité pour lancer le cours, donc assez traditionnelle.* » (Annexe 6.3, lg. T3). Viviane parlait dans ce moment du fait que maintenant elle commence le cours avec des problèmes tandis qu'avant elle était plus attachée aux exercices d'entrainement. De plus, elle a dit « *je pense qu'on évolue toutes les années en fait. Les cours, je trouve, sont de plus en plus éclaircis par rapport à ce qu'on pouvait faire avant. On a tendance à écrire moins de choses dans le cahier de leçons, mais par contre faire beaucoup plus d'activités, de problèmes, d'activités de groupe.* » (Annexe 6.3, lg. T3). Ainsi, nous avons repéré le trait d'expérience (T3) « en début de carrière, mon cours était plus traditionnel centré dans la résolution et correction des exercices »

Les trois derniers traits d'expérience que nous avons identifiés correspondant à cette période sont liés au travail collectif de Viviane. En effet, elle fait un retour réflexif sur ce travail et nous a dit « *c'est vrai qu'on travaillait pas mal avec les collègues [au collège MA], j'ai toujours bien travaillé en équipe avec les collègues.* » (Annexe 6.3, lg. T4). En effet, nous avons observé dans notre analyse des deux périodes de sa trajectoire (§ 7.2.1 ; § 7.2.2) qu'elle cherche toujours à échanger et créer ses ressources en constante interaction avec ses collègues d'établissement. Ainsi, nous inférons le trait d'expérience documentaire (T4) « depuis le début de ma carrière, j'essaie de bien travailler avec le collectif des enseignants de mon établissement ». De plus, Viviane dit

> J'ai toujours eu un ou une collègue on va dire avec qui je m'entendais très bien. Les collègues de maths en général et puis après, parmi les collègues de maths *il y avait toujours un ou une collègue avec qui j'arrivais vraiment à travailler de façon plus particulière en fait*. Au lycée, peut-être moins, parce que c'était la première année et j'étais sur deux lycées différents. Mais par contre au collège oui, je me souviens vraiment de certains collègues avec qui j'ai travaillé. (Annexe 6.3, lg. T5).

Nous observons dans cet extrait que Viviane met en évidence l'existence de partenariats documentaires avec des collègues d'établissements. Ainsi, nous inférons le trait d'expérience documentaire (T5) « depuis le début de carrière, je travaille très régulièrement avec un

partenaire documentaire ». Par ailleurs, nous observons que le travail documentaire de Viviane est lié à la vie d'établissement. En effet, Viviane souligne que son travail collectif en début de carrière « *c'était vraiment concentré sur l'établissement dans lequel on était. Sauf par exemple, je me souviens d'une collègue qui était sur plusieurs établissements et du coup ça donnait un peu de lien avec d'autres collèges, mais cela restait avec cette collègue en fait.* » (Annexe 6.3, lg. T5). Nous inférons ainsi notre dernier trait documentaire (T6) « en début de carrière, mon travail collectif était surtout dans l'établissement ».

7.5.2 Période 2 : Découverte de nouvelles ressources

Nous avons identifié sept traits d'expérience liés à cette période que nous présentons dans cette section.

Cette période est marquée par la découverte de nouvelles ressources, ce qui entraîne aussi une diversification dans les ressources utilisées pour préparer son cours. Elle a dit « *je pense que déjà on est passé, enfin la façon de concevoir les cours est complètement différente puisqu'on n'utilise plus seulement les manuels, mais on essaye beaucoup d'être plus diversifié donc on va plus se tourner vers les documents proposés par Eduscol, par les sites internet, etc.* » (Annexe 6.3, lg. T7). Cet extrait soutient notre inférence du trait d'expérience (T7) « aujourd'hui, j'essaie de diversifier les ressources pour travailler avec les élèves ». De plus, l'enseignant continue à utiliser les manuels scolaires pour préparer son cours, mais en étant moins attaché à son usage : « *on utilise encore les manuels pour trouver des idées d'activités, des exercices pour les élèves à donner à la maison, mais c'est vrai que je les utilise encore aussi dans la préparation de mes cours, mais beaucoup moins qu'avant.* » (Annexe 6.3, lg. T8). Ainsi, nous déduisons le trait (T8) « aujourd'hui, j'utilise encore certains manuels comme source pour avoir des idées. ».

En outre, le numérique influence de plus en plus les ressources utilisées pour préparer le cours par Viviane. En effet, selon elle « *tous les cours sont numériques maintenant alors qu'avant ils ne l'étaient pas, ça c'est une évolution importante. Du coup pour les modifications c'est quand même beaucoup plus simple, on peut réadapter son cours en fonction de sa classe, en fonction de ses élèves… C'est quand même très appréciable.* » (Annexe 6.3, lg. T9). Nous observons que Viviane privilégie de faire son cours sur un support numérique, puisque cela facilite la réadaptions de ses ressources. Ainsi, nous concluons le trait d'expérience (T9) « aujourd'hui, j'utilise beaucoup le numérique pour faire mon cours, puisqu'il est plus simple de modifier mes cours. ». Viviane déclare aussi :

> Et puis le fait de varier les supports, de varier les activités, la façon d'aborder les choses, c'est très intéressant pour les élèves et ça leur donne envie aussi de découvrir d'autres choses.
>
> Je pense qu'il faut vraiment varier les supports, ça me parait essentiel. Et puis toujours donner du sens à ce qu'on fait, c'est-à-dire que si on arrive à amener les choses de façon plus concrète, c'est vraiment un atout pour eux et puis peut-être travailler plus aussi en termes de projets. Intégrer ce qu'on fait dans un projet plus large, ça donne vraiment du sens. (Annexe 6.3, lg. T10)

Nous observons dans cet extrait que l'enseignant cherche à varier les supports pour rendre l'enseignement des mathématiques plus attirant pour les élèves. Ceci nous amène donc, à inférer le trait d'expérience documentaire (T10) « aujourd'hui, je pense qu'on doit faire l'enseignement de mathématiques plus attractif en mobilisant différents supports ». Par ailleurs, Viviane cherche à travailler avec des situations ludiques avec ses élèves. Elle a dit « je *vais chercher des activités de temps en temps, des jeux, des exercices un petit peu plus ludiques, donc des choses différentes.* » (Annexe 6.3, T11). Viviane met en évidence plusieurs fois l'importance d'utiliser des jeux avec les élèves pour que l'enseignement de mathématiques soit plus ludique. Ainsi, nous inférons le trait (T11) « aujourd'hui je travaille beaucoup plus avec des situations didactiques ludiques avec mes élèves ». Par ailleurs, dans le travail avec les élèves nous avons en opposé avec le trait T3 de la période 1 le trait (T12) « aujourd'hui, je fais plus des problèmes et je fais moins les élèves écrire sur leurs cahiers de leçons ».

Les deux derniers traits que nous avons identifiés sont liés au travail collectif de l'enseignant :

> *C'est vraiment un établissement où on partage beaucoup, mais selon l'établissement où on est*… C'est vrai qu'il y en a qui aiment travailler tout seuls et donc certains ne partagent pas du tout leur travail. Alors qu'ici on partage vraiment tout ce qu'on fait. *Donc chacun peut profiter de toutes nos activités, les remodifier à sa façon, voilà. Quand je dis « ça, ça serait mieux qu'on le fasse de cette façon, ou pas ? »*… Le but est de faire un point après, au bout d'un certain temps, pour se dire que cela a bien fonctionné, ça beaucoup moins, donc on garde ou on ne garde pas. (Annexe 6.3, lg. T13).

Nous observons dans cet extrait que Viviane met en évidence le partage sur les pratiques dans le collège actuel. De fait, Viviane a présenté que le fait d'être dans un établissement où les gens partagent leurs pratiques a beaucoup contribué pour son expérience documentaire. Ainsi, nous avons inféré le trait d'expérience documentaire (T13) « aujourd'hui, je travaille dans un établissement où les gens sont beaucoup plus ouverts ». Par ailleurs, un autre point qui a favorisé son travail avec les collègues est la découverte du partage en ligne. En effet, Viviane en témoigne en disant « *par exemple la Dropbox, c'est quelque chose que je n'utilisais pas du tout avant. L'utilisation d'outils comme Scratch maintenant, c'est tout récent. […] Et puis après, enfin dans cet établissement beaucoup plus d'échanges que ce qu'on aurait pu avoir dans d'autres établissements. Et je pense que les échanges sont facilités par l'outil numérique.* » (E2_Viviane_VG,

L.285). Ainsi, nous inférons le trait d'expérience documentaire « aujourd'hui, je vois que j'échange beaucoup plus grâce au numérique ». Le dernier trait que nous avons identifié est lié à la participation à divers stages des enseignants du Collège MA (§ 7.3.2). Nous avons inféré le trait (T15) « aujourd'hui, je pense que les stages des formations me permettent de renouveler nos pratiques ensemble. »

7.5.3 Résultats partiels

Viviane en début de carrière a travaillé un an au lycée, son travail documentaire était focalisé sur la création du cours. Elle était très attachée au manuel scolaire pour créer son cours et quand elle est devenue enseignante au collège cette ressource était la plus importante pour elle. Dans cette période, elle travaillait beaucoup la résolution et la correction des exercices avec les élèves. De plus, elle travaillait seulement avec les enseignants dans son établissement. Viviane aujourd'hui cherche à diversifier les ressources qu'elle utilise pour préparer son cours, en utilisant moins le manuel scolaire. En outre, les ressources numériques sont importantes pour la préparation de ses cours en les rendant plus faciles à adapter. Par ailleurs, elle s'aperçoit que son travail avec les élèves a changé, puisqu'elle cherche davantage de situations ludiques pour travailler avec eux ainsi que des problèmes. Ensuite, son travail collectif a été intensifié dans son nouvel établissement grâce à l'ouverture de ses collègues et les ressources numériques qui facilitent le partage. Enfin, les stages de formation sont un moyen qui amène Viviane à transformer ses ressources en interagissant avec ses collègues.

7.6 Conclusion

Nous concluons ce chapitre en tissant trois fils conducteurs qui nous permettent de voir les transformations dans le travail documentaire de Viviane au fil du temps.

Le premier fil conducteur se nomme « les transformations liées au travail collectif », en effet depuis le début de sa carrière Viviane travaille avec le collectif des enseignants dans son établissement. Nous avons observé que ce travail est plus intense dans son collège actuel que dans les autres (§ 7.4.2). Par ailleurs, les enseignants participent ensemble à plusieurs stages de formation pour enrichir leurs pratiques, la découverte des ressources dans les stages constitue un élément marquant dans la trajectoire documentaire de Viviane (§ 7.1) et a un impact structurant sur son système de ressources (§ 7.3.2). D'ailleurs, c'est dans un stage qu'elle a découvert la métaressource MET, *ressource frontière* (§ 2.3.1) de Sésames.

Le deuxième fil conducteur est dénommé « les transformations liées à l'utilisation du numérique » qui a permis à Viviane d'avoir accès à plusieurs sites pour préparer son cours, de modifier ses cours plus facilement et aussi à un ensemble de logiciels à utiliser avec les

élèves. Par ailleurs, le numérique a aussi favorisé son partage de ressources en ligne avec ses collègues d'établissement.

Le dernier fil conducteur : est « les transformations liées aux changements curriculaires et ressources curriculaires ». Nous avons observé que dans la trajectoire documentaire de Viviane, deux événements sont liés aux changements de programme. Le premier est lié à l'implémentation d'un travail interdisciplinaire qui l'amène à une nouvelle brochure dans son système, mais ni dans son discours ni dans sa cartographie nous n'avons trouvé des indices d'un fort impact sur sa pratique, ceci n'a un impact qu'assez local. Tandis que le deuxième événement que nous avons observé est la mise en œuvre de l'enseignement de l'algorithmique et programmation pour lequel elle a dû créer un ensemble de ressources pour enseigner ce thème nouveau. Ainsi, le changement lié à la réforme 2016 a engendré une amplitude forte de changement dans le système de ressources de Viviane. Pour finir, par rapport aux ressources curriculaires nous avons observé que Viviane utilise moins les manuels scolaires, mais qu'ils ont encore une place importante dans son travail documentaire.

Chapitre 8. Analyse du travail documentaire de Viviane pour un contenu donné : les relations entre travail collectif et individuel

Nous exposons dans ce chapitre l'analyse du travail documentaire de Viviane pour la mise en œuvre de l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation au collège. Notre analyse considère le travail collectif de Viviane avec une partenaire documentaire, Jessica. Nous nous sommes intéressée aux contributions du travail documentaire de ce collectif pour le travail documentaire de Viviane. Pour cela nous avons divisé le chapitre en trois sections : d'abord, nous analysons l'algorithmique et la programmation dans l'expérience documentaire de Viviane (§ 8.1) ; ensuite, nous analysons la préparation de cet enseignement fait dans un travail collectif avec Jessica (§ 8.2) ; pour finir, nous analysons la mise en œuvre d'une leçon par Viviane (§ 8.3).

8.1 L'algorithmique et la programmation dans l'expérience documentaire de Viviane

Notre analyse du travail documentaire de Viviane pour l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation est éclairée par notre analyse de la trajectoire et de l'expérience documentaire, et vice-versa (§ 7). Ainsi, dans cette section nous évoquons les événements (réflexifs et inférés) dans la trajectoire de Viviane pour lesquels nous avons identifié un lien direct avec l'enseignement de ce domaine (§ 8.1.1). Ensuite, nous faisons un parallèle entre le système de ressources de Viviane et les ressources utilisées pour préparer cet enseignement (§ 8.1.2). Par la suite, nous tâchons de comprendre les effets du travail collectif sur cette préparation (§ 8.1.3). Pour finir, nous relevons certains traits d'expérience qui ont été repérés dans la préparation de ces ressources (§ 8.1.4).

8.1.1 Les événements qui nourrissent l'enseignement de l'algorithmique et programmation

L'analyse de l'événement réflexif (ER15) « arrivée de la réforme du collège » - qui provoque une forte amplitude de changement sur le système de ressources de Viviane - nous a permis d'identifier un ensemble de nouvelles ressources pour l'enseignement de ce domaine. Elle avait associé à cet événement les ressources : sites académiques, concours Kangourou,

Scratch, Tableur, GeoGebra et concours Mathador (pour plus d'informations se reporter à l'annexe 1 qui contient l'Annexe 1- Glossaire). Viviane n'avait jamais enseigné ce thème, nous lui avons demandé quelles situations vécues l'avaient aidé à préparer cet enseignement et elle a dit « *moi j'ai fait du Pascal*[50] *à la fac. Et puis c'est à peu près tout ce que j'ai fait comme programmation. Donc Scratch, je ne le connaissais pas jusqu'à l'an dernier où on est allé en formation pour les nouveaux programmes.* ». (Annexe 7.2, lg. 16). Dans cet extrait, nous observons que Viviane a travaillé avec la programmation à l'université, mais n'a pas vécu de situations liées à l'enseignement de la programmation. Il faut souligner que Viviane ne parle pas de ses situations vécues liées à l'enseignement de l'algorithmique, tandis que nous avons observé qu'elle a déjà travaillé certains algorithmes avec ses élèves (comme l'algorithme de Kaprekar, Annexe 1- Glossaire). Nous avons remarqué aussi, dans le discours de Viviane, la participation à la formation faite par les inspecteurs qui présentaient des ressources pour travailler avec le logiciel *Scratch*. Viviane ajoute « *donc, nous, on a fait quelques heures, enfin deux jours de formation. On a découvert Scratch, on l'a utilisé. Après ce n'est pas très, très compliqué Scratch donc… Voilà, moi je l'ai découvert de cette façon. Et puis après, on a créé nos séances, on a appris à l'utiliser, petit à petit.* » (Ibid., lg. 18). Ces deux derniers extraits nous amènent à conjecturer deux liens avec notre analyse de la trajectoire documentaire de Viviane. D'un côté, elle a fait cette formation avec les enseignants du collège MA ((ER8) « début du travail collectif avec les enseignants au collège CM »). D'un autre côté, le fait de participer à un stage pour découvrir de nouvelles ressources est un invariant dans sa trajectoire documentaire ((ER12) « découverte de ressources dans les stages de formation »).

Le dernier événement que nous associons avec la mise en œuvre de l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation est le (EI3) « début du partenariat avec Jessica ». En effet, Viviane avait présenté qu'elle travaillait toujours avec une partenaire documentaire et, pour l'enseignement de l'algorithmique, cette partenaire est Jessica. Viviane a partagé et échangé la création des ressources pour les classes de 5ème et 6ème (nous présentons l'analyse de ce travail dans la section 8.2).

8.1.2 Le système de ressources pour l'enseignement de l'algorithmique et la programmation

Nous établissons ici une relation entre les ressources présentées dans le système de ressources de la période 2 et celles utilisées pour l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation (§ 7.3.2). Ainsi, nous avons demandé à Viviane de cartographier les

[50] Langage de programmation : http://www.pascal-programming.info/index.php.

ressources qu'elle avait utilisées ou dont elle s'était inspirée pour préparer sa leçon (Figure 8.1).

Figure 8.1 – Cartographie réflexive du système de ressources pour l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation (03/07/2017)

Nous observons dans la Figure 8.1 d'autres ressources qui sont mentionnées par Viviane. Elles sont séparées en trois pôles : *manuels scolaires*, *formations* et Code.org (Annexe 1- Glossaire). Par rapport au premier pôle, Viviane souligne « *moi c'était plus les manuels quand même. Essentiellement on est parti des activités des manuels, parce qu'il y en avait tellement qu'on a trouvé notre bonheur facilement. Il y avait de quoi faire une progression avec l'ensemble des manuels qu'on avait.* » (Ibid., lg. 104). Nous observons que les manuels scolaires sont une source centrale d'idées pour créer les situations didactiques pour l'enseignement de ce domaine (§ 7.3.2). Viviane déclare aussi « *dans les manuels il y a quand même suffisamment de ressources intéressantes pour construire des activités sur Scratch.* » (Ibid., lg. 108). Nous remarquons ici que l'enseignante ne ressentait pas le manque de ressources pour préparer des situations didactiques, en particulier avec Scratch. Par rapport au deuxième pôle, Viviane précise « *moi j'ai utilisé quelques sites académiques qu'ils avaient donnés dans les formations. Il y avait aussi les activités qui étaient sympas pour les 5e ; j'avais pris pour les quadrilatères sur l'Académie de Nantes, il me semble.* » (Ibid., lg. 53). Nous remarquons ici que Viviane avait utilisé certains sites académiques, ce qu'elle avait présenté comme une façon de diversifier les ressources travaillées avec les élèves (§ 7.5.2). Par rapport au dernier pôle, Viviane signale avoir utilisé le site internet « Code.org » pour travailler certaines situations avec les 6èmes, site qui propose de coder dans des situations ludiques.

8.1.3 Les influences du travail collectif des enseignants sur l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation

En outre, nous avons demandé à Viviane si elle avait échangé avec d'autres enseignants hors collège, elle nous a dit « *j'étais en formation cycle 3 en plus, mais c'est vrai que l'algorithmique ce n'est pas quelque chose qu'on a abordé. […] Donc ça les intéressait, mais ils n'étaient pas équipés pour le travailler du coup ce n'est pas un thème qu'on a abordé. Et moi, ce n'est pas un thème sur lequel j'ai échangé avec d'autres collègues. Pas du tout.* (Ibid., lg. 111 et 113). Nous soulignons dans cet extrait que le

travail documentaire de Viviane pour préparer ses ressources pour l'enseignement de ce nouveau contenu a été fait d'une part en interaction avec les enseignants de son établissement et d'autre part, plus en détail, avec sa partenaire documentaire Jessica. Enfin, Viviane n'a pas présenté d'autres collectifs qui ont contribué directement pour la mise en œuvre de ce thème.

8.1.4 Les connaissances professionnelles qui impactent la préparation de l'enseignement de l'algorithmique et la programmation

Par rapport aux traits d'expérience documentaire, nous avons repéré les effets de certains d'entre eux (§ 7.5) sur la préparation de l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation :

Viviane a créé ses ressources en échangeant plus particulièrement avec Jessica ;	(T5) « *depuis le début de carrière, je travaille très régulièrement avec un partenaire documentaire* »
Elle a utilisé certains sites pour chercher des idées pour créer les situations didactiques ;	(T7) « *aujourd'hui, j'essaie de diversifier les ressources pour travailler avec les élèves* »
Il est vrai que le manuel occupe encore une place importante dans le système de ressources de Viviane ;	(T8) « *aujourd'hui, j'utilise encore certains manuels comme source pour avoir des idées.* »
Elle a toutes les fiches des cours et ressources utilisées avec les élèves sont dans le format numérique ;	(T9) « *aujourd'hui, j'utilise beaucoup le numérique pour faire mon cours, puisqu'il est plus simple de modifier mes cours.* »
Elle a utilisé des concours, logiciels, sites pour coder avec des scénarios pour faire apprendre ce nouveau domaine ;	(T10) « *aujourd'hui, je pense qu'on doit rendre l'enseignement de mathématiques plus attractif en mobilisant différents supports* »
Elle a travaillé pour coder dans le site Code.org qui propose des scénarios ludiques pour travailler avec les élèves ;	T11) « *aujourd'hui je travaille beaucoup plus avec des situations didactiques ludiques avec mes élèves* »
Elle a participé avec les collègues d'établissements à une formation pour découvrir de nouvelles ressources pour l'enseignement de ce thème.	(T15) « *aujourd'hui, je pense que les stages des formations nous permettent de renouveler nos pratiques ensemble* »

Ces traits nous permettent de voir des influences de l'expérience documentaire de l'enseignante sur sa pratique en faisant face aux changements curriculaires.

Nous avons présenté dans cette section comment l'expérience documentaire de Viviane impacte son enseignement d'algorithme et de programmation, et vice-versa. Dans la section suivante, nous nous intéressons à la préparation de la progression avec sa partenaire documentaire Jessica.

8.2 La production collective des ressources pour l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation : le partenariat entre Viviane et Jessica

Nous présentons dans cette section l'analyse de la préparation collective de la progression. Viviane et Jessica. Il faut souligner que nous avons eu une perte de données relatives à la deuxième préparation de la leçon. Ainsi notre analyse a été adaptée aux données collectées. De ce fait, nous traiterons ici les données des deux entretiens : le premier entretien a été fait avec Viviane et Jessica pour comprendre leur préparation de la progression pour l'enseignement de l'algorithme et de la programmation pour l'année scolaire 2016-2017 (Annexe 7.1) ; et l'entretien de bilan de la mise en œuvre de l'année scolaire 2016-2017 fait avec Viviane et Jessica (Annexe 7.2).

Nous présentons d'abord notre analyse du style de pensée de ce collectif basé sur notre entretien avec les enseignantes (§ 8.2.1) et ensuite nous analysons les réussites et les difficultés rencontrées par les enseignantes dans la mise en œuvre de l'année scolaire 2016-2017 (§ 8.2.2).

8.2.1 Préparation de la progression pour l'enseignement de l'algorithme et de la programmation pour l'année scolaire 2016-2017

Nous présentons dans cette section notre analyse du *style de pensée* de Viviane et Jessica (§ 3.4.2). Tout d'abord, nous présentons notre analyse de la *méthode de création de ressources* (§ 3.4.2). Ensuite, nous présentons quelques jugements communs identifiés. Enfin, nous présentons quelques ressources créées par les deux enseignantes pour l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation.

Méthode de création des ressources

Nous avons réalisé l'entretien avec Viviane et Jessica pour comprendre comment ces deux enseignantes ont préparé la progression et les ressources pour l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation. Nous avons repéré dans cet entretien certains extraits qui nous permettent d'inférer certains aspects de la *méthode de création collective de ressources* des enseignantes (Annexe 7.1). Ainsi, nous avons inféré dix actions (§ 2.1.1) des enseignantes qui nous permettent de caractériser leur travail collectif pour préparer ce thème. Dans l'extrait ci-dessous nous présentons un extrait qui nous permet d'examiner certains aspects de leur travail collectif :

> Jessica : […] Donc en fait, notre idée, la question qu'on s'est posée c'est : est-ce qu'on fait pendant un ou deux mois, que de la programmation, et puis après on fait que du <u>Tableur</u> et puis après que de la géométrie dynamique. Et puis finalement on n'a pas

retenu cette option, *on s'était dit que c'était peut-être mieux, de faire un peu tout petit à petit dans l'année pour y revenir plus régulièrement.* Pour mieux fixer dans la mémoire des enfants au fur et à mesure de l'année.

Viviane : *Que ce soit assez progressif pour eux, et pour nous aussi, qu'on puisse introduire les notions vraiment de façon efficace.* Donc ça c'est vrai que la progression que Jessica vous montre, finalement c'est l'aboutissement de tout ce qui était fait avant.

Jessica : Oui (Annexe 7.1, lg. P3)

Nous inférons ici (extrait en italique) qu'une action des enseignantes pour créer les ressources a d'abord été de « décider la progression dans l'année pour travailler les situations didactiques ». En effet, nous remarquons dans l'extrait ci-dessus que les enseignantes ont choisi de travailler ce thème de façon progressive par des situations didactiques tout au long de l'année. Ensuite, les enseignantes décident de « diviser le travail de préparation de la progression par niveau » (extrait ci-dessous). En effet, Viviane est la responsable de la création des ressources pour les 5ème et Jessica pour le 6ème. Selon les enseignantes :

Jessica : On a échangé des mails surtout au mois de juillet.

Viviane : Surtout par mails ouais. […]

Jessica : On s'est vus vers mi-août.

Viviane : Peut-être … mi-août. Pour mettre au point, notre progression.

Jessica : Ouais

Viviane : Et puis. En fait on a travaillé, c'est vrai que Jessica a fait le niveau 6ème moi j'ai travaillé sur le niveau 5ème et finalement en parallèle et puis…

Jessica : Et puis on se les envoyait. Ça nous motivait un peu. (Ibid., lg. P7)

Nous observons également dans cet extrait que la plupart des échanges ont été faits par mels pendant les vacances scolaires et qu'elles ont fait une réunion pour faire le point du travail réalisé. Donc, nous considérons comme faisant partie de leur méthode l'idée de « créer les ressources en échangeant par mel » et de « réaliser une réunion en présence pour évaluer le travail fait et à faire *».*

Nous avons aussi repéré dans le discours des enseignantes trois actions liées à la notion de création de la progression annuelle et du choix des situations didactiques. D'abord, Viviane précise : *« donc je suis partie des différentes progressions qu'il y a là-bas dans le programme. Et puis j'ai essayé de faire des activités aussi qui étaient très progressives en utilisant les livres, en essayant d'être très ludiques par contre.* » (Ibid., P5). De plus, Jessica souligne « *on est obligé de coller aux programmes* » (Ibid., P10). Nous inférons ainsi l'action de « lire les programmes et des ressources curriculaires pour créer la progression ». Il est vrai que Viviane utilise certaines ressources qui viennent des sites académiques et des ressources d'Éduscol (Annexe 1- Glossaire). Une

autre caractéristique importante de la méthode de travail de Viviane et Jessica pour l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation est l'usage des manuels scolaires.

> Viviane : […] Donc on a utilisé surtout, enfin, Jessica les complètera, comme ressources donc les différents livres qu'on avait reçus des éditeurs cette année et puis après, différents sites Internet, voilà, dont on parlera juste après.
>
> Jessica : voilà. Donc *c'est vrai qu'on a, j'ai beaucoup, pioché dans les manuels pendant l'été*. Feuilleté un peu ce qu'ils faisaient et j'ai trouvé que, par rapport à d'autres notions qui étaient précédemment au programme, *les éditeurs ont vraiment fait un effort sur ces notions d'algorithmique*. […]. Et en *regroupant un peu 4 ou 5 manuels, on arrive à avoir des choses assez variées*. (Ibid., P1)

Nous observons dans cet extrait que les enseignantes utilisent plusieurs manuels pour créer leurs situations didactiques. En particulier, Jessica met en évidence que dans un ensemble de quatre à cinq manuels elle trouvait assez de ressources pour préparer son enseignement. En effet, nous avons identifié l'origine des situations didactiques prévues dans leur progression et la majorité est originaire des manuels scolaires. Cependant, les enseignantes soulignent qu'elles changent toutes les situations pour travailler avec leurs élèves. En effet, Jessica en témoigne « *on a quand même des ressources qui sont pas mal au niveau des livres, alors des nouveaux manuels. Alors des choses qu'on modifie, on a tendance toujours à remettre un peu à notre sauce, c'est souvent très guidé* » (Ibid., P1). Alors, nous remarquons deux caractéristiques de la méthode de création de ressources : « lire un ensemble de manuels pour choisir les situations didactiques à travailler avec les élèves » et « adapter les situations trouvées dans les manuels ».

Au moment où nous avons interrogé les enseignantes, elles n'avaient pas encore mis en œuvre les situations didactiques. Elles n'étaient pas sûres de la mise en œuvre de toute la progression. En effet, elles en témoignent :

> Jessica : Ça pourrait être intéressant. Mais c'est vrai que là on débute donc. On fait ce qu'on peut, sur ce… sujet. On fait des essais, on teste
>
> Viviane : voilà, on essaie. Je pense que…les activités qu'on a mises en place, elles sont bien. Mais peut-être qu'on a été trop ambitieux puis qu'on va s'arrêter bien avant. (Ibid., lg. P5)

Nous observons ici que cette année est considérée comme un « essai », puisque les enseignantes n'avaient jamais travaillé avec la plupart des situations choisies. D'ailleurs, les deux enseignantes prévoient « d'appliquer des situations en parallèle pour pouvoir échanger sur les pratiques » et aussi « d'adapter des ressources tout au long de l'année scolaire à partir d'échange sur les pratiques de la mise en œuvre » (Ibid., lg. P12). Enfin, le dernier élément de méthode identifié est « d'échanger avec les collègues d'établissement pour améliorer la progression » (Ibid., lg. P11).

Nous présentons les neuf jugements communs identifiés, séparés en trois catégories liées aux *niveaux surdidactiques* proposés par Margolinas (§ 2.1.3) : (1) à l'enseignement des mathématiques en général (Niveau +3 : *noosphérien*) ; (2) à l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation (Niveau +2 : *construction*) ; (3) aux choix des situations didactiques pour la leçon (Niveau +1 : *projet de leçon*). Nous présentons chaque catégorie dans la suite.

(1) L'enseignement des mathématiques en général (Niveau +3 : noosphérien)

Nous avons identifié, dans l'entretien avec Viviane et Jessica, que, pour les enseignantes, l'environnement informatique est plus motivant pour les élèves. En effet, elles disent :

> Jessica : Après c'est aussi, quelque chose qui est ludique quand même, d'une manière générale, quand on leur dit, on va en salle informatique, ils sont fous de joie souvent hein. Et d'ailleurs, c'est pas toujours facile d'arriver à recadrer cette énergie.
>
> Viviane : Canaliser …en fait eux ils le prennent plus comme un jeu, puis nous on a envie de leur montrer que le jeu peut devenir finalement un outil … informatique intéressant. Et eux, pour l'instant, ils voient que le côté jeu. (Ibid., P. 13)

Nous observons ici que les enseignantes mettent en avance que les élèves sont extrêmement intéressés quand ils travaillent en salle d'informatique et que le défi c'est de canaliser leur travail pour faire des mathématiques. Cet extrait soutient l'inférence du jugement commun de « travailler avec des environnements informatiques motivants et ludiques » (Ibid., P2, P5 et P13).

(2) l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation (Niveau +2)

En ce qui concerne l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation, nous avons identifié quatre jugements communs. Le premier est d'introduire la programmation de façon à appliquer des contenus mathématiques déjà travaillés avec les élèves. Jessica en témoigne en disant « *j'ai donc commencé par regarder les livres, voir un petit peu quelles notions mathématiques on pouvait aborder à travers ces activités, pour qu'il y ait un lien quand même … Voilà, on ne fait pas non plus de la programmation juste comme ça, parce* que *nous on est professeurs de mathématiques au collège, il faut, qu'on ait un objectif.* » (Ibid., P4). Ainsi, nous inférons le jugement « d'utiliser la programmation pour retravailler des concepts mathématiques ».

Le deuxième jugement que nous avons identifié est de « prendre en considération que tous les élèves sont débutants dans l'enseignement de ce thème ». En effet, les enseignants disent :

> Viviane : Donc l'an prochain on sera obligé de revoir voilà. Peut-être qu'on pourra utiliser des activités qu'on avait prévu qui étaient trop ambitieuses par rapport à ce qu'on doit faire cette année.

> Jessica : Parce qu'il y a des choses-là, la première activité que j'avais élaborée, qu'on avait mise en début de 6ème. *Elle a été faite jusqu'en 3eme en fait, parce que tous nos niveaux étaient débutants.* Et on voit qu'en 3ème, en 1 heure ils arrivent quasiment tous à faire toute l'activité alors qu'en 5ème ça a été déjà un peu plus long. (Ibid., P5)

Nous observons ici que les enseignantes considèrent que dans l'année scolaire 2016-2017 les élèves débutent, donc elles peuvent travailler certaines situations dans tous les niveaux. Par ailleurs, elles sont aussi d'accord pour « introduire la programmation doucement depuis la 6ème » (Ibid., P5). En outre, comme nous l'avons présenté dans la section précédente, les enseignantes se sont mises d'accord pour « travailler avec les situations didactiques tout au long de l'année de façon progressive ». Ainsi, elles choisissent les situations didactiques qui ne sont pas forcements connectés pour être travaillées tout au long de l'année.

(3) les choix des situations didactiques pour la leçon (Niveau +1)

Tout d'abord, pour comprendre les choix des situations par les enseignantes il est nécessaire de mettre en évidence comment elles ont organisé la progression. En effet, les deux enseignantes lient l'enseignement de ce thème à ce qu'elles appellent « activités informatiques », c'est-à-dire qu'elles ont choisi un ensemble de situations qui seront travaillées en salle informatique, en utilisant trois logiciels GeoGebra, Tableur et Scratch. Ainsi, l'enseignement de ce thème est vraiment relié à l'utilisation du numérique avec une concentration sur l'utilisation de Scratch (nous revenons sur ce point dans la section suivante). Ainsi, leurs choix de situations didactiques sont orientés par le jugement commun d'« utiliser les logiciels Tableur, GeoGebra et Scratch pour enseigner la programmation ».

Par ailleurs, elles décident de faire une ressource pour que les élèves se familiarisent avec le logiciel. Jessica en témoigne « *et puis quand on s'est vues avec Viviane, on a fait le point ensemble de voir comment on allait, les disposer dans l'année. Donc notre idée c'était de démarrer, juste avant les vacances de la Toussaint. Une première séance un peu de découverte du logiciel, de prise en main de, de voir un peu comment ça fonctionne.* » (Ibid., P4). Ainsi, nous inférons le jugement commun « faire que les élèves se familiarisent avec les logiciels ».

Enfin, le dernier jugement commun lié aux choix de situations didactiques à travailler avec les élèves est « d'adapter les situations retirées des manuels pour que les élèves soient plus autonomes ». En effet, les enseignantes utilisent les manuels scolaires pour trouver des situations didactiques pour l'enseignement de ce thème, mais elles font des adaptations pour la plupart. Jessica précise « *alors que là, on a quand même des ressources qui sont pas mal au niveau des livres, alors des nouveaux manuels. Alors des choses qu'on modifie, on a tendance toujours à remettre un peu*

à notre sauce, c'est souvent très guidé. Donc nous on aime bien, qu'il y ait un peu d'autonomie de la part des élèves, qu'il n'y ait pas des consignes trop longues parce qu'après ça, c'est difficile à comprendre pour les enfants. » (Ibid., P1) Nous observons dans cet extrait que Jessica met en évidence les adaptions qu'elles font dans les situations trouvées dans les manuels scolaires. Dans la section suivante, nous nous focalisons sur les ressources créées par les enseignantes.

Ressources collectives créées pour l'enseignement de l'algorithme et de la programmation

Dans cette section, nous explorons les progressions créées par les deux enseignantes.

Nous avons présenté dans la section précédente que les enseignantes avaient décidé de créer des situations didactiques en utilisant les logiciels : Tableur, GeoGebra et Scratch. En effet, les enseignantes ont fait deux progressions : une pour les 5èmes dont la responsable du choix des situations didactiques est Viviane et une autre pour les 6èmes dont la responsable du choix des situations est Jessica (les deux progressions sont présentés dans l'annexe 7.1). La progression des 6èmes contient 27 situations didactiques : 9 en utilisant le Tableur, 12 en utilisant le GeoGebra et 6 en utilisant Scratch. La progression des 5èmes avait 26 situations didactiques : 9 en utilisant le Tableur, 10 en utilisant GeoGebra et 7 en utilisant Scratch. Les deux progressions sont écrites dans le même format, c'est-à-dire un tableau avec quatre colonnes : « titre de la situation », « logiciel utilisé », « concepts associés à la situation » et « durée de la mise en œuvre » (voir extrait dans la Figure 8.2). Nous nous intéressons ici à la progression en 5ème, puisque nous sommes particulièrement intéressée par l'enseignement au cycle 4 et par le travail documentaire de Viviane.

Nous avons demandé à Viviane de noter, pour chaque situation, les ressources mères qui ont inspiré sa création. Dans la Figure 8.2, nous présentons un extrait de la progression relative aux situations didactiques utilisant Scratch, nous attirons l'attention sur les textes en rouge et gras qui désignent les ressources mères (§ 2.2.3).

Bouger la flèche	Scratch	Activité de découverte du logiciel ; se déplacer sur la scène ; tracer des figures ; Catégories « Evènements », « Mouvement » et « Stylo ». **Delta Magnard 6e**	2h
Des programmes de calcul	Scratch	Compléter un programme ; utiliser une variable	1h
Des polygones	Scratch	Se repérer sur la scène ; Carré ; Triangle équilatéral ; Rectangle ; Polygones	1h
De fil en fil	Scratch	Créer un programme **Eduscol / Ac de Nantes**	1h
Créer un scénario	Scratch	Modifier le lutin et l'arrière-plan ; Catégories « Contrôle » et « Apparence » **Magnard Delta 5e**	1h
Le chat et la souris	Scratch	Projet 1 : boucle ; capteurs ; conditions ….. **Myriade Bordas 5e**	1h
Jeu de Pong	Scratch	Projet 2 : boucle ; capteurs ; conditions ….. **Myriade Bordas 5e**	1h

Figure 8.2 - Extrait de la progression des 5èmes

Nous avons identifié dans cette progression que, parmi les 26 situations (Annexe 7.1) : pour trois d'entre elles, elle n'a pas trouvé les ressources mères, l'une a été désignée comme une création personnelle ; trois étaient originaires d'un site de l'académie de Nantes ; neuf sont basées sur le manuel scolaire Delta qui est le manuel officiel de son établissement ; huit sont issues du manuel Myriade ; une utilise un site académique et le manuel Myriade ; et la dernière s'inspire du manuel Myriade et Delta. Ainsi, nous pouvons observer que la plupart des situations didactiques ont été tirées des manuels scolaires et quelques-unes des sites académiques.

De plus, les enseignantes n'expliquent pas la progression des concepts traités et non plus les liaisons entre chaque situation. Cependant, dans le cas du logiciel Scratch, nous pouvons observer, dans les deux progressions des enseignantes, que les situations sont liées aux catégories de scripts[51] utilisés par les élèves : événements, mouvements, stylo, contrôle, apparence ; données ; capteurs et opérateurs. Les situations proposées par les enseignantes sont vraiment destinées à explorer le logiciel Scratch et appliquer des connaissances mathématiques déjà étudiées.

8.2.2 Le recul réflexif sur la mise en œuvre de la progression (année scolaire 2016-2017)

Nous avons réalisé avec les enseignantes un entretien pour faire le bilan de la mise en œuvre de la progression pour l'année scolaire 2016-2017. Dans cet entretien les enseignantes sont

[51] C'est la zone du logiciel Scratch où est affiché l'ensemble des instructions utilisées.

incitées à faire un retour réflexif sur leurs pratiques en présentant ce qui a été difficile, ou bien ce qui sera à réviser. Ainsi, nous présentons ici, une analyse de cet entretien (Annexe 7.2) en deux parties : d'abord, nous présentons les difficultés rencontrées par les enseignantes et ensuite nous mettons en évidence les réussites et les révisions prévues.

Les difficultés liées à l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation

Nous avons observé dans la mise en œuvre de la progression que les enseignantes n'ont pas mis en œuvre toutes les situations didactiques prévues dans la progression des cinquièmes. D'un côté, les enseignantes n'envisagent pas de faire toutes les situations didactiques. En effet, Jessica précise « *après c'était un peu l'idée aussi, d'avoir de quoi piocher dans l'année, on prépare à l'avance suffisamment pour ne pas être prise de court dans l'année, et avoir des idées de là où on va.* » (Annexe 7.2, lg. 200). D'un autre côté, les enseignantes ont mis en évidence qu'une difficulté a été le fait « d'avoir très peu de temps pour travailler tous les changements proposés dans le programme ». En effet, Viviane souligne « *on n'avait pas beaucoup d'heures donc moi il y a des choses où je me suis dit « non je ne peux pas le faire cette année, il faut que cela soit reporté »* » (Ibid., lg.319). De plus, le logiciel qu'elles ont le moins utilisé a été Scratch, qu'elles n'ont utilisé que quatre fois parmi les situations prévues.

Les enseignantes ont rencontré aussi deux difficultés liées à l'environnement de la salle informatique. En effet, Jessica précise « *ce qui était un peu dur à gérer, je trouve que c'est le* Code.org. *je pense que l'année prochaine j'irai leur faire créer leur compte en salle informatique* » (Ibid., lg. 204). Ainsi, l'enseignante a eu un problème pour gérer les comptes des élèves dans le site Code.org (Annexe 1- Glossaire), de même Viviane a eu un problème technique en utilisant ce site. Alors nous inférons qu'une difficulté a été de « faire face à des problèmes techniques pour gérer l'informatique ». Il faut souligner ici que les enseignantes ont découvert le site Code.org après la préparation de la progression. Elles trouvent le langage de programmation très intéressant pour travailler avec les élèves et elles ont fait quelques séances avec ces élèves. La deuxième difficulté rencontrée par les enseignantes est de « faire face au manque d'attention des élèves dans la salle informatique ». En effet, Viviane en témoigne « *je pense qu'une présentation en classe avant d'aller en salle info… […] Je trouve que c'est important. Cela leur donne quand même une vision globale et on a tout le monde attentif, ce qui nous manque en salle info d'ailleurs »* (Ibid., 263). Il est vrai que pour chaque situation les enseignantes prévoient une partie qui est faite en classe en utilisant le logiciel, soit dans une situation en débranchée soit en travaillant tous ensemble, dans une situation projetée avec le vidéoprojecteur.

De plus, les enseignantes mettent en évidence deux autres difficultés qui ont joué un rôle important dans leur travail documentaire pour cette année scolaire. La première est relative

aux élèves, puisque les enseignantes ont décidé d'appliquer certaines situations dans tous les niveaux, puisque l'une des difficultés identifiées est qu'« avoir des élèves dans tous les niveaux sans aucune expérience avec la programmation ». En effet, Jessica précise « *enfin la difficulté qu'on avait cette année c'était que tous les niveaux de classe n'avaient jamais fait de programmation donc il fallait tous les faire débuter.* » (Ibid., lg. 35). La deuxième concerne la recherche des ressources pour préparer leur enseignement, en effet, elles ont dit :

> Viviane : Non, je trouve qu'on était bien préparé finalement. Puis il y a tellement de choses qu'il y en a même trop, on ne sait plus où piocher. (Ibid., lg. 254)
>
> Jessica : C'est ça. Je trouve que par rapport à quand j'ai démarré mon métier, il y a 13 / 14 ans, c'était le début d'internet, il n'y avait pas encore beaucoup de monde qui postait ses activités sur internet, maintenant c'est le problème inverse : c'est trop, on ne sait plus où aller chercher… (Ibid., lg. 254-255)

Nous avons demandé aux enseignantes si elles ressentaient une difficulté pour trouver de ressources pour préparer leur progression, devant cette question les enseignantes précisent que, au contraire, la difficulté est liée à « avoir trop de ressources disponibles qui rend le choix des ressources difficile ».

Réussites et révision des ressources pour l'enseignement de ce thème

Nous avons aussi incité les enseignantes à réfléchir sur ce qu'elles allaient maintenir ou changer pour la prochaine année scolaire. Tout d'abord, les enseignantes sont globalement satisfaites avec les situations didactiques de l'année écoulée. Viviane précise par rapport à l'usage de Scratch « *j'étais très surprise par certains élèves. […] Il y en a quelques-uns qui maitrisent bien quand même, qui se débrouillent bien et qui aiment en plus, donc c'est chouette.* » (Ibid., lg. 30). Les enseignantes pensent « maintenir certaines situations didactiques en utilisant Scratch ». D'ailleurs, les enseignantes trouvent que le fait d'utiliser le site Code.org avant d'utiliser Scratch a été important, elles pensent donc à continuer à « utiliser d'abord les situations de Code.org et ensuite Scratch » (Ibid., 231-236). Cependant, Viviane et Jessica considèrent qu'elles peuvent essayer de chercher de nouvelles situations plus complexes pour les élèves puisque maintenant les élèves ont tous acquis une expérience de programmation.

> Jessica : *Essayer de les emmener le plus loin possible,* le plus vite possible, mais c'est vrai que l'année prochaine *ils auront une année derrière eux déjà*. Et l'année d'après, en 4ème, ils auront deux années derrière eux. *On ne fera pas bouger la flèche en début d'année* et on ira plus loin tout de suite.
>
> Viviane : Créer des petits programmes sympas, je pense. En *5ème je m'étais dit que je pouvais aller plus loin, mais finalement* non : en démarrant au début on ne pouvait pas aller très loin non plus encore pour cette première année. (Ibid., lg. 242-243)

Ainsi, les enseignantes veulent « profiter du fait que les élèves ont acquis une expérience avec la programmation pour proposer des situations didactiques pour faire progresser les élèves dans la programmation ». D'ailleurs, les enseignantes pensent aussi réviser les progressions, en effet, elles en discutent :

> Jessica : Moi je les pousse plus en 4ème / 3ème à écrire leurs programmes, c'est 4e / 3e pour moi. En 6ème on *découvre ce qu'est la programmation*, ce qu'est un algorithme, tout ça. En *5ème on peut essayer de mettre plus l'accent sur du débranché, identifier un programme*, qu'est-ce que ce programme va faire, *pour arriver en 4ème / 3ème à leur en faire écrire.*
>
> Viviane : Cela *semble assez logique dans la progression* en fait. Mais c'est vrai que cette année, la première année on a un peu…
>
> Jessica : On a testé. (Ibid., lg. 246-248)

Nous observons ici que les enseignantes font un retour réflexif sur la progression pour la prochaine année scolaire. Elles sont d'accord pour convenir que la première année a été une année de test – que nous dénommons de *pilote* - et veulent chercher une progression pour les quatre prochaines années du collège. Ainsi, les enseignantes pensent « créer une nouvelle progression : découverte de la programmation (6ème), identifier un programme (5ème) et écrire un programme (4ème et 3ème) ».

Dans l'année scolaire 2016-2017 les enseignantes associent l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation à l'utilisation de trois logiciels Tableur, GeoGebra et Scratch. Elles ont fait seulement deux situations pour travailler plus particulièrement l'algorithmique, qui sont l'algorithmique de Kaprekar. Le travail avec l'informatique est considéré comme très important :

> Viviane : Non, moi je trouve qu'on a fait beaucoup plus tout ce qui est GeoGebra, Tableur, on en faisait moins avant. *Cette année on a quand même mis l'accent beaucoup* là-dessus.
>
> Jessica : *Moi il me semble que c'est important parce qu'on va quand même vers un monde où il y a de plus en plus d'informatique* et on va avoir de plus en plus de gens qui vont devoir être formés en informatique. Donc *il me semblait important d'aller plus loin sur ces domaines-là pour les lancer.* (Ibid., lg. 385-386)

Nous observons dans cet extrait que les enseignantes considèrent qu'elles ont plus travaillé avec l'informatique cette année et accordent de l'importance à « continuer à investir dans les situations didactiques avec l'informatique ». Cependant, les enseignantes veulent aussi mettre l'accent sur des situations didactiques en mode débranché (Annexe 1- Glossaire) pour compléter ce travail. En effet elles en disent :

Viviane : Moi je pense que je ferai plus *d'activités débranchées aussi dans les autres niveaux. J*e n'en ai pas fait beaucoup et en 5e je n'ai quasiment pas fait et je pense que cela manque. Donc plus de débranchée que d'autres logiciels. (L.233)

Jessica : Maintenant qu'ils ont été initiés en 6e on va pouvoir faire des choses un peu plus variées aussi. (L.234)

Nous observons dans cet extrait que Viviane signale l'envie « d'utiliser plus de situations didactiques pour travailler la programmation en mode débranché ». Cette envie est aussi justifiée par deux raisons : d'une part elle pense que les élèves sont moins attentifs en salle d'informatique et d'autre part le Brevet propose des situations en mode débranché.

D'une façon générale, les enseignantes considèrent que la première année de la mise en œuvre de l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation a permis de faire un projet « pilote » et maintenant, en se basant sur leur expérience acquise elles pourront améliorer leurs ressources.

8.2.3 Récapitulatif du travail du collectif de pensée Viviane et Jessica

Nous présentons dans cette section un récapitulatif avec les inférences faites au long de la section § 8.2.

Tableau 8.1 - Préparation de la progression pour l'enseignement de l'algorithme et de la programmation (année scolaire 2016-2017)

Méthode Décider de la progression dans l'année pour travailler les situations didactiques ; Diviser le travail de préparation de la progression par niveau ; Créer les ressources en échangeant par mel ; Réaliser une réunion en présence pour évaluer le travail fait et à faire ; Lire programmes et ressources curriculaires pour créer la progression ; Lire un ensemble de manuels pour choisir les situations didactiques à travailler avec les élèves ; Adapter des situations trouvées dans les manuels ; Appliquer les situations en parallèle pour pouvoir échanger sur les pratiques Adapter les ressources tout au long de l'année scolaire à partir d'échange sur les pratiques de la mise en œuvre ; Échanger avec les autres collègues d'établissement pour améliorer la progression ;
Jugements Travailler avec des environnements informatiques motivants et ludiques ; Utiliser la programmation pour retravailler des concepts mathématiques ;

Prendre en considération que tous les élèves sont débutants dans l'enseignement de ce thème ; Introduire la programmation doucement depuis la 6ème ; Travailler avec les situations didactiques tout au long de l'année de façon progressive ; Utiliser les logiciels Tableur, GeoGebra et Scratch pour enseigner la programmation ; Faire que les élèves se familiarisent avec les logiciels ; Adapter les situations retirées des manuels pour que les élèves soient plus autonomes ;

Tableau 8.2 - Le recul réflexif sur la mise en œuvre de la progression (année scolaire 2016-2017)

Difficultés	*Réussites et révision*
Avoir très peu temps pour travailler tous les changements proposés dans le programme ; Faire face à des problèmes techniques pour gérer l'informatique ; Faire face au manque d'attention des élèves dans la salle informatique ; Avoir des élèves dans tous les niveaux sans aucune expérience avec la programmation ; Avoir trop de ressources disponibles qui rendent le choix des ressources difficiles ;	Maintenir certaines situations didactiques en utilisant Scratch ; Utiliser d'abord les situations du Code.org et ensuite Scratch ; Profiter du fait que les élèves ont de l'expérience avec la programmation pour introduire des situations didactiques pour faire progresser les élèves dans la programmation ; Créer une nouvelle progression : découverte de la programmation (6ème), identifier un programme (5ème) et écrire un programme (4ème et 3ème) ; Continuer à investir dans les situations didactiques avec l'informatique ; Utiliser plus largement les situations didactiques pour travailler la programmation en mode débranchée.

Nous avons présenté dans cette section le travail entre Viviane et Jessica pour préparer l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation. Nous avons interrogé les deux enseignantes à propos de leur préparation de progression. Nous avons constaté que les enseignantes ont partagé le travail pour préparer les progressions, Viviane était la responsable de la progression du 5ème et Jessica du 6ème.

Pour préparer la progression les enseignantes ont fait une réunion en présence pour décider les principales lignes de cet enseignement. Elles ont décidé de préparer plusieurs situations didactiques en salle d'informatique en utilisant différents logiciels (Tableur, GeoGebra et Scratch) tout au long de l'année. Après chaque enseignante a choisi un ensemble des situations en utilisant deux ensembles des manuels différents. Les enseignantes trouvent que les manuels fournissent des situations très intéressants pour cet enseignement. Elles veulent des situations qui utilisent la programmation dans des environnements qui soient motivants

et ludiques pour les élèves. D'ailleurs, elles ont adapté les situations en essayant qu'elles soient moins guidées et que laissent les élèves plus autonomes.

Nous avons aussi questionné les enseignantes sur les difficultés et adaptation à faire après la première année de la mise en œuvre de l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation. Nous avons constaté que la manque d'attention des élèves dans l'environnement informatique a été un point de difficulté pour les enseignantes, ainsi que le fait que les élèves de troisième n'avaient pas d'expérience avec ce thème. Même si la mise en œuvre a été vue comme étant très positif par les enseignants, elles voulaient changer certains éléments, notamment en faisant une nouvelle progression : *découverte de la programmation (6ème), identifier un programme (5ème) et écrire un programme (4ème).*

D'une façon générale, Viviane et Jessica ont échangé des ressources pour préparer l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation. Ainsi, comme pour Anna et Cindy, nous constatons que la création des ressources se fait dans un processus de tâtonnement et que les ressources ne sont pas encore considérées consolidé. Pour les deux enseignantes l'enseignement de ce thème est un moyen pour travailler des situations ludiques qui motivent l'apprentissage mathématiques par les élèves.

8.3 La mise en œuvre d'une leçon par Viviane

Dans cette section nous présentons l'analyse d'une partie de la séance de la mise en œuvre de la leçon de Viviane pour « introduire le vocabulaire de l'algorithmique ». Nous présentons d'abord les ressources utilisées dans la mise en œuvre de la leçon (§ 8.3.1). Nous exposons ensuite notre modélisation de l'organisation de la leçon (§ 8.3.2). Nous finissons par présenter notre modélisation du schème mobilisé (§ 8.3.3).

8.3.1 Les ressources utilisées pour la situation didactique

Nous présentons d'abord la situation didactique « introduire le vocabulaire de l'algorithmique ». Cette situation didactique est composée de trois énoncés (Figure 8.3) tirés d'une ressource mère faite par l'académie de Créteil[52] pour travailler les concepts de l'algorithmique et de la programmation sans ordinateur (situation en mode débranché).

Première partie

Activité 1 :
Chaque matin, Albert va à l'école. Malheureusement en sortant du lit il est encore un peu endormi et ne sait plus très bien ce qu'il doit faire pour se préparer.... Peux-tu aider Albert à se préparer ? Découpe et colle dans le bon ordre (il y a plusieurs possibilités) les étiquettes suivantes.

Enlever son pyjama | S'habiller | Mettre son manteau | Laver son bol de céréales | Déjeuner | Se coiffer | Prendre son sac | Aller à la douche | Se laver les dents | Mettre ses sous-vêtements | Mettre ses chaussures

Deuxième partie

Activité 1 :
Chaque matin, juste avant d'aller à l'école, Marcel doit choisir entre mettre un manteau ou pas et prendre un parapluie ou pas. Son choix dépend évidement de la météo. A l'aide des étiquettes suivantes, reconstituer l'algorithme que suit Marcel pour choisir sa tenue.

Mettre un manteau | **si** | **sinon** | Ne pas mettre de manteau | Prendre un parapluie | **si** | Il fait froid | Il pleut | **alors** | Ne pas prendre de parapluie | **alors** | **sinon** | Regarder la météo | Prendre son sac

Troisième partie

Activité 1 :
Chaque matin, lors de son déjeuner, Marcel mange des tartines. S'il a faim il peut en manger tant qu'il veut. De même, il peut boire du jus de fruit tant qu'il a soif. A l'aide des étiquettes suivantes, reconstituer un algorithme pour le petit déjeuner de Marcel, afin qu'il n'ait pas faim en partant à l'école.

tant que | J'ai soif | Manger une tartine | Laver son verre | J'ai faim | Boire du jus d'orange | **tant que** | Ranger la cuisine

Figure 8.3- Énoncés retirés de la ressource de l'académie de Créteil

Tout d'abord, il faut souligner que Viviane utilise chaque énoncé pour introduire une notion : la première partie était destinée à définir un *algorithme* ; la deuxième partie à conceptualiser la notion de *branchement conditionnel* ; et la troisième partie à travailler la notion de *boucle*. Ensuite, dans la ressource mère ces trois parties étaient travaillées dans trois sections de 50 minutes en mobilisant d'autres exercices. Cependant, Viviane et sa collègue Helen[53] (professeur dans une autre 5ème) ont décidé de les travailler dans une seule section en réduisant le nombre des exercices, pour avoir plus de temps pour travailler en salle informatique :

> Je pense qu'au niveau temps, *il faudrait beaucoup plus de séances et nous, on aimerait quand même le faire assez rapidement pour aller en salle informatique après*. Moi, j'avais prévu deux séances et ma collègue voulait qu'on essaie de regrouper au maximum parce qu'elle trouvait qu'on n'aurait pas assez de temps sinon pour faire des activités pratiques. (Annexe 9, lg. 42)

[52] Disponible en ligne : http://maths.ac-creteil.fr/IMG/pdf/notion_algorithme.pdf date d'accès 1er avril 2019.

[53] Cette enseignante est nouvelle dans l'établissement et fait un remplacement d'une autre collègue de Viviane.

Par ailleurs, nous avons aussi interrogé Viviane par rapport aux critères de choix de cette situation et elle a répondu :

> Parce que je trouvais que c'était assez simple d'abord. Au niveau manipulation, ça parle aux élèves, ce genre de situation. Le *fait de partir de choses qui sont faciles pour eux, ils s'investissent davantage dans l'activité*, ça ne leur fait pas peur par rapport à la notion d'algorithme. *Je me suis dit que c'était un exemple ludique qui permettait peut-être de l'introduire plus facilement que de partir directement sur des opérations*, sur plus du « classique maths ». (Annexe 8.1, lg. 52)

Nous observons dans cet extrait que le critère de choix a été qu'elle considère cette situation ludique et simple à travailler par les élèves. Ce fait aussi est lié au trait d'expérience (T11) « *aujourd'hui je travaille beaucoup plus avec des situations didactiques ludiques avec mes élèves* ».

En outre, la leçon observée est la première pour travailler le thème algorithmique et programmation. D'ailleurs, cette séance est prévue aussi comme une préparation avant d'aller faire un travail sur Scratch, ainsi pendant la leçon l'enseignante a essayé de faire une liaison avec les concepts et le langage mobilisées sur Scratch. Nous présentons dans la figure ci-dessous une cartographie inférée du système de ressources en classe.

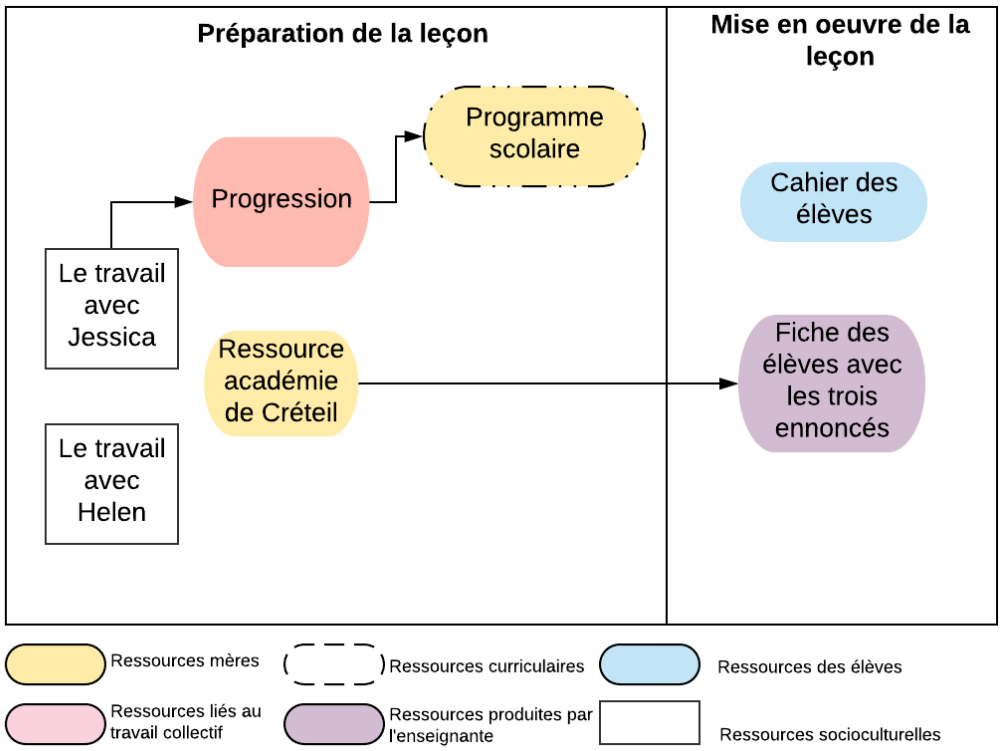

Figure 8.4 - Cartographie inférée du système de ressources en classe (Ruthven § 2.2.3)

Nous observons dans cette cartographie les ressources autour de la séance observée. Par ailleurs, nous attirons l'attention sur le fait que cette situation est en mode débranché et elle n'a pas été travaillée dans la première année de la mise en œuvre de réforme de 2016. En effet, au moment du retour réflexif Viviane avait présenté qu'un changement à faire dans la

progression pour l'année 2016 serait le travail en mode débranché. Viviane précise « *j'ai cherché sur les ressources académiques ce qu'il y avait sur l'algorithmique débranchée. L'an dernier, je n'en avais pas fait en cinquième et je me suis dit que cette année ce serait bien de commencer par ça. Du coup, je suis tombé par hasard… Donc des idées d'exercice pour l'introduire.* » (Annexe 8.1, lg 32). Le choix de la situation en mode débranché est lié au fait que les élèves sont moins attentifs en salle informatique et aussi que les élèves ne comprennent pas leurs actions quand ils sont devant le logiciel. En effet, elle a dit :

> L'an dernier, on en a fait un peu effectivement sur Scratch directement et cette année on s'est dit qu'il fallait peut-être donner un sens aux mots de vocabulaire avant de les utiliser. Sinon, une fois *qu'ils sont sur le logiciel, ils vont bidouiller, ils arrivent à faire plein de choses*, ils sont très doués, mais ils ne mettent pas forcément de sens à ce qu'ils font. (Annexe 8.1, lg. 54)

En outre, nous remarquons que la ressource mère liée à cette situation est issue d'un site académique, ce qui est cohérent avec ce que l'enseignante avait présenté dans son système de ressources, en disant qu'elle utilise de plus en plus les sites académiques pour diversifier les situations à travailler avec les élèves. De plus, c'est la deuxième fois que l'enseignante applique cette situation, la première a été faite une semaine avant notre observation avec une autre classe de 5ème.

Dans la section suivante, nous nous concentrons dans l'organisation de la mise en œuvre de la leçon en présentant les objectifs d'apprentissage et le déroulement de la séance.

8.3.2 L'organisation de la mise en œuvre de la leçon

Nous exposons d'abord les objectifs d'apprentissage et ensuite une brève description de la séance (plus de détails dans l'annexe 9).

Nous avons demandé à Viviane quel était l'objectif de cette situation :

> L'objectif c'est d'introduire le vocabulaire de l'algorithmique avec de petits exercices débranchés. Dans un premier temps, le but *c'est d'introduire la définition du mot « algorithme » qui n'est pas facile parce que pour eux ce n'est pas naturel du tout. Et après, d'introduire la condition donc le « si…alors… sinon » et la boucle.* (Annexe 8.1, lg. 2)

Au travers de cet extrait nous repérons trois objectifs : (A1) introduire la définition de l'algorithme, (A2) travailler avec la notion de condition et (A3) introduire le concept de boucle. De plus, nous avons identifié en quatrième objectif que « *l'objectif c'est d'aller en salle informatique, […] leur faire créer un petit jeu sur l'ordinateur avec des tables de multiplication [sur Scratch], donc leur faire appliquer la notion d'algorithmique qu'on aura vue aujourd'hui.* » (Annexe 8.1, lg. 18). Ainsi, nous observons l'objectif (A4) préparer les élèves pour utiliser le logiciel Scratch.

Cette leçon était prévue dans une seule séance de 50 minutes dans la salle de cours sans utiliser l'ordinateur. Notre analyse du niveau mésoscopique (§ 3.4.2) contient sept phases didactiques.

Tableau 8.3 – Les phases didactiques des séances observées

Phase	*Description*	*Ressources utilisées*
E1) Réaliser la première partie de la situation pour définir l'algorithme	Les élèves ont lu l'énoncé individuellement, après ils comparaient leurs solutions entre eux. Pendant, ce temps l'enseignante circulait dans la classe en regardant et aidant les élèves.	Cahier d'exercice, feuille avec le programme
E2) Mise en commun de la réponse et d'une définition d'algorithme	L'enseignante demande à deux élèves de présenter leurs réponses. L'enseignante attire l'attention des élèves sur les instructions qui ne pouvaient pas être déplaçables. Elle définit le concept d'algorithme en reformulant les réponses des élèves. Elle a fait un parallèle avec les situations qu'ils avaient travaillées en 6ème.	
E3) Réaliser la deuxième partie de la situation pour formaliser la notion de branchement conditionnel	Les élèves ont lu l'énoncé individuellement, après ils comparent leurs solutions entre eux. Pendant, ce temps l'enseignante circule dans la classe en regardant et aidant les élèves. Elle a vu qu'un élève était bloqué dans la résolution de la question, alors elle décide de faire une mise en commun avec tous les élèves.	
E4) Mise en commun à partir des questions d'un élève	L'enseignante demande à l'élève quels étaient les mots qui le bloquent, elle répond que c'était « si…alors…sinon. ». Ainsi, l'enseignante demande aux élèves de donner des exemples pour aider l'élève. À partir de cet exemple, elle explique que c'est une condition. Elle dit aux élèves de finir de répondre à la question puis de conceptualiser la notion de « branchement conditionnel ».	
E5) Reprendre la réalisation de la deuxième partie de la situation pour formaliser la notion de branchement conditionnel	Les élèves lisent l'énoncé individuellement, après ils comparent leurs solutions entre eux. Pendant, ce temps l'enseignante circule dans la classe en regardant et aidant les élèves.	
E6) Mise en commun de la réponse et d'une formalisation du concept de	L'enseignante demande à un élève de faire le bilan de ce qu'il avait compris sur les « conditions », en reformulant ce bilan elle crée avec les élèves une institutionnalisation de « conditionnel ».	

branchement conditionnel		
E7) Réaliser la troisième partie de la situation pour formaliser le concept de boucle	Les élèves lisent l'énoncé individuellement. Pendant, ce temps l'enseignante circule dans la classe en regardant et aidant les élèves et elle fait une brève mise en commun en disant que le mot « tant que » désigne une répétition. La situation est interrompue par la fin du cours.	

Nous observons ici que les phases sont liées à l'application de chaque énoncé et la mise en commun pour formaliser les concepts travaillés en classe. Nous nous basons sur ces phases pour modéliser le schème qui guide l'action de l'enseignante. Nous présentons dans la section suivante une partie d'analyse de cette action.

8.3.3 Des éléments du schème

Nous présentons une modélisation pour une partie du schème (Vergnaud, § 2.1.2) en liaison à la classe de situations « introduire le concept d'algorithme en 5ème ». De ce fait, nous analysons la situation particulière « introduire le vocabulaire de l'algorithmique ». Nous avons choisi une analyse temporelle de l'action de l'enseignante (§ 3.4.2). Cette modélisation a été divisée en sept sous-buts liés aux sept phases didactiques (Annexe 8.1). Nous avons décidé de traiter ici les deux premières phases, parce que d'une part elles représentent ensemble plus que la moitié de la séance et d'autre part elles représentent bien la dynamique employée dans la mise en œuvre des trois questions. Ainsi, nous analysons les phases (E1) « *réaliser la première partie de la situation pour définir l'algorithme* » (11 min) et (E2) « *mise en commun de la réponse et d'une définition de l'algorithme* » (16min).

Nous avons comme objectif de la situation, « introduire le vocabulaire de l'algorithmique ». Dans le premier épisode, nous avons souligné le sous-but « *introduire la notion d'algorithme* ». Pour cela l'enseignante met en œuvre un ensemble de règles d'action, de contrôle et de prise d'information que nous modélisons dans le tableau ci-dessous.

Tableau 8.4 - Règles d'actions, de contrôle et de prise d'information de la phase E1

R-1.	Donner l'énoncé du premier exercice aux élèves ;
R-2.	Demander aux élèves de lire et répondre individuellement ;
R-3.	Pendant que les élèves répondent à la question faire le tour des tables ;
	✓ Si les élèves ont une question, alors les aider ;
	✓ Si l'élève fait une faute, alors lui dire qu'il n'a pas la bonne réponse ;
	✓ Si les élèves ont fini, alors leur dire d'échanger avec leurs camarades ;
R-4.	Demander à tous les élèves de comparer leurs réponses

Nous observons que la première action de l'enseignante est de « donner l'énoncé du premier exercice aux élèves » (R-1) et ensuite de « demander aux élèves de lire et répondre individuellement » (R-2). Pendant que les élèves lisaient la réponse, elle faisait le tour des tables pour accompagner la résolution des élèves. Durant ce tour pour prendre des informations (R-3), l'enseignante emploie un ensemble de règles de contrôle, comme « si les élèves ont une question, alors elle les aide » et « si l'élève fait une faute, alors elle lui dit qu'il n'a pas la bonne réponse ». Nous avons interrogé l'enseignante pendant l'entretien sur l'objectif de ce tour des tables :

> L'objectif c'était surtout de leur montrer que quand on va faire de la programmation sur Scratch, il y a des instructions qu'on peut déplacer et d'autres qu'on ne peut pas déplacer. Là, je trouve que l'activité s'y prêtait bien parce l'histoire de se laver les dents après le petit-déjeuner, il voit bien qu'on ne peut pas le mettre avant. *L'erreur qu'on voit, et que j'ai vue l'an dernier sur Scratch avec des élèves de sixième, c'est que l'instruction n'était pas placée au bon endroit dans le programme.* Là, *mon objectif c'était de leur montrer qu'il y a effectivement des choses qu'on peut déplacer n'importe où et d'autres choses qu'il faut absolument placer à tel ou tel endroit.*

L'enseignante montre qu'elle regarde les résolutions pour s'assurer qu'ils les mettent dans le bon ordre, puisque ce travail va être important quand ils travailleront sur Scratch. Ensuite, l'enseignante demande aux élèves de comparer leurs réponses (R-4). Par ailleurs, nous inférons dans cet extrait aussi un invariant opératoire qui est « il est important de s'assurer que les élèves comprennent que certaines informations ne sont pas déplaçables dans un algorithme. » (IO-4). Nous exposons (Tableau 8.5) trois autres invariants liés à cette phase.

Tableau 8.5 - Invariants opératoires inférés dans la phase E1

IO-1.	Il est important que chaque élève formule sa réponse ;
IO-2.	Il est intéressant que les élèves comparent leurs réponses pour formuler les conclusions ;
IO-3.	Il est important de suivre le processus de résolution des élèves ;
IO-4.	Il est important de s'assurer que les élèves comprennent que certaines informations ne sont pas déplaçables dans un algorithme.

Pour les trois énoncés, Viviane accompagne la résolution des élèves en essayant de répondre à leurs questions et de les aider à répondre à la question, alors c'est pour cela que nous formulons que pour l'enseignante « il est important de suivre le processus de résolution des élèves » (IO-3). Par ailleurs, l'enseignante précise aussi « *c'était pour que chacun puisse s'approprier le truc plutôt que de faire le temps en commun et d'en laisser de côté. Je pense que c'est important*

qu'ils l'écrivent une première fois et après reprendre leurs erreurs. » (Annexe 8, Q.13). Ainsi, elle procède de la même façon pour chaque partie de la situation en donnant un temps pour que chaque élève formule sa réponse, en particulier pour la phase E1, alors nous inférons l'invariant « il est important que chaque élève formule sa réponse » (IO-1).

Le dernier invariant opératoire que nous déduisons est celui de demander aux élèves de faire la comparaison de leurs réponses (IO-2). Plusieurs fois, quand Viviane faisait le tour de table, elle demandait aux élèves de comparer leurs réponses. D'ailleurs, même pendant la mise en commun elle utilise les comparaisons pour fixer l'idée qu'il y a certaines instructions qu'ils ont mis dans le même ordre. Ainsi, nous avons formulé l'invariant opératoire « il est intéressant que les élèves comparent leurs réponses pour formuler les conclusions » (IO-2).

Nous présentons ci-dessous l'inférence identifiée dans le cas particulier de cette mise en œuvre (Tableau 8.6).

Tableau 8.6 – Inférence identifiée dans la phase E1

1. Certains élèves avaient un autre ordre lié aux habitudes personnelles, par exemple, « brosser les dents » avant de « déjeuner » ;

En effet, dans la question proposée par l'enseignante pour ordonner les instructions elle attendait que l'instruction « déjeuner » précède l'instruction « brosser les dents », mais pour cet élève l'ordre est à l'inverse. Ainsi, l'enseignante lui dit que ce n'était pas logique et il reformule sa réponse.

Nous passons à la suite de la séance qui correspond au moment de « mise en commun de la réponse et d'une définition d'algorithme ». Dans cette phase le sous-but était de « créer ensemble une définition de l'algorithme ». Nous présentons dans le Tableau 8.7 les règles d'action, de contrôle et de prise d'information.

Tableau 8.7 - Règles d'actions, de contrôle et de prise d'information de la phase E2

R-1. Demander aux élèves qui ont comparé les réponses s'ils ont trouvé des choses différentes ;
R-2. Demander aux élèves l'objectif de l'exercice ;
R-3. Demander aux élèves comment nous pouvons aider « Albert à se préparer à aller à l'école » ;
R-4. Demander à l'élève si certaines instructions ont un ordre précis pour être réalisées ;
R-5. Demander à un élève de lire sa réponse ;
R-6. Mettre la réponse dans le tableau en numérotant les instructions ;

- ✓ Si l'élève n'a pas répondu à la question dans l'ordre attendu, alors, le lui dire et demander à un autre élève de proposer une autre réponse ;

R-7. Demander à un élève qui a mis les instructions dans un autre ordre de les présenter ;

- ✓ Si l'élève ne donne pas l'instruction dans l'ordre attendu, alors le lui dire ;
- ✓ Si pour les deux réponses il y a des instructions qui sont dans le même ordre, alors amener les élèves à conclure « il y a certaines expressions qui ne sont pas déplaçables » ;

R-8. Demander aux élèves si pour ce type d'exercice les rappels d'autres situations déjà travaillées sont utiles ;

- ✓ Si l'élève se souvient du logiciel Scratch et du site Code.org, alors demander un exemple

R-9. Demander aux élèves s'ils connaissent le mot mathématique qui représente le travail qu'ils viennent de faire ;

- ✓ Si les élèves ne se souviennent pas, alors dire qu'ils ont fait un algorithme ;

R-10. Demander aux élèves s'ils avaient déjà entendu le mot « algorithme » ;

- ✓ Si les élèves ne se rappellent pas du mot algorithme de Kaprekar, alors leur demander de l'expliquer ;

R-11. Demander aux élèves « comment on peut définir un algorithme » ;

- ✓ Si l'élève formule une définition, alors l'utiliser comme définition commune, mais en reformulant ;
- ✓ Si l'élève utilise le mot « programme » dans la définition, alors l'éviter et utiliser plutôt « instruction » ;

R-12. Demander aux élèves d'écrire à côté de la définition les exemples de situations déjà travaillées liées au concept d'algorithme.

Durant ce moment de mise en commun, l'enseignante s'appuie sur l'exemple pour définir le terme « algorithme ». Les premières règles d'actions employées par Viviane sont liées aux réponses des élèves à l'exercice (règles R-1 à R-5). Selon elle, son « *objectif c'était de leur montrer qu'il y a effectivement des choses qu'on peut déplacer n'importe où et d'autres choses qu'il faut absolument placer à tel ou tel endroit.* » (Annexe 8, Q2). Ainsi, elle emploie un ensemble de règles pour amener les élèves à cette conclusion, par exemple la règle R-6 et R-7 dans Tableau 8.7 dans laquelle elle explore deux réponses différentes pour montrer quelles sont les instructions qui ont été faites dans le même ordre. D'ailleurs, pendant la mise en commun, une règle de contrôle de l'enseignante est : « si l'élève n'a pas répondu la question dans l'ordre attendu, alors, le lui dire et demander à un autre élève de proposer une autre réponse ». L'enseignante finit la correction et commence à employer un ensemble de règles pour définir l'algorithme. Viviane expose son objectif dans cette phase :

> Mon objectif de départ c'était de *définir le mot « algorithme » parce qu'en fait on fait de l'algorithmique sans jamais avoir défini le mot « algorithme »*. En sixième, on l'a fait comme ça en tout cas. Donc *ça me semblait important de leur définir le mot « algorithme »* qu'ils vont rencontrer souvent, dans plein de situations différentes. J'espère qu'avec cette activité, il leur restera ce mot-là et qu'ils auront compris ce qu'est un algorithme. (Annexe 8, Q3)

Nous observons dans cet extrait que l'enseignante veut définir le concept d'algorithme. Ainsi, elle utilise l'exemple pour « demander aux élèves si ce type d'exercice leur rappelle d'autres situations déjà travaillées » (R-8) et « demander aux élèves s'ils connaissent un mot mathématique qui représente ce qu'ils avaient fait » (R-9). En fait, l'enseignante attend que les élèves se souviennent de situations didactiques déjà travaillées dans l'année précédente comme l'algorithme de Kaprekar, l'usage du site Code.org et de Scratch. Comme les élèves n'ont pas évoqué le mot « algorithme » tout de suite l'enseignante a mis en action la règle de contrôle « si les élèves ne se souviennent pas, alors dire qu'ils ont fait un algorithme ». Ensuite l'enseignante a « demandé aux élèves s'ils avaient déjà entendu le mot « algorithme » (R-10), ainsi un élève s'est rappelé de l'algorithme de Kaprekar. Par la suite, Viviane a commencé à définir l'algorithme à partir des réponses des élèves (R-11) et à la fin elle a repris les exemples cités par les élèves pour qu'ils notent la définition à côté (R-12).

Notre analyse de cette phase nous a permis d'inférer plusieurs invariants opératoires qui guident l'action de l'enseignante. Dans le Tableau 8.8, nous présentons les invariants déduits dans notre analyse.

Tableau 8.8 - Invariants opératoires inférés dans phase E2

IO-1.	Il est important de définir le concept d'algorithme ;
IO-2.	Il est important de prendre en compte les réponses des élèves ;
IO-3.	Il est important que les élèves participent de la formalisation des concepts ;
IO-4.	Il est important que la définition soit coconstruite avec les élèves ;
IO-5.	Il est important que les élèves sachent que certaines instructions dans un algorithme doivent respecter un ordre ;
IO-6.	Il est important que les élèves fassent la liaison entre la situation étudiée dans la séance avec d'autres situations déjà travaillées ;
IO-7.	Il est important de mettre en relation la situation avec l'utilisation de Scratch et de Code.org ;
IO-8.	Il est important de faire la liaison avec l'algorithme de Kaprekar déjà étudié ;

D'abord, nous avons observé dans les deux derniers extraits de discours de Vivianne (exposé dans l'analyse des règles d'action) deux invariants opératoires « il est important de définir le

concept d'algorithme » (IO-1) et « il est important que les élèves sachent que certaines instructions dans un algorithme doivent respecter un ordre » (IO-5).

Par ailleurs, nous avons pu observer que l'enseignante, avant de présenter une conclusion ou une définition, cherchait constamment à poser des questions aux élèves et à les faire participer à la mise en commun. Ainsi, nous avons déduit deux invariants « il est important de prendre en compte les réponses des élèves » (EI-2) et « il est important que les élèves participent à la formalisation des concepts » (EI-3). D'ailleurs, Viviane souligne : *« parce que je trouve que c'est bien mieux. À chaque type d'activité, je leur propose toujours d'écrire leur propre bilan. Je pense qu'ils leur restent beaucoup plus quand le bilan vient de leur part, c'est plus intéressant pour eux de le dire avec leurs propres mots. »* (Annexe 8, Q3). Dans ce sens, nous avons inféré l'invariant opératoire (IO-4) « il est important que la définition soit coconstruite avec les élèves ».

Les trois derniers invariants sont liés aux phases où l'enseignante essaie d'établir un parallèle avec des connaissances anciennement acquises par les élèves. Viviane précise :

> *Mon objectif c'était de leur faire trouver qu'ils avaient déjà utilisé des programmes d'instruction ;* ils ont parlé de Scratch. Et ensuite de leur faire repenser à l'algorithme de Kaprekar puisqu'on l'avait à priori tous vu. Et puis leur faire rendre compte qu'on utilise très souvent des algorithmes, des *programmes de construction*. D'autres groupes m'ont parlé de *recettes de cuisine*. Ils ont donné des exemples variés. Après, des notices d'instruction qui permettent de réaliser telle ou telle action. Il y en a même qui m'ont parlé de *programme de calcul. Finalement, se rendre compte qu'on va avoir recours très souvent à un algorithme sans forcément prononcer le mot.* (Annexe 8, Q7)

Nous observons dans le discours de Viviane que d'abord « il est important que les élèves fassent la liaison entre la situation étudiée dans la séance et d'autres situations déjà travaillées » (IO-6) et ensuite « il est important de faire la liaison avec l'algorithme de Kaprekar déjà étudié » (IO-8). L'enseignante veut montrer aux élèves qu'ils avaient déjà utilisé ce concept sans savoir le formaliser. Par ailleurs, l'enseignante a un intérêt particulier à faire un parallèle avec le travail fait par les élèves durant l'année précédente avec Scratch : « *je trouvais donc bienvenu ici qu'ils parlent de Scratch et de* Code.org *parce que ça fait vraiment le lien avec ce qu'on va utiliser en salle informatique.* » (Annexe 8, Q9). Ainsi, nous avons déduit l'invariant opératoire « il est important de mettre en relation la situation avec l'utilisation de Scratch et de Code.org » (IO-7).

Par rapport à la composante inférence, nous en avons identifié une que nous présentons dans le Tableau 8.9.

Tableau 8.9 - Inférence identifiée dans la phase E2

1. Les élèves ont du mal à formuler la définition ainsi, l'enseignante a dû guider le moment de formalisation.

En effet, les élèves ont eu du mal à énoncer la définition et elle les a plus guidés pour l'écriture du bilan, au final c'est l'enseignante qui a dicté la définition commune.

D'une façon générale, nous avons pu analyser l'action de l'enseignante pour introduire la notion d'algorithme. L'enseignante a fait un retour réflexif sur la mise en œuvre de la séance en disant :

> *Je pense que je la réutiliserai parce que c'était intéressant.* Par contre, je ferai attention à bien faire le parallèle tout de suite au fur et à mesure avec ce qu'on utilise sur Scratch et puis, peut-être, raccourcir le temps accordé sur la deuxième partie pour aller un peu plus vite. Sinon*, j'ai bien aimé cette activité et les élèves en ont gardé quelque chose*. (Annexe 8, Q19)

Nous observons qu'elle pense continuer à utiliser cette situation didactique, mais en faisant un parallèle avec Scratch. Cette décision est liée aussi au fait qu'elle trouve que les élèves ont eu beaucoup des difficultés pour travailler avec la notion de « condition » pendant la leçon.

Compte tenu ce qui précède, nous avons pu identifier certaines connaissances qui guident la mise en œuvre d'une leçon pour enseigner l'algorithmique et la programmation.

8.4 Conclusion

Nous exposons ici une conclusion sur la mise en œuvre de l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation.

Viviane avait très peu d'expérience liée à l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation. Nous avons observé que la formation et le travail avec sa collègue Jessica ont contribué à sa préparation de ressources. Par ailleurs, les manuels scolaires et le site académique ont été des ressources mères pour avoir des idées pour concevoir cet enseignement, ces ressources étaient aussi présentes dans l'analyse de la trajectoire documentaire de Viviane. Nous avons noté aussi certains traits d'expérience qui nous aident à mieux comprendre le travail documentaire des enseignants vis-à-vis de ce changement de programme.

En ce qui concerne la création collective des ressources avec Jessica, nous avons vu des éléments du style de pensée de ce collectif pour préparer leurs ressources ensemble. Nous avons constaté que les enseignantes partagent leur travail pour créer des progressions par niveaux. Dans cette préparation, elles utilisent la même mise en forme pour les progressions et la même fiche pour les élèves. D'ailleurs, pour créer cette progression les deux enseignantes

ont adapté la plupart des ressources retirées des manuels scolaires. De plus, elles ont pris un ensemble de décisions et, ensuite, chacune a créé une progression qu'elles ont discutée par mels. Par la suite, nous avons identifié un ensemble de jugements communs qui ont guidé la préparation de la leçon. Pour ces enseignantes, la première année de mise en œuvre de l'enseignement de ce thème a été une année pour tester leur projet pilote de progression. D'une façon générale, leur travail collectif a nourri le travail documentaire de Viviane, puisqu'elles échangeaient des pratiques et partageaient des ressources pour cet enseignement. Par ailleurs, dans sa mise en œuvre de la leçon, Viviane conçoit une nouvelle situation en mode débranché qu'elle n'avait pas faite durant la première année de mise en œuvre de la réforme. Cette situation a été inspirée des ressources académiques et de la recherche pour formaliser certains concepts liés à l'enseignement de l'algorithmique. Nous avons observé qu'au moment de la mise en œuvre, l'enseignante a affronté des difficultés pour faire énoncer par les élèves leurs conclusions et formaliser les concepts, surtout pour le travail avec le conditionnel. Ainsi, l'enseignante compte utiliser cette situation pour la prochaine année scolaire, mais en faisant certaines adaptations. D'une façon générale, pour Viviane il est important de définir certains concepts qui n'ont pas été définis l'année précédente, selon elle cette formalisation a fait défaut. Le choix d'une situation débranchée corrobore cette envie de « mettre du sens » dans ce que les élèves font et qui est perdu au moment où ils manipulent les logiciels.

Partie E : Considérations finales et perspectives

Chapitre 9. Considérations finales

Nous présentons dans ce chapitre les considérations finales de notre travail à partir d'un retour réflexif, qui porte sur quatre points : tout d'abord, la mise en relation des analyses des deux cas d'études (§ 9.1) ; ensuite, nos questions de recherche (§ 9.2) ; puis, nous revenons sur nos développements théorique et méthodologique (§ 9.3) ; et pour finir, nous nous attachons au travail développé dans notre thèse du point de vue de perspectives d'étude (§ 9.4).

9.1 Un retour réflexif sur les analyses des deux études de cas

Nous contrastons dans cette section les analyses des deux cas d'études, en deux parties : d'abord nos analyses du suivi longitudinal des enseignantes (§ 9.1.1) ; ensuite, nos analyses de la mise en œuvre de l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation (§ 9.1.2)

9.1.1 Croisement des analyses du suivi longitudinal des enseignantes (dimension A)

Nous présentons dans cette partie certains résultats liés à l'analyse des transformations dans le travail documentaire des deux enseignantes au cours du temps (§ 6 et § 8). Pour ce faire, nous revenons sur les cinq points analysés : la vision panoramique de leurs trajectoires documentaires, les événements qui composent leurs trajectoires, l'analyse des transformations dans leurs systèmes de ressources, l'analyse de la dimension collective du travail documentaire et les connaissances professionnelles.

La vision panoramique de la trajectoire documentaire des deux enseignantes

Nous avons présenté les dominantes documentaires et les événements symboliques de transition pour les deux enseignantes (§ 5.1 et § 7.1). Ces dominantes ont été inférées des discours des enseignantes et de notre analyse des cartographies réalisées. Nous avons présenté pour les deux enseignantes en début de carrière une dominante de création de ressources, puisque les enseignantes présentent dans leurs discours le besoin de « tout créer ». Dans le cas d'Anna, le début du travail collectif à Sésames oriente son action vers une réflexion sur les ressources utilisées pour l'enseignement de l'algèbre, réflexion qui est étendue à des ressources pour d'autres domaines. Celle-ci a engendré un processus de renouvellement intense de ses ressources. Par la suite, Anna s'approche de plus en plus de la recherche grâce à son travail à mi-temps à l'Institut Français de l'éducation. Ainsi, elle revoit certaines ressources dans la perspective de formations et de diffusion en ligne. Pour Viviane,

l'événement qui symbolise une nouvelle orientation dans son travail documentaire est son changement d'établissement, puisqu'elle y signale la découverte de plusieurs ressources.

Les trajectoires documentaires des enseignantes

Nous avons analysé les composantes des deux trajectoires documentaires (§ 5.2 et § 7.2). Nous savons que les fréquences des événements, par année, des deux enseignantes ont une distribution très différente. En effet, nous remarquons dans les cartographies que : la trajectoire documentaire d'Anna présente des périodes de concentration en événements (2005, 2009 et 2013) en donnant une « sensation d'accélération » pour certaines années ; pour ce qui concerne Viviane, des événements sont présents chaque année ou tous les deux ans, en donnant « la sensation d'un rythme régulier ». Il faut souligner que ces deux dernières remarques sont strictement liées à la quantité des événements et non à la quantité des ressources ou à la « qualité » du travail documentaire réalisé. Dans le cas d'Anna, le collectif Sésames a été le moteur de cette accélération, puisqu'il a déclenché un ensemble d'autres événements, tandis que pour Viviane cela a été le travail dans son établissement actuel.

Par rapport aux amplitudes des changements dans les systèmes de ressources des deux enseignantes, nous avons deux situations très différentes : pour Anna, les événements déclenchants ont été la loi sur le socle commun, le début de son travail à Sésames et la sortie d'une brochure de l'IREM ; pour Viviane, cela a été la découverte d'une nouvelle méthodologie pour introduire de nouveaux concepts et la réforme de 2016.

Par ailleurs, nous avons proposé une catégorisation en cinq types d'événements pour analyser les trajectoires documentaires (§ 5.2 et § 7.2). Nous pouvons procéder ainsi par un croisement d'analyses basées sur ces cinq catégories.

Par rapport aux événements liés au travail collectif au cours du temps :

- Dans le cas d'Anna, les événements sont en général liés au travail collectif hors établissement, dans une dynamique de production collaborative vers la diffusion de ressources ;

- Dans le cas de Viviane, ces événements sont en général liés au travail collectif dans l'établissement au travers d'échanges de ressources, du partage de travail et du partage de réflexions sur les pratiques.

En ce qui concerne les changements curriculaires dans les deux trajectoires documentaires des enseignantes :

- Dans le cas d'Anna, deux changements curriculaires ont eu un impact important sur son travail documentaire à savoir la loi sur socle et la réforme du collège. Pour faire face à ces changements, elle a participé à plusieurs collectifs hors établissement et s'est aussi informée grâce à plusieurs réseaux sur Internet sur les ressources disponibles ;

- Dans le cas de Viviane, elle a indiqué deux changements curriculaires qui ont impacté son travail documentaire : le premier est le travail avec les itinéraires de découvertes (IDD) qui a impacté très ponctuellement son travail documentaire ; le deuxième est la réforme du collège de 2016 qui a eu un impact important sur son travail documentaire, en l'amenant à créer des ressources pour l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation et à participer à des formations.

Nous trouvons aussi, dans les deux trajectoires documentaires, des événements liés à la découverte de ressources :

- Dans le cas d'Anna, une ressource transforme tout son enseignement des grandeurs et l'autre lui permet d'avoir accès à l'information sur l'enseignement, régulièrement, sur Internet ;

- Dans le cas de Viviane, les ressources découvertes dans les stages permettent le renouvellement continu de sa pratique.

Par ailleurs, nous avons aussi identifié des événements liés à leur changement de statut :

- Pour Anna, ce type d'événement (mi-temps) l'a fait se rapprocher de la recherche au travers de la participation à des projets ;

- Pour Viviane, le travail comme professeur principal lui a fait chercher de nouvelles ressources pour travailler avec les élèves.

La dernière catégorie concerne les changements liés à l'établissement. Ce type d'événement a ouvert de nouvelles possibilités de travail collectif et des découvertes de nouvelles ressources pour les deux enseignantes, mais plus précisément :

- Dans le cas d'Anna, ces changements ont induit des transformations de son système de ressources, mais ils ne sont pas les plus marquants.

- Dans le cas de Viviane, les changements dans et d'établissements ont été un moteur de développement professionnel plus marquant dans sa trajectoire.

Nous observons aussi que, dans les mêmes catégories, les événements présentés pour chaque enseignante sont de natures très distinctes. Nous présentons dans la Figure 9.1 les cartographies (voir ces cartographies en format plus grand à § 5.1.2 (Figure 5.2) et § 7.1.2 (Figure 7.3) qui nous permettent d'avoir une vision de la distribution des types d'événements au cours des années.

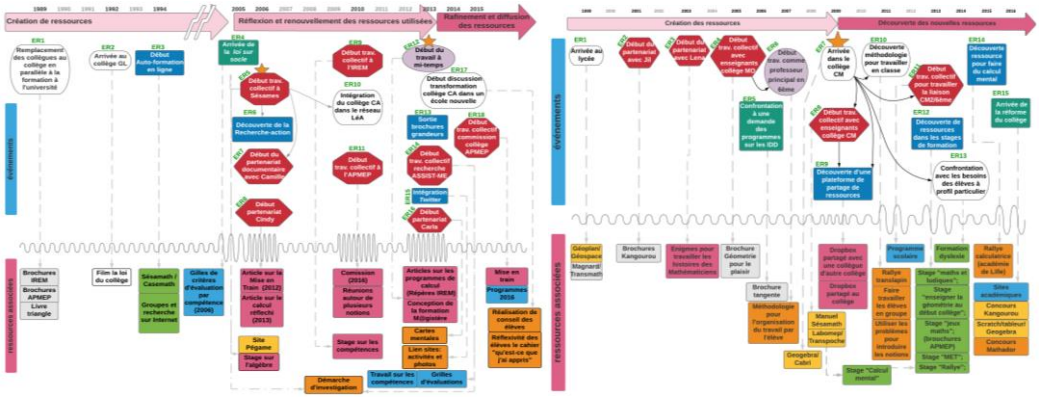

Figure 9.1 – Les cartographies des enseignantes suivies (Anna à gauche et Viviane à droite)

Dans la Figure 9.1, nous repérons au moins quatre éléments structurants : 1) pour Anna le travail collectif augmente à partir de sa rentrée à Sésames et pour Viviane il apparait de façon régulière tout au long de sa carrière. 2) Pour Anna sa trajectoire est composée de moments pour lesquels on voit une accélération de travail documentaire déclenché par l'arrivée d'un ensemble d'événements, par contre pour Viviane nous constatons une certaine régularité au niveau des événements. 3) Par ailleurs, pour les systèmes de ressources, nous observons le contraste entre les ressources liés au travail collectif pour Anna (en rose) et les ressources pour se former pour Viviane (en vert) ; 4) enfin, nous observons que, pour les deux enseignantes, les changements dans l'établissement sont importants pour les transformations de leurs systèmes de ressources.

D'une façon générale, les cartographies nous permettent de présenter une synthèse des types d'événements marquant les transformations dans le système de ressources des enseignantes. Nous concluons qu'Anna a une trajectoire documentaire fortement impactée par le travail collectif hors établissements avec une transition d'un système des ressources principalement orienté *pour son enseignement* à un système de ressources principalement orienté *pour faire des formations et de la recherche*. Viviane a une trajectoire documentaire fortement impactée par les changements et le travail collectif dans son établissement, avec un système de ressources qui se renouvelle au travers des formations auxquelles elle participe.

Nous avons aussi proposé une catégorisation pour présenter les ressources des enseignantes (§ 5.3 et § 7.3). Nous mettons en relation, dans cette section, les résultats pour chaque catégorie.

D'abord, en ce qui concerne les ressources liées au travail collectif :

- Pour Anna, les ressources liées au travail collectif sont fortement développées en raison de *sa multi-appartenance* (§ 2.3.1) à plusieurs collectifs de production de ressources. En effet, ce système est composé de ressources créées au sein de chaque collectif auxquelles elle participe ainsi que par un ensemble de ressources pour partager les ressources en ligne. Dans ce cas, les ressources MET (créées à Sésames) sont des *ressources frontière* avec différents collectifs (IREM, APMEP, autres) ce qui fait d'Anna un *passeur* du style de pensée du collectif Sésames ;

- Dans le cas de Viviane, ses ressources sont liées aux échanges dans l'établissement soit avec tous les enseignants de mathématiques, soit avec une collègue. Ces échanges sont plus forts dans son établissement actuel, puisque les enseignants de mathématiques partagent régulièrement des ressources par Dropbox et font annuellement des stages de formation ensemble. Ainsi, les transformations dans les ressources liées à cette catégorie se font à travers une augmentation des formations suivies par Viviane.

Nous avons repéré dans les deux cas d'étude une augmentation de la part du numérique dans le travail documentaire :

- Dans le cas d'Anna, nous avons vu que le nombre de logiciels pour travailler avec les élèves a augmenté et que les ressources numériques pour partager, recevoir, stocker et gérer l'information occupent une place importante dans son système de ressources. Nous avons mis en évidence un ensemble structuré de ressources numériques pour gérer sa veille numérique et aussi pour travailler collectivement ;

- Dans le cas de Viviane, nous avons montré que, depuis le début de sa carrière, elle utilise les logiciels avec les élèves et au fil des ans ses ressources deviennent plus nombreuses ; ensuite, nous avons souligné l'apparition dans la deuxième période de ressources numériques pour partager ses ressources et l'utilisation des sites institutionnels pour avoir de nouvelles idées pour son cours.

En ce qui concerne les ressources pour se former, nous avons identifié des ressources très différentes dans les deux cas :

- Dans le cas d'Anna, nous savons que, en début de carrière, elle faisait des autoformations en ligne. Ceci n'a pas changé puisqu'Anna utilise toujours des forums et des collectifs en ligne pour s'autoformer ;

- Dans le cas de Viviane, les ressources pour se former tirent leurs origines des stages de formation auxquels elle a participé tout au long de sa carrière. De façon générale, pour obtenir une nouvelle ressource ou satisfaire un besoin (ou envie) de changement, elle cherche dans les formations de nouvelles ressources pour faire évoluer sa pratique.

Par rapport aux ressources pour travailler avec les élèves nous avons quelques différences et similitudes dans les deux cas :

- Dans le cas d'Anna, nous observons que les ressources pour travailler avec les élèves cherchent à stimuler le travail de recherche des élèves, et que plusieurs ressources sont liées à la métaressource MET. De plus, Anna met en place des concours avec ses élèves pour leur faire travailler le calcul mental ;

- Dans le cas de Viviane, nous observons que, depuis le début de sa carrière, elle utilise des ressources dans la perspective de rendre l'enseignement des mathématiques plus attirant à travers des situations considérées comme ludiques. Elle utilise de plus en plus de rallyes et de concours avec ses élèves. Par ailleurs, Viviane aussi utilise des principes de la MET pour travailler le calcul mental avec ses élèves après avoir participé à un stage de formation fait par Anna.

Nous allons maintenant étudier les ressources curriculaires présentes dans le système de ressources des deux enseignantes :

- Pour Anna, le manuel scolaire est la ressource la plus utilisée en début de carrière, mais au fil du temps, elle s'en détache en l'utilisant rarement pour préparer son cours. De plus, deux changements curriculaires — la loi sur socle et la réforme de 2016 — ont une forte influence sur son système de ressources ;

- Pour Viviane, les manuels scolaires sont des ressources qui ont été utilisées tous les jours en début de carrière et qui, encore aujourd'hui, ont une place importante dans la préparation de sa leçon. La réforme de 2016 lui a fait intégrer de nombreuses ressources.

Pour finir, nous nous intéressons aux ressources « issues des différents concepteurs dans l'enseignement de mathématiques ». Dans les deux cas, certaines brochures sont utilisées tout au long de leurs carrières : pour Viviane, c'est le cas des brochures « Kangourou » et

« Géométrie pour le plaisir » ; pour Anna, ce sont les brochures IREM et APMEP qui vont largement impacter des changements dans ses cours.

Nous observons dans les catégories des contrastes entre les deux systèmes de ressources, cependant nous avons aussi trouvé quelques similitudes. Le premier point commun, très intéressant, est constitué par les ressources MET, puisque Viviane a participé a un stage organisé par Anna où a été introduite cette métaressource. Ainsi, Viviane intègre certaines idées de la MET dans sa pratique en classe, comme l'idée de 'réchauffer' les élèves durant les 15 premières minutes de cours avec une situation de calcul mental. Enfin, les deux enseignantes ont leurs systèmes de ressources fortement impactés par le numérique. Bien évidemment, leurs systèmes ont été impactés de façons différentes, mais pour les deux, ces ressources ont ouvert de nouvelles possibilités. Nous amenons les cartographies des systèmes des ressources pour illustrer ce point (Figure 9.2).

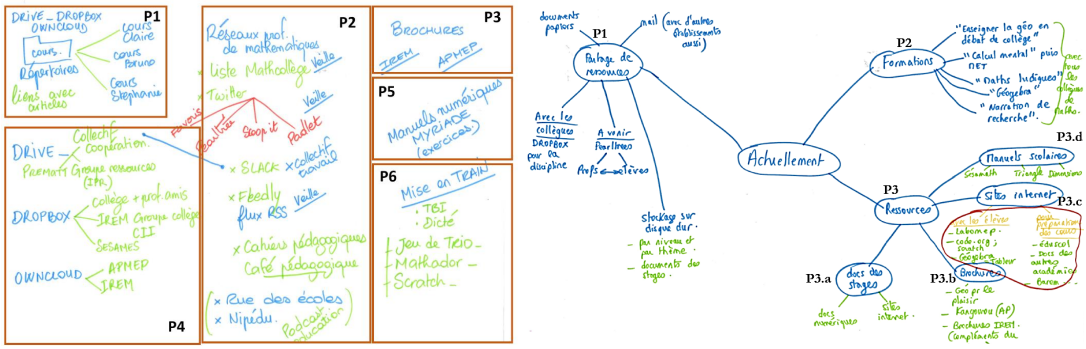

Figure 9.2 - Les CRST dans le denier période pour les deux enseignantes (Anna à gauche et Viviane à droite)

Les ressources numériques occupent 2/3 de la place de la CRSR d'Anna (points P1, P4 et P2) tandis que pour Viviane elles sont circonscrites par le trait rouge comme étant les ressources les plus importantes. Ainsi, nous concluons que le numérique a un rôle important dans le travail documentaire des deux enseignantes.

Le travail collectif des enseignantes

Nous avons choisi des enseignantes avec des profils contrastés par rapport au travail collectif (§ 3.3.2). L'analyse de la dimension collective du travail documentaire des deux enseignantes reflète donc naturellement ce choix (§ 5.4 et § 7.4). En effet, le travail collectif de Viviane est lié aux différents établissements où elle a travaillé, tandis que, pour Anna, il apparaît davantage lié aux collectifs hors établissement auxquels elle participe. Nous avons aussi trouvé une quantité plus élevée de collectifs chez Anna (plus que 20) que chez Viviane (moins que 10).

Dans le cas de Viviane, le travail collectif sert à améliorer ses cours et les situations didactiques pour travailler avec les élèves. Pour elle, les enseignants échangent et enrichissent

leurs pratiques mutuellement. Plus spécifiquement, le collectif dans le collègue CM a un fort impact sur son travail documentaire dans l'idée de se former ensemble en participant à plusieurs stages. Dans le cas d'Anna, le travail collectif lui permet aussi d'améliorer ses pratiques en classe, mais au-delà de ceci, le travail collectif lui permet également de créer des ressources pour dispenser des formations et pour diffuser ces ressources. Plus spécifiquement, dans le cas d'Anna, le collectif Sésames est très important pour son travail documentaire en l'amenant à participer à plusieurs projets de recherche, à faire des formations et à créer des articles pour diffuser son travail. Enfin, pour les deux enseignantes la modalité « partenariat documentaire » est très importante et toujours présente dans leurs trajectoires.

Les traits d'expérience des deux enseignantes

Notre analyse des cas de Viviane et d'Anna a montré des traits d'expérience documentaire très différents pour créer leurs cours (§ 5.5 et § 7.5). Nous mobilisons trois fils conducteurs pour présenter l'effet de certains traits sur le travail documentaire des enseignants.

Le premier fil est « *les ressources pour réfléchir sur l'enseignement des mathématiques et préparer la progression* » (Niveau +3 et +2, Margolinas, § 2 .1.3) : dans le cas d'Anna, dès qu'elle rentre à Sésames, nous avons observé un ensemble de traits qui montrent que les collectifs et les ressources issues des collectifs fondent sa réflexion sur l'enseignement des mathématiques et impactent la progression. Elle investit par exemple beaucoup sur les réflexions sur l'enseignement par compétence et sur le développement de la recherche par les élèves. Dans le cas de Viviane, pour nourrir sa réflexion sur l'enseignement des mathématiques, elle s'investit dans plusieurs formations et dans un travail de proximité avec ses collègues d'établissement pour obtenir de nouvelles ressources. Elle s'investit aussi beaucoup dans la recherche de situations qui rendent les mathématiques attractives pour les élèves et travaille de plus en plus avec des problèmes.

Le deuxième fil est « *les ressources utilisées pour préparer la leçon* » (Niveau +1, Margolinas, § 2.1.3): pour Anna nous avons observé une forte influence du travail collectif et d'un ensemble de ressources recherchées en ligne sur des sites Internet très variés, en parallèle avec une forte réduction de l'usage du manuel scolaire (§ 5.5) ; pour Viviane les traits d'expérience documentaire montrent une diversification dans les ressources pour créer ses cours, mais aussi un usage régulier de manuels pour créer ses ressources (§ 7.5). La diversification qu'elle présente est liée aux usages de sites académiques et du ministère de l'Éducation.

Le troisième fil est constitué par « *les changements dans les ressources sur la mise en œuvre avec les élèves* » (Niveau 0 et -1, Margolinas, § 2 .1.3). Nous observons des traits assez similaires,

puisque les deux enseignantes cherchent des ressources pour que les élèves soient plus actifs en diminuant les séances de correction des exercices. Toutefois, Viviane est plus attachée à motiver les élèves en utilisant des situations ludiques et Anna stimuler les élèves pour qu'ils fassent de la recherche.

9.1.2 Croisement des analyses pour l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation (dimension B)

Nous présentons dans cette partie les croisements de nos analyses de la mise en œuvre de l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation. Pour cela, nous revenons sur les trois points traités dans nos analyses : l'algorithmique et la programmation dans l'expérience des enseignantes ; la production collective des ressources ; et la mise en œuvre d'une séance spécifique.

L'algorithmique et la programmation dans l'expérience des deux enseignantes

Nous avons observé que les deux enseignantes avaient très peu d'expérience de l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation. Ainsi, elles ont dû créer un ensemble de ressources pour l'enseignement de ce thème. Dans le cas d'Anna, son travail à l'université et un atelier sur la robotique avec les élèves ont constitué une première base pour la préparation de ce thème. Notre analyse a montré aussi que, dans son cas, un ensemble d'événements stimule cette réflexion. Ces événements sont liés aux différents collectifs auxquels elle participe (dans et hors établissement) et à l'intégration de Twitter dans son système de ressources., C'est une expérience documentaire de conception collective de ressources et une forte utilisation du numérique qui sont mobilisées face à ce nouveau thème (§ 7.1.1). Viviane a présenté, quant à elle, le travail à l'université comme une première base pour penser cet enseignement, ainsi que les formations proposées par les inspecteurs pour programmer en utilisant Scratch. Notre analyse a montré aussi que les événements liés à son travail collectif dans l'établissement ont permis la préparation de l'enseignement de ce thème. Ainsi, dans le cas de Viviane, c'est une expérience documentaire de participation à des formations et à des échanges avec les collègues qui est mobilisée face à ce nouveau thème (§ 8.1.1).

Nous avons aussi observé des contrastes dans leurs systèmes de ressources pour l'enseignement de ce thème. Dans le cas d'Anna, son système de ressources est fortement influencé par les « personnes » et les ressources « en ligne », les manuels scolaires ayant une influence secondaire (§ 6.1.2). Tandis que Viviane utilise les « manuels scolaires » ainsi que les ressources issues des « formations » qui nourrissent son travail documentaire, en utilisant

certains sites pour compléter son travail (§ 6.1.2). Nous observons que leurs expériences documentaires décrites dans le paragraphe précédent se retrouvent dans les systèmes de ressources des enseignantes. Ainsi, Anna a un système de ressources pour l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation structuré par des ressources issues de son travail collectif et son fort usage du numérique. Viviane a un système de ressources pour l'enseignement de ce thème structuré par les manuels scolaires et son implication dans les formations.

La dimension collective du travail documentaire des deux enseignantes présente aussi des impacts distincts sur leur préparation de l'enseignement de ce thème. Dans le cas d'Anna, le travail collectif est considéré comme un ressort pour aller plus vite et plus loin (§ 6.1.3). Dans le cas de Viviane, le travail collectif est un moyen pour échanger sur les pratiques et pour avoir plus de ressources (§ 8.1.3). Pour les deux enseignantes, le travail avec leurs partenaires documentaires respectifs a été également un moyen d'enrichir leurs systèmes de ressources et d'échanges sur ces pratiques.

Leur expérience documentaire accumulée joue un rôle au moment de cette préparation, puisque certains traits d'expérience documentaire guident cette préparation. Nous pouvons observer ceci pour Anna : les traits liés à la veille numérique, la réduction d'usage du manuel et l'apport du travail collectif impactent la préparation de ces leçons (§ 6.1.4) ; pour Viviane nous pouvons observer les traits d'expérience liés à l'usage significatif des manuels scolaires, de la diversification des ressources utilisées et de la participation dans les formations (§ 8.1.4).

La production de ressources au sein des partenariats documentaires dans les deux cas

Nous avons observé des travaux collectifs très différents dans les deux cas d'étude : Anna-Cindy et Viviane-Jessica. D'abord, nous avons observé que la méthode de création des ressources et les ressources utilisées diffèrent :

- Anna et Cindy créent leur progression en *prenant les décisions ensemble* au cours des séances de préparation. Les deux enseignantes ont aussi leur expérience de travail à Sésames qui influence leurs interactions (§ 6.2). Les enseignantes ont un regard très critique par rapport aux propositions des programmes (Trouche *et al.*, 2019).

- Viviane et Jessica ont *partagé la préparation par niveau* en faisant des échanges par mel régulièrement pendant les vacances scolaires (§ 8,2). Pour les deux enseignantes, les manuels scolaires ont une place importante dans la préparation de ce thème.

Nous avons ainsi une méthode pour Anna-Cindy de « création ensemble » et une autre pour Viviane-Jessica de « partage de travail ».

En ce qui concerne le jugement commun, nous avons observé des visions différentes sur l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation pour les deux partenariats qui ont influencé les ressources utilisées et créées par les enseignantes (§ 6,2 et § 8,2) :

- Anna et Cindy « pensent » que l'enseignement de ce thème est plus lié au travail avec la pensée algorithmique et la recherche par les élèves, en investissant ainsi dans un ensemble de situations en débranché qui favorise ce travail. La programmation est un travail à faire à long terme dans la construction des projets, en évitant une utilisation excessive du logiciel Scratch pour ne pas être attaché à un seul langage ;

- Viviane et Jessica « pensent » que l'enseignement de ce thème permet d'appliquer les concepts mathématiques en utilisant les ressources numériques, les situations ludiques, en investissant ainsi dans un ensemble de situations utilisant la salle informatique. La pensée algorithmique est présentée à travers le travail de l'algorithme de Kaprekar et aussi des liaisons avec d'autres thèmes (comme les constructions géométriques). L'utilisation de Scratch n'est pas un point critique pour les enseignantes, puisque l'environnement est vu dans une perspective très ludique et attirante pour les élèves.

Nous observons ainsi que : pour Anna-Cindy, l'enseignement de ce thème vise à construire un *milieu* (Brousseau, § 2,13) pour favoriser la construction de la pensée algorithmique à travers la résolution des problèmes. Pour Viviane — Jessica, l'enseignement de ce thème vise à construire un *milieu* pour favoriser l'application des concepts mathématiques au travers du travail avec les ressources numériques.

Par rapport au processus de préparation de la progression, nous avons observé qu'il a eu une dynamique différente dans la préparation d'une année à l'autre.

- Dans le cas d'Anna et Cindy, nous observons que, dans la première séance de préparation, elles « surfaient » d'une ressource à l'autre, en créant « un embryon de progression » avec des idées de situations à être traitées dans la première année de mise en œuvre que nous désignerons année projet *pilote*. Dans la deuxième année, elles ont revu les ressources et la progression, en exploitant moins de ressources, mais en les regardant plus en profondeur ce qui peut être caractérisé comme une « plongée » dans chaque ressource. Ainsi, elles ont changé la progression de l'année en se basant sur l'expérience acquise de la première année ;

- Dans le cas de Viviane et Jessica, nous n'avons pas été en mesure d'observer leur préparation, mais au cours des entretiens nous avons observé que la première année est considérée aussi comme une année de projet « pilote ». Les enseignantes ont choisi un

ensemble de situations à mettre en œuvre avec les élèves, ces situations ont été considérées très intéressantes. Cependant, les enseignantes prévoient de changer la progression d'une l'année sur l'autre, puisque les élèves ne sont plus débutants. Viviane a par exemple intégré de nouvelles situations en débranchée pour la deuxième année scolaire de mise en œuvre.

D'une façon générale, les enseignantes ont présenté de nombreux changements d'une année à l'autre, puisqu'elles ont vécu la mise en œuvre d'un nouveau programme. Pour les deux collectifs, l'expérience de la première année de la mise en œuvre a été importante pour pouvoir comprendre ce qu'il faudrait mettre en place et comment faire pour la mise en œuvre de ce nouveau thème.

La mise en œuvre d'une séance

Nous avons analysé une séance pour chaque enseignante, séance qui visait à introduire l'enseignement de l'algorithmique en classe de 5e : pour Anna la situation « Trier les crêpes » et pour Viviane la situation « introduire le vocabulaire de l'algorithmique ». Anna a choisi une situation de recherche qui fait fortement référence à son travail à Sésames (§ 6.3.). Tandis que Viviane a choisi une situation dans un contexte ludique pour définir certains concepts, ce qui est lié à son intérêt pour travailler avec des situations ludiques, et a même été le sujet d'une formation suivie par les enseignants de son collège (§ 8.3.). Dans les deux cas, les enseignantes ont choisi une ressource qui contenait des conseils didactiques et l'ont adaptée pour qu'elle corresponde à leurs objectifs.

Pour les deux enseignantes, dans la mise en œuvre de la leçon, il était considéré comme important de donner aux élèves du temps pour formuler leurs réponses et favoriser les interactions avec leurs camarades. D'ailleurs, dans les deux cas, les enseignantes observaient les réponses des élèves pour avoir un contrôle sur ce qui se passait et elles intervenaient si nécessaire, en mettant en place un ensemble de règles d'action, de contrôle et de prise d'information. Les deux enseignantes ont dû gérer des imprévus dans la mise en œuvre (l'élève en difficulté pour Viviane et les difficultés dans la coanimation de la séance pour Anna), ainsi des adaptations ont été faites tout en suivant leurs objectifs d'enseignement et d'apprentissage.

D'une façon générale, les schèmes mobilisés ont certains invariants opératoires qui se ressemblent, par exemple de considérer les réponses des élèves au moment de la mise en commun. Globalement, les deux enseignantes ont une façon très différente d'introduire l'enseignement de ce thème. Cette différence est accentuée par les choix des situations. En

effet, la situation proposée par Anna est plus ouverte et plus complexe, traitant une situation de recherche en groupe. Tandis que Viviane a choisi un exercice qui, même s'il n'a pas plusieurs réponses possibles, est plus fermé et ne motive pas une recherche approfondie par les élèves. Ainsi, nous avons observé, dans la mise en œuvre d'Anna : un ensemble plus large de consignes à donner ; un travail plus important de différentiation en fonction de la réponse des élèves, liée à la situation choisie. Pour Viviane, les phases de la séance sont rythmées par le changement d'exercice tandis que pour Anna elles sont liées à l'avancée dans la résolution du problème posé.

Par ailleurs, pour les deux enseignantes, l'institutionnalisation constitue une phase délicate, puisque les élèves avaient du mal à formuler leurs conjectures (pour Anna) ou à formaliser les concepts (pour Viviane). L'introduction des nouveaux concepts liés à l'enseignement de ce thème n'était pas simple pour les deux enseignantes : pour Anna, la question du vocabulaire comme les concepts d'algorithme, de programme et de variable ont été des points critiques de sa mise en œuvre ; pour Viviane, la formalisation des concepts d'algorithme et plus particulièrement de branchement conditionnel était des points critiques de sa mise en œuvre.

D'une façon générale, pour les deux enseignantes, nous observons que certaines rétroactions des élèves ou applications des concepts dans l'enseignement de ce nouveau thème leur permettent d'en modifier l'enseignement. Viviane veut changer la durée de la situation et aussi d'en faire plus en croisant avec l'usage de Scratch. Anna veut améliorer l'introduction du concept de variable en faisant utiliser une « vraie boîte en carton » pour expliquer la notion d'affectation. Nous concluons ainsi le processus de création des ressources pour ce thème à contribuer pour la construction des connaissances par les enseignants et ce processus est en cours.

9.2 Un retour réflexif sur nos questions de recherche

Notre questionnement initial portait sur l'expérience construite par les professeurs, à long terme, en interagissant avec les ressources de leur enseignement. Nous étions particulièrement intéressées à l'enseignement d'un nouveau thème introduit dans l'enseignement des mathématiques, à savoir l'algorithmique et la programmation. Pour cela, nous avons suivi deux enseignantes au collège, pendant une longue durée, dans et hors classe : Anna (trois ans de suivi) et Viviane (deux ans de suivi). Nous avons complété l'analyse de l'activité des enseignantes par l'analyse d'une enquête nationale, qui nous aide à situer notre analyse du terrain dans un contexte plus global. Les deux enseignantes ont été choisies pour avoir des profils contrastés en relation avec leur travail collectif. Notre regard s'est porté

plus précisément sur leurs *trajectoires* et *expériences documentaires* pour analyser leur développement professionnel au fil du temps. Dans cette section nous revenons sur nos trois questions de recherche (§ 2.5) : trajectoire documentaire et transformations du système de ressources (§ 9.2.1) ; interaction avec les ressources et expérience documentaire (§ 9.2.2) ; et travail collectif et expérience documentaire (§ 9.2.3)

9.2.1 Trajectoire documentaire et transformations du système de ressources

Nous avons repéré, dans les deux cas analysés, des dominantes documentaires qui nous ont permis de partager la trajectoire documentaire en périodes. Ces périodes nous ont permis d'avoir une vision générale du travail documentaire des enseignantes en essayant de montrer une certaine continuité au fil des événements (*fidélité conservatrice, § 2.4.4*) et aussi des ruptures (*fidélité créatrice, § 2.4.4*). Par ailleurs, nous savons aussi que certains événements ont des impacts plus forts sur le système de ressources des enseignantes, se traduisant par une *amplitude plus forte du changement du système de ressources*. En outre, nous avons aussi mis en évidence, *en mobilisant le concept de fréquence des événements,* que, certaines années, les enseignantes présentent plus d'événements que d'autres années —— qui peut traduire un mouvement de « ralentissement » ou « d'accélération » des transformations des systèmes de ressources.

Pour pouvoir investiguer la trajectoire documentaire des enseignantes, nous avons développé une méthodologie d'analyse qui nous permet d'identifier les événements professionnels qui ont impacté le travail documentaire des enseignantes. Nous savons ainsi que les trajectoires documentaires des enseignantes sont impactées par les changements curriculaires, les changements d'établissements, les implications dans le travail collectif (dans et/ou hors établissements), les changements de statut et la découverte de certaines ressources. Même si nous avons utilisé les mêmes catégories, cela ne veut pas dire que les trajectoires documentaires sont similaires : nous avons montré, au contraire, de nombreux contrastes entre les deux trajectoires documentaires analysées :

- Dans le cas d'Anna, les événements de sa trajectoire sont fortement impactés par son travail dans différents collectifs dans et hors établissements. Notre questionnaire nous a aidés à mettre en évidence que le fait qu'Anna participe à plusieurs collectifs hors établissements rend son profil très particulier. Parmi ces collectifs, Sésames est très important, permettant à Anna de créer des ressources qui ont structuré sa pratique, comme la métaressource MET. La métaressource MET est aussi mobilisée par Anna dans les formations, ce qui nous a amenée à considérer Anna comme un *passeur* du style de pensée du groupe à travers la diffusion d'une ressource. Nous avons observé dans le cas d'Anna que le changement curriculaire « loi sur socle de 2005 » a été un événement

très important pour sa trajectoire documentaire en l'amenant à réfléchir sur les évaluations par compétence. Enfin, la trajectoire documentaire d'Anna est un parcours qui passe de l'enseignement en classe aux formations, jusqu'à son implication dans la recherche. C'est ainsi que ses ressources vont suivre ce parcours.

- Dans le cas de Viviane, les événements de sa trajectoire sont plus fortement liés à son travail dans son l'établissement. Viviane participe à plusieurs formations avec ses collègues d'établissements qui visent à participer au renouvellement de sa pratique. Pour elle, les échanges sur les pratiques avec les collègues sont porteurs de transformations de son travail documentaire. Par ailleurs, nous avons observé que, dans notre questionnaire, la plupart des répondants signalent que les ressources évoluent en échangeant avec les collègues. Pour Viviane, le fait de participer à plusieurs formations a permis par exemple de participer à une formation dispensée par Anna, qui lui a fait intégrer quelques éléments de la MET dans sa pratique. Par ailleurs, nous avons observé que son arrivée dans son collège actuel a accentué ses échanges avec les collègues. Enfin, la trajectoire documentaire de Viviane est un parcours qui évolue en forte interaction avec les institutions où elle travaille, avec ses collègues de travail et avec les formations qu'elle suit. Ainsi son acquisition de ressources va suivre ce parcours.

Nous avons observé que les deux enseignantes travaillent de façon très proche avec un collègue, leur partenaire documentaire. Pour les deux enseignantes, nous observons une recherche en continu pour améliorer leurs enseignements et pour avoir de nouvelles ressources qui favorisent l'apprentissage des élèves.

Par ailleurs, nous nous sommes penchée de plus près sur un événement commun pour les deux enseignantes à savoir « l'introduction de l'enseignement de l'algorithmique et la programmation proposée par la réforme de 2016 ». Nous avons observé que leurs trajectoires documentaires nous aident à comprendre leur travail documentaire face aux changements curriculaires. Nous avons montré que pour, Anna, les collectifs ont fortement contribué à cette préparation en particulier son travail avec sa partenaire documentaire Cindy et que certains traits d'expérience documentaire ont guidé ce processus. Pour Viviane aussi certains traits d'expérience ont guidé ce processus, plus particulièrement dans son cas une formation faite par les inspecteurs et son travail avec Jessica a été un support pour concevoir ses ressources.

9.2.2 Interaction avec les ressources et expérience documentaire

Nous avons développé un ensemble d'outils pour observer comment les ressources nourrissent l'expérience documentaire des enseignantes. Nous avons analysé les ressources présentées par les enseignantes dans cinq catégories (non disjointes) : des ressources pour se former ; des ressources numériques ; des ressources curriculaires ; des ressources issues du travail collectif ; et des ressources venant d'une variété de concepteurs.

Dans le cas des enseignants qui ont répondu à notre questionnaire, nous avons relevé que les ressources issues d'Internet semblent avoir impacté la façon dont ils présentent et créent leurs ressources. De même, nous avons relevé que les ressources curriculaires, en particulier les manuels scolaires, ont encore une place importante dans l'expérience documentaire des répondants. Par ailleurs, nous avons pu remarquer un usage important de ressources issues de l'association Sésamath, en particulier les manuels scolaires en papier comme en ligne.

Pour nos deux cas d'étude, nous observons des interactions très différentes.

Pour Anna, l'interaction avec les ressources liées au travail collectif hors établissement semble être de plus en plus forte au fil des années, avec des collectifs de plus en plus nombreux. L'usage de la métaressource MET montre comment son travail collectif nourrit sa pratique et explique son retour vers le collectif Sésames. Par ailleurs, les ressources numériques sont très présentes dans son système de ressources et leur présence s'accentue au fil des années. Les ressources venues de Twitter, par exemple, sont très importantes pour le renouvellement des ressources. Anna a un ensemble très structuré de ressources numériques pour travailler collectivement, pour organiser son travail, pour suivre les sorties des nouvelles ressources et pour diffuser ses ressources. En outre, nous avons montré que, pour Anna, les ressources qui sont originaires de l'IREM et de l'APMEP sont considérées comme fondamentales et sont utilisées depuis le début de sa carrière. Pour finir, nous avons observé dans le cas d'Anna la réduction progressive de l'usage du manuel scolaire en le réduisant à une banque d'exercices à donner aux élèves.

Pour Viviane, les ressources pour se former structurent son système de ressources qui se développe en relation avec sa participation à des formations. C'est dans une formation qu'elle a découvert la ressource MET et qu'elle a travaillé avec des situations ludiques. Nous savons aussi que, pour Viviane, les manuels scolaires ont une place importante dans son système de ressources. Cette importance a légèrement diminué au fil des années, mais elle reste tout de même considérée comme une ressource importante pour plusieurs situations différentes. Par ailleurs, certaines ressources originaires du concours Kangourou ou des brochures

« Géométrie pour le plaisir » sont considérées comme fondamentales par l'enseignante dès le début de sa carrière.

Ces interactions différenciées avec les ressources apparaissent bien dans la mise en œuvre de l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation. Dans le cas d'Anna, son intérêt pour les situations de recherche (en liaison avec son travail à Sésames) l'amène à chercher des ressources qui proposent ce type de situations. Dans le cas de Viviane, son intérêt pour des situations ludiques (comme dans une formation à laquelle elle a participé) l'amène à chercher des situations qui soient ludiques. Nous savons que pour les deux enseignantes, des schèmes mobilisés dans les séances analysées pour introduire l'enseignement de l'algorithmique et la programmation ont été influencés par leur expérience documentaire.

9.2.3 Travail collectif et expérience documentaire

Nous avons analysé l'influence du travail collectif sur le travail documentaire des enseignantes et comment cela a nourri leurs expériences documentaires. Tout d'abord, nous avons observé dans le questionnaire que la notion de travail collectif n'a peut-être pas été très claire, puisque pour certains enseignants le travail que nous considérons comme « collectif » (comme production de ressources avec un collègue, réunions au collège, entre plusieurs personnes) n'est pas considéré comme occasion de travail « collectif ». Nous savons que le concept de travail collectif comme faisant partie de leur activité n'est pas explicite pour les personnes interrogées. Cependant, les échanges avec les collègues ont été présentés comme une réponse à un manque de ressources ou comme changements dans le choix des ressources utilisées. Nous constatons ainsi que le 'collectif', pour les enseignants, peut recouvrir différentes réalités, que nous avons tenté d'approfondir dans nos cas d'étude.

Dans le premier terrain d'étude, nous avons déjà souligné le fort engagement de l'enseignante dans le travail collectif dans et hors établissement et comment ce travail a fortement impacté sa production des ressources et sa mise en œuvre en classe. Tout au long de sa carrière, elle a participé à plusieurs collectifs qui relevaient de différents styles de pensée, en contribuant de différentes façons au développement de son travail documentaire. Nous avons aussi observé un ensemble de ressources qui soutiennent son travail collectif. En particulier, le collectif Sésames a été très important dans sa trajectoire en déclenchant plusieurs événements, en connectant sa pratique à plusieurs autres collectifs (*collectif hub*) et en permettant à Anna de créer des ressources qui ont structuré sa pratique, comme la ressource MET. Ce travail à Sésames a des interactions très fortes avec son travail avec Cindy, puisque les deux enseignantes participent à ce collectif et travaillent dans le même établissement. Les deux enseignantes font des formations ensemble en utilisant les ressources de ce collectif et

rédigent aussi des articles basés sur ce travail. D'ailleurs, le travail avec sa partenaire documentaire Cindy dans et hors établissements est très important pour Anna, puisqu'elle manifeste le besoin de connaître « les avis des autres » pour sa conception de ressources. Ainsi, l'enseignante participe à un ensemble de collectifs qui ont parfois en commun des ressources (la MET est travaillée à l'IREM et à l'APMEP) ou des personnes (comme Carla, qui est à l'APMEP et à l'IREM). Nous observons que dans le cas d'Anna il y a une *constellation* (§ 2.3.1) de collectifs qui alimentent son travail documentaire. Cette constellation a aussi influencé la façon dont Anna a intégré les nouvelles propositions curriculaires de 2016. En effet, nous avons mis en évidence qu'elle discute au sujet des nouvelles propositions dans différents collectifs, plus particulièrement, elle a créé sa progression avec sa partenaire documentaire Cindy. D'une façon générale, nous avons montré ainsi que l'expérience documentaire d'Anna se nourrit dans chaque collectif où elle participe et aussi dans les différentes connexions entre les différents collectifs.

Dans le deuxième terrain de recherche, nous avons montré que le travail collectif de l'enseignante est lié à ses échanges avec les enseignants dans son établissement. Nous avons pu observer que, dans chaque établissement, Viviane cherche à travailler avec ses collègues pour produire des ressources communes, en particulier elle cherche à travailler avec une partenaire documentaire. D'ailleurs, nous avons aussi montré que ces collectifs ont apporté différentes contributions pour le travail documentaire de Viviane. Dans son établissement actuel, nous avons observé une interaction forte entre les enseignants et des partages de ressources. Par ailleurs, les enseignants de mathématiques essaient de participer à des formations ensemble pour pouvoir créer des ressources et échanger sur leurs pratiques. Nous avons aussi constaté que, pour faire face aux nouvelles propositions curriculaires de 2016, Viviane a beaucoup échangé avec les collègues de son établissement et qu'ils ont aussi participé à une formation ensemble. Plus particulièrement, elle a préparé ses ressources en échangeant avec sa partenaire documentaire Jessica. D'une façon générale, l'expérience documentaire de Viviane se nourrit de la vie collective dans l'établissement.

Compte tenu ce qui précède sur les effets du travail collectif sur l'expérience documentaire des enseignants, certains collectifs peuvent restructurer leurs systèmes des ressources et/ou être un support pour renouveler les ressources.

9.3 Un retour réflexif sur les développements théorique et méthodologique

Les nécessités de l'analyse de la construction de l'expérience des enseignantes en interaction avec les ressources et les contributions de cette interaction pour leur développement professionnel nous ont amenée à construire un cadre théorique et méthodologique. Cette

construction a demandé une articulation de plusieurs cadres théoriques qui nous ont servi comme une loupe pour regarder ce phénomène. Nous avons pu nous inspirer de ces cadres pour introduire les concepts de *trajectoire* et *d'expérience documentaires*. Nous avons aussi présenté une construction méthodologique dans la collecte des données, dans laquelle nous avons proposé certains outils. Nous présentons dans cette section un retour réflexif sur notre développement théorique (§ 9.3.1) et ensuite sur notre développement méthodologique (§ 9.3.2).

9.3.1 Développement théorique

Le développement professionnel des enseignants des mathématiques à travers leurs interactions avec les ressources est un phénomène complexe qui nous a amenée à articuler des concepts de divers cadres : didactique des mathématiques, didactique professionnelle, ergonomie, psychologie et sociologie.

Nous avons tenté d'analyser le développement professionnel des enseignants pour et en faisant leur activité, en mobilisant le cadre de la didactique professionnelle proposé par Pastré (§ 2.1.1) en articulant avec la notion de schème proposée par Vergnaud (§ 2.1.2). Nous avons en particulier regardé la double face de l'activité des enseignants qui agissent face à des situations qu'ils rencontrent (*activité productive*) tout en apprenant (*activité constructive*). Nous avons tenté d'analyser cette activité en regardant les niveaux proposés par Margolinas (§ 2.1.3) en même temps nous avons cherché à situer les contraintes et les conditions qui favorisent ce travail (inspiré des études de Chevallard, § 2.1.4). D'ailleurs, les niveaux de codétermination de Chevallard (§ 2.1.4) nous ont permis d'être attentif aux conditions et contraintes institutionnelles, mais au moment des analyses nous n'avons pas réussi à exploiter les niveaux, cela reste un point à approfondir.

Ces cadres se sont montrés pertinent pour l'analyse proposée, mais auraient besoin d'être approfondi, en particulier la notion de schème dans l'analyse des transformations des connaissances tout au long de la carrière : elle a été difficile à mettre en œuvre, puisque nous n'avons pas réussi à analyser l'évolution d'une situation (ou plusieurs) tout au long des années. D'ailleurs, la construction de la trajectoire documentaire mobilise des connaissances très larges plutôt liée à une famille d'activités, ainsi c'est dans ce contexte que nous avons introduit la notion de *trait d'expérience documentaire*, qui nous semble très prometteuse. Nous pensons aussi que les questions de l'identité et du travail documentaire doivent être mieux travaillées.

Dans notre étude, nous avons mobilisé plus précisément le cadre de la DAD (§ 2.2.2). Notre travail s'est appuyé sur plusieurs concepts de ce cadre théorique, et a essayé aussi d'avancer

dans l'analyse des évolutions du travail documentaire des enseignants tout au long de leur carrière. Nous avons ainsi introduit les concepts *d'expérience documentaire* et de *trajectoire documentaire*. Ces deux concepts sont proposés dans le but de comprendre la documentation des enseignants qui est le fruit de plusieurs situations de *genèse documentaire,* mais qu'en même temps peuvent déclencher des *genèses identitaires*. C'est dans l'intersection de ces deux genèses que nous situons les deux concepts développés.

Notre conceptualisation a débuté dans cette thèse, nous constatons l'applicabilité des définitions proposés à nos deux cas, cependant ces définitions ont besoin d'être mises à l'épreuve dans d'autres contexte de recherche pour que nous puissions évaluer leurs apports à la communauté. Nous soulignons aussi qu'une avancé sur au moins quatre points critiques s'annonce nécessaire :

- D'abord, le premier point critique est la relation entre la trajectoire professionnelle et la trajectoire personnelle, que nous n'avons pas prise en compte dans cette étude. Ce point peut être observé dans le cas d'Anna, par exemple, qui entre 1994 et 1997 travaillait à mi-temps pour s'occuper de ses enfants ;

- Ensuite, nous soulignons que l'analyse des événements de la trajectoire documentaire est très fortement influencée par l'intérêt du chercheur, ce qui a attiré notre attention peut ne pas être remarqué par un autre chercheur. Cette subjectivité doit être prise en compte dans la lecture des résultats ;

- Par ailleurs, nous attirons l'attention sur le fait que nous nous sommes concentrée sur un nombre très restreint d'événements par sujet analysé, en essayant de regarder ce qui est le plus important dans le travail des enseignants. Nous ne pouvons pas et nous n'avons pas non plus l'intérêt de représenter tous les événements d'une trajectoire d'un enseignant. Ce fait a aussi influencé les résultats présentés ;

- Enfin, notre analyse des transformations du travail documentaire des enseignants au long du temps s'est avérée délicate. Nous avons par exemple un ensemble de ressources très large et les catégoriser a été un point difficile dans notre travail qui nécessite d'être approfondi. Plus particulièrement, la conceptualison des *ressources* et de *système de ressources*. Nous avons aussi que pour les deux enseignantes certaines ressources sont présentes dans leurs systèmes de ressources depuis le début de leur carrière, ce qui nous amène à réfléchir sur la conceptualisation de la durabilité des ressources dans le travail documentaire des enseignants, ainsi nous pensons que le besoin d'approfondir sur ce que nous nommons pour le moment de « *ressources*

durables » dégagent de cette question. Nous avons aussi présenté dans notre thèse les notions des « ressources fondamentales » et « ressources frontière » qui nous semble être critique pour comprendre le système de ressources mais qui ont besoin d'être approfondi aussi.

Par ailleurs, nous avons aussi proposé les notions de *dominante documentaire* et des *événements symboliques de transition* qui nous semblent pertinents pour analyser les continuités et ruptures dans le développement professionnel des enseignants. Ces deux concepts nous ont permis de regarder la trajectoire documentaire par période en regardant les transformations dans le travail documentaire au long du temps. Toutefois, il faut souligner que ces périodes sont des approximations qui nous donnent des éléments de la trajectoire documentaire dans sa globalité, mais qui ne peuvent pas exprimer toute la complexité du travail documentaire des enseignants.

Nous avons aussi proposé les notions *d'amplitude de changement dans le système de ressources* et de *fréquence des événements par année*, qui ont soutenu l'analyse d'une sorte de « mouvement » dans le développement professionnel des enseignants à travers l'interaction avec les ressources. Néanmoins, il est nécessaire de retravailler ce qui dénote un changement d'amplitude au niveau conceptuel voir même au niveau méthodologique, puisqu'au moment de l'analyse, l'opérationnalisation de ces deux concepts s'est avérée complexe pour certains événements. Cependant, la mobilisation de ces deux composantes dans la trajectoire nous semble fructueuse pour analyser les transformations dans le travail documentaire des enseignants de mathématiques.

Nous avons tenté aussi d'approfondir les analyses entre le travail documentaire individuel et collectif. Nous avons mobilisé les concepts de *style de pensée* et de *collectif de pensée* proposé par Fleck (§ 2.3.2) qui nous ont permis de voir les apports de certains collectifs pour le travail documentaire des enseignants ; mais nous avons aussi mobilisé certains concepts proposés par Wenger (§ 2.3.1) qui nous ont permis d'analyser les connexions entre différents collectifs. Cependant, nous avons aussi fait face à plusieurs points critiques dans cette analyse. D'abord, l'analyse du travail collectif des enseignants était basée sur le point de vue d'un membre sans pouvoir le contraster avec le point de vue d'autres membres. Ainsi, cette vision peut-être assez réductrice du travail réalisé par chaque collectif. Par ailleurs, nous avons trouvé une diversité de collectifs dans le cas d'Anna pour lesquels nous n'avons pas assez de données pour détailler son travail collectif, donc notre analyse est restée à un niveau très général. Ensuite, notre analyse a permis de voir l'apport d'un collectif pour le travail individuel des enseignants, cependant nous n'avons pas analysé le mouvement inverse ce qui aurait pu être

complémentaire. Par la suite, nous avons cherché à analyser le travail collectif de groupe qui ont existé, mais n'existent plus, ainsi le travail de reconstitution du collectif de pensée a été basé sur la mémoire d'un membre du collectif. Enfin, le concept de *collectif* peut paraître un peu flou dans notre travail et mériterait d'être analysés plus en profondeur.

D'une façon générale, notre construction théorique nous a permis de regarder les évolutions au sujet du travail documentaire tout au long du temps et les apports pour son développement professionnel. Nous considérons les articulations théoriques proposées comme consistantes et opérationnelles au moment des analyses.

9.3.2 Développement méthodologique

Notre recherche s'intéressait au travail documentaire des enseignants au présent, mais aussi au passé. Pour cela, notre construction méthodologique a combiné des entretiens et des observations du travail réel des enseignants. Nous avons ainsi articulé l'investigation réflexive (§ 3.1.3) et la verbalisation de l'action (§ 3.1.2), ce qui a été très riche pour la création de nos outils méthodologiques. Nous nous sommes basée sur ce cadre pour développer nos outils méthodologiques, plus particulièrement sur les principes de l'investigation réflexive.

Notre construction théorique, plus particulièrement les études déjà développées dans le cadre de la DAD, ont joué un rôle fondamental dans nos choix méthodologiques. Nous avons ainsi importé et transformé certains outils, plus particulièrement nous avons proposé la notion de *cartographie* (au lieu de représentation schématique proposée par Gueudet et Trouche, § 3.1.3) pour représenter aussi bien le système des ressources que la trajectoire documentaire des enseignants. Nous avons aussi différencié celles qui sont faites par le chercheur — *cartographie réflexive* — de celles qui sont faites par l'enseignant — *cartographie inférée*. Ces cartographies comme cela a été le cas pour Hammoud (2012) nous semblent pertinentes pour l'analyse du travail documentaire des enseignants.

Par ailleurs, nous avons aussi travaillé avec un long suivi des deux enseignantes dans deux contextes très différents, ce qui nous a fait adapter nos outils à chaque contexte. Ainsi, nous avons commencé à travailler avec Anna un an avant que Viviane. Le suivi d'Anna nous a servi comme base pour concevoir nos outils méthodologiques pour travailler avec Viviane. Les deux profils contrastés nous ont permis une analyse très riche en présentant deux expériences documentaires très distinctes, par contre cela a rendu complexe la mise en relation entre les deux terrains. Spécialement, il faut souligner que dans le cas d'Anna nous l'avons rencontrée grâce à son implication dans l'institut de recherche, ce fait peut fortement influencer son travail documentaire très lié à la recherche. Enfin, dans les deux cas nous avons analysé leur travail avec une partenaire documentaire, ce qui s'est montré très riche

pour nos analyses et pertinent pour comprendre l'influence du travail collectif sur le travail documentaire des enseignantes.

Nous avons aussi proposé un ensemble de grilles d'entretiens séparées en trois étapes pour l'analyse de la trajectoire documentaire, étapes qui nous semblent pertinentes pour la collecte des données : la première étape pour *repérer* des événements considérés comme importants par les enseignants et la création d'une cartographie de départ pour l'analyse de la trajectoire documentaire. Ensuite, nous avons fait des entretiens pour *explorer* la première cartographie en faisant des insertions ou en explorant un point. Pour finir, nous avons fait des entretiens pour *approfondir* la vision des transformations dans le travail documentaire qui mobilise des cartographies du système de ressources et des visites guidées.

Cette méthode s'est avérée très riche pour la collecte des données, toutefois certains aspects pourraient encore être approfondis. D'abord, nous avons proposé à la fin de notre travail une nouvelle transposition numérique de la cartographie qui n'a pas été présentée aux enseignants, nous pensons qu'il serait très riche pour notre analyse mais aussi pour leur réflexivité sur leur travail d'avoir un entretien de « clôture ». Ensuite, nous avons collecté un ensemble de vidéos (dont certaines sont présents dans la plateforme AnA.doc, § 3.3.1) que nous n'avons pas analysé dans toute leur potentialité visuelle, puisque nous n'avons analysés que les transcriptions et ressources créées par les enseignants. Cette analyse nous semble très riche pour capter le gestuel qui peut nous donner des éléments complémentaires de l'activité des sujets. Enfin, nous avons dû créer des outils pour analyser un travail documentaire qui s'est prolongé sur plusieurs années, en explorant des éléments du passé vécu par les enseignants. Ainsi la mémoire est une contrainte à prendre en compte dans cet exercice, puisqu'elle est fondamentale dans l'exercice de comprendre le travail documentaire réalisé. Nous pensons que d'autres outils pour « accéder » à cette mémoire du travail documentaire passé sont fondamentaux.

Notre recherche a proposé une construction théorique et méthodologique pour analyser la trajectoire et l'expérience documentaire des enseignants et un ensemble de résultats a été obtenus. Cependant, ces résultats doivent être lu dans la spécificité des deux études de cas dans deux contextes très particuliers. D'ailleurs, nous avons mis en œuvre un questionnaire pour avoir une vision plus générale du travail documentaire des enseignants de mathématiques dans les collèges, cependant nous avons eu seulement 409 réponses. Nous ne nous sommes pas prononcée sur la représentativité des répondants. Par ailleurs, ce questionnaire a été proposé au moment où les problématiques de recherches évoluaient encore. Le questionnaire apparaît ainsi un peu décalé par rapport à nos questions de

recherche. La question de l'exploitation conjointe d'une étude quantitative et d'une étude qualitative reste largement ouverte à ce stade.

D'une façon générale, nous avons présenté ici nos constructions théoriques et méthodologiques utilisées pour l'analyse trajectoire et l'expérience documentaire des deux enseignantes, nous souhaitons qu'elles puissent alimenter d'autres recherches. Les limitations dans notre analyse nous conduisent à voir notre recherche comme un processus d'exploration de la trajectoire documentaire et d'expérience documentaire des enseignants. Ainsi, nos réflexions sur ses limitations nous guident vers l'ouverture de nouvelles perspectives en cherchant à approfondir et à chercher à généraliser les résultats obtenus. Dans ce contexte, nous présentons dans la prochaine section les perspectives pour de futures recherches.

9.4 Perspectives

Dans notre thèse, nous avons proposé une construction théorique et méthodologique dans l'objectif d'analyser le développement professionnel des enseignants, interagissant avec les ressources, tout au long de leur carrière. Cette construction nous semble ouvrir des perspectives, en termes de développement (§ 9.4.1), de recherche (§ 9.4.2), et d'implication plus personnelle (§ 9.4.3).

9.4.1 Du point de vue du développement des enseignants

Nous voyons deux pistes principales, autour de l'exploitation des dispositifs de réflexivité, et autour de la prise en compte des dispositifs de « partenariat documentaire ».

Tout au long de notre étude, nous avons mis les professeurs en situation de réflexion sur leurs interactions avec les ressources de leur enseignement, en utilisant des supports de représentation graphique (la cartographie réflexive de leurs trajectoires documentaires). Les professeurs se sont déclarés très étonnés et intéressés par la réflexion qui leur était proposée. Ils n'avaient jamais vécu ce type d'exercice et ont trouvé très positif de réfléchir sur leur travail. Il nous semble que de tels dispositifs de recueils de trajectoires pourraient être intégrés avec profit dans les dispositifs de formation initiale ou continue des enseignants, comme cela a été le cas dans le projet PREMaTT (§ 3.3.1). Cette intégration dans des dispositifs de formation supposera sans doute des adaptations, en fonction des contraintes propres de tel ou tel contexte. Il serait sans doute d'autant plus pertinent dans les cas d'événements symboliques de transition, par exemple changement de curriculum, ou intégration de nouvelles ressources.

Un deuxième élément nous semble pouvoir être exploité largement, c'est le dispositif de « partenariat documentaire », entre des professeurs travaillant régulièrement entre eux pour

préparer leur enseignement. Ces dispositifs existent naturellement, nous l'avons montré dans notre travail. Est-il possible de stimuler leur émergence, par exemple entre professeurs expérimentés et professeurs débutants ? Est-il possible de développer des dispositifs de formation qui utilisent comme relais ces partenariats documentaires au sein des établissements ? Autant de postes ouvertes pour la formation des enseignants !

9.4.2 Du point de vue de la recherche

Du point de vue de la recherche, nous voyons comme trois pistes : une meilleure exploitation de nos données, une mise à l'épreuve de nos propositions conceptuelles, et enfin l'extension, aux collectifs, des notions d'expérience et de trajectoires.

Un premier ensemble de possibilités que notre recherche ouvre est en effet relatif à notre corpus de données, puisque nous avons conscience de ne pas l'avoir assez exploité. Nous sommes consciente que plusieurs éléments du discours des enseignants pourraient être mieux exploités, par exemple les désaccords au sein des collectifs. Par ailleurs, nous avons peu exploités les vidéos des situations du travail documentaire des professeurs, en particulier à partir de la plateforme AnA.doc.

Un deuxième ensemble de possibilités de recherche est lié à l'application des concepts et outils méthodologiques développés afin de chercher une « généralisation », et/ou élargissement et/ou contradiction des résultats obtenus. Il nous semble que l'analyse des expériences et trajectoires documentaires d'autres enseignants pourrait être très riche, nous pouvons penser à un ensemble de variables qui pourraient contribuer à cette réflexion comme : le niveau scolaire (collège, école, lycée, université), contexte culturel (enseignant au Brésil, en Chine, etc.), années d'expérience (enseignants en début de carrière, fin de carrière…), disciplines différentes (du point de vue de la discipline ou), entre autres. Nous pensons aussi que l'analyse des trajectoires peut aussi être centrée sur un thème ou un domaine pour donner des résultats plus spécifiques à l'enseignement des mathématiques.

Nous envisageons enfin une ouverture de nouvelles possibilités d'avancées théoriques du point de vue des collectifs : comment croiser les trajectoires documentaires de deux professeurs, en particulier au sein de partenariats documentaires ? ou dans le cas d'enseignants qui se rencontrent en un point de leur trajectoire (par exemple Anna et Viviane, à l'occasion d'un stage de formation) ? Comment définir la trajectoire documentaire de collectifs de pensée, en relation avec leur style de pensée ? Comment combiner l'étude des trajectoires documentaires individuelles et les trajectoires documentaires de collectif ? Ces réflexions sont sans doute liées au travail de Wenger (§ 2.3.1 et § 2.4.2) qui propose l'analyse de trajectoires d'individus au sein d'une communauté de pratique.

9.4.3 Du point de vue d'une implication plus personnelle

Cette thèse constitue à la fois le point final de plusieurs années de travail, et un point de départ pour réfléchir sur les questions ouvertes, au sein des communautés de recherche dans lesquelles je compte m'intégrer désormais.

Personnellement, cette thèse a été un moment très important de ma trajectoire où j'ai pu apprendre beaucoup, aussi bien sur l'enseignement en France, que sur l'enseignement en général, étant moi-même enseignante de mathématiques en début de carrière. Mon expérience en tant que Brésilienne m'a toujours permis de souligner les contrastes entre deux pays et deux cultures. Le retour au Brésil à la fin de cette thèse me permettra de travailler avec les enseignants et les chercheurs brésiliens dans un autre contexte culturel. Cette thèse a été un défi personnel qui m'a permis d'apprendre de nouvelles langues (Français et Anglais), de réfléchir sur les traductions d'un concept en plusieurs langues (comme les nuances du terme « ressource » en français, « recurso » en portugais, et « resource » en anglais). De ce point de vue, la traduction en portugais que j'ai faite d'un texte fondateur de l'approche documentaire (Gueudet & Trouche 2016) a été très enrichissante.

Cette thèse m'a permis de rencontrer plusieurs cultures de recherche différentes et de travailler dans différentes communautés de recherche : française, bien sûr, mais aussi européenne (CERME à Dublin : Rocha & Trouche, 2017) et internationale (ICMT à Rio voir Rocha, Trouche & Gueudet 2018, ICME-13 à Hambourg voir Rocha, 2018).

Une expérience renouvelée pour moi, après cette thèse, événement symbolique de transition, et une nouvelle étape de ma trajectoire documentaire de chercheuse.

Références

Adler, J. (2000). Conceptualising resources as a theme for teacher education. *Journal of Mathematics Teacher Education*, *3*, 205- 224.

Adler, J. (2010). La conceptualisation des ressources. Apports pour la formation des professeurs de mathématiques. In L. Trouche & G. Gueudet (Éds.), *Ressources vives. Le travail documentaire des professeurs en mathématiques.* (pp. 57-74). Presses Universitaires de Rennes et INRP.

Alturkmani, M. D. (2015). *Genèse des affinités disciplinaire et didactique et genèse documentaire : le cas des professeurs de physique-chimie en France*. Thèse de l'Ecole normale supérieure de Lyon. Consulté à l'adresse https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01256020/document

Alturkmani, M. D., Daubias, P., Loisy, C., Messaoui, A., & Trouche, L. (2019). Instrumenter les recherches sur le travail documentaire des enseignants : le projet AnA.doc. *Education & didactique*, *13*(2)

Alves, C., Coppé, S., Duval, V., Goisiard, A., Kuhman, H., Martin Dametto, S., Piolti-Lamorthe, C., & Roubin, S. (2013). Utilisation des programmes de calcul pour introduire l'algèbre au collège. *Repères IREM*, *92*, 9-30.

Amigues, R. (2009). Le travail enseignant : prescriptions et dimensions collectives de l'activité. *Les Sciences de l'éducation-Pour l'ère nouvelle*, *42*(2), 11-26.

Artigue, M. (2010). The future of teaching and learning mathematics with digital technologies. In C. Hoyles& J.-B. Lagrange (Éds.), *Mathematics Education and Technology-Rethinking the Terrain* (pp. 463-475). Dordrecht: Springer Netherlands.

Bessot, A. (à paraitre Les décisions didactiques de l'enseignant : un modèle pour tenter de les comprendre. In S. Ag Almouloud & G. Pastre de Oliveira, *Atas do II Simpósio Latino-Americano de Didática da Matemática*. Jarinu : Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.

Bodin, A. (2008). Lecture et utilisation de PISA pour les enseignants. Petit x, *78*, 53–78.

Bourgeois, É., & Nizet, J. (2005). Trajectoire de l'apprenant et apprentissage. In É. Bourgeois & J. Nizet (Éds.), *Apprentissage et formation des adultes* (3e éd., p. 125 -154). Paris : Presses Universitaires de France.

Blanchet, A., & Gotman, A. (1992). *L'enquête et ses méthodes : L'entretien*. Paris : Nathan.

Brodeur, M., Deaudelin, C., & Bru, M. (2005). Introduction : Le développement professionnel des enseignants : apprendre à enseigner pour soutenir l'apprentissage des élèves. *Revue des sciences de l'éducation*, *31*(1), 5-14.

Brousseau, G. (1997). *La théorie des situations didactiques*. Présenté à Cours donné lors de l'attribution à Guy Brousseau du titre de Docteur Honoris Causa de l'Université de Montréal, Montréal. Consulté à l'adresse http://www.cfem.asso.fr/actualites/archives/Brousseau.pdf

Brown, M., & Edelson, D. (2003). Teaching as design: Can we better understand the ways in which teachers use materials so we can better design materials to support their changes in practice? *LeTUR Report Series*, 1-11.

Catroux, M. (2002). Introduction à la recherche-action : modalités d'une démarche théorique centrée sur la pratique. *Recherche et pratiques pédagogiques en langues de spécialité*, *21*(3), 8-20. Consulté à https://doi.org/10.4000/apliut.4276.

Chevallard, Y. (1998). Analyse des pratiques enseignantes et didactique des mathématiques. In *Actes de l'UE de la Rochelle* (pp. 91 -118). La Rochelle : Actes de l'UE de la Rochelle.

Chevallard, Y. (2002). Organiser l'étude. 3. Ecologie & régulation. In J.-L. Dorier, M. Artaud, M. Artigue, R. Berthelot, & R. Floris (Éds.), *Actes de la XIe école d'été de didactique des mathématiques* (pp. 41-56). Corps : La Pensée Sauvage, Grenoble.

Chevallard, Y. (2003). Approche anthropologique du rapport au savoir et didactique des mathématiques. In S. Maury & M. Caillot (Éds.), *Rapport au savoir et didactiques* (pp. 81-104). Paris : Editions Fabert. Consulté à l'adresse http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/IMG/pdf/Approche_anthropologique_rapport_au_savoir.pdf

Coppé, S. (2010). Travail collaboratif des enseignants de mathématiques pour la production et la diffusion de ressources pour les professeurs et les formateurs. In B. Schneuwly (Éd.), *Actes du colloque de l'AREF* (pp. 1-10). Genève, Switzerland : Université de Genève. Consulté à l'adresse https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00960316

Corten-Gualtieri, P., Dony, S., & d'Hoop, E. (2010). Dessiner son parcours professionnel, pour en tirer des enseignements. *Revue internationale de pédagogie de l'enseignement supérieur*, *26*(2). Disponible en ligne : http://ripes.revues.org/ (consulté le 11/12/2017).

Cossette, P. (2003). Méthode systématique d'aide à la formulation de la vision stratégique : illustration auprès d'un propriétaire-dirigeant. *Revue de l'Entrepreneuriat*, *2*, 1-17.

Douady R. (1986), Jeux de cadres et dialectique outil-objet, *Recherches en didactique des mathématiques*, *7*(2), 5-31.

Dubar, C. (1998). Trajectoires sociales et formes identitaires. Clarifications conceptuelles et méthodologiques. *Sociétés contemporaines*, *29*, 73-85.

Duval, R. (1993). Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. *Annales de didactique et de sciences cognitives*, *5*(1), 37-65.

Fleck, L. (1934). *Genesis and Development of a Scientific Fact.* University of Chicago Press (Édition 2015).

Fluckiger, C., Boucher, S., & Daunay, B. (2016). Le temps vécu. Discours d'enseignants disposant d'un TNI sur le temps de préparation des cours. *Distances et médiations des savoirs. Distance and Mediation of Knowledge*, *16*, 1-19. https://doi.org/10.4000/dms.1642

Fournier-Plamondon, A.-S., & Racine–Saint-Jacques, J. (2014). (Re) Constituer la trajectoire. *Conserveries mémorielles. Revue transdisciplinaire*, *15*, 1-7.

Goigoux, R., & Vergnaud, G. (2005). Schèmes professionnels. *Les gestes professionnels*, *36*(1), 7-10.

Grangeat, M. (2008). *Le travail collectif enseignant. Comprendre l'activité professionnelle pour concevoir la recherche et la formation.* Habilitation à diriger des recherches. Lille : Université des Sciences et

Technologie de Lille. Consulté à l'adresse https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00595016/document

Gueudet, G. (coord.) (2016). *Etat des lieux des systèmes de ressources. Profils de professeurs individuels et profils de collectifs dans les établissements*, Livrable ReVEA 3.1, accessible à http://anr-revea.fr/

Gueudet, G., & Trouche, L. (2008). Du travail documentaire des enseignants : genèses, collectifs, communautés. Le cas des mathématiques. *Education & didactique*, *2*(3), 7-33.

Gueudet, G., & Trouche, L. (2009a). Vers de nouveaux systèmes documentaires des professeurs de mathématiques ? In I. Bloch. & F. Conne (Éds.), *Nouvelles perspectives en didactique des mathématiques. Cours de la XIVe école d'été de didactique des mathématiques* (pp. 109 -133). Grenoble : La Pensée Sauvage. Consulté à l'adresse https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00459440

Gueudet, G., & Trouche, L. (2009b). Towards new documentation systems for mathematics teachers? *Educational Studies in Mathematics*, *71*(3), 199- 218.

Gueudet, G., & Trouche, L. (2010a). Des ressources aux documents, travail du professeur et genèses documentaires. In L Trouche & G. Gueudet (Éds.), *Ressources vives. Le travail documentaire des professeurs en mathématiques.* (pp. 57-74). Presses Universitaires de Rennes et INRP.

Gueudet, G., & Trouche, L. (2010b). Teaching resources and teachers professional development: towards a documentational approach of didactics. In V. Durand-Guerrier, S. Soury-Lavergne, & F. Arzarello (Éds.), *Proceedings of Sixth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (pp. 1359- 1368). Lyon : INRP. Consulté à l'adresse http://www.inrp.fr/editions/cerme6

Gueudet, G., & Trouche, L. (2012). Teachers' Work with Resources: Documentational Geneses and Professional Geneses. In G. Gueudet, B. Pepin, & L. Trouche (Éds.), *From Text to "Lived" Resources. Mathematics Curriculum Materials and Teacher Development* (pp. 23-41). Dordrecht: Springer Netherlands.

Gueudet, G., & Trouche, L. (trad. K.M. Rocha) (2016). Do Trabalho documental dos professores: gênesis, coletivos, comunidade. O caso da matemática. *Revista de Educação Matemática e Tecnológica Ibero-americana, 6*(3), https://periodicos.ufpe.br/revistas/emteia/article/view/2243

Gueudet, G., Bueno-Ravel, L., Modeste, S., & Trouche, L. (2017). Curriculum in France : A National Frame in Transition. In D. Thompson, M. A. Huntley, & & C. Suurtamm (Éds.), *International Perspectives on Mathematics Curriculum* (pp. 41- 70). Charlotte, NC : International Age Publishing. Consulté à l'adresse https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01599059

Hammoud, R. (2012). *Le travail collectif des professeurs en chimie comme levier pour la mise en œuvre de démarches d'investigation et le développement des connaissances professionnelles. Contribution au développement de l'approche documentaire du didactique*. Thèse. Université Claude Bernard Lyon 1 et Université Libanaise. Consulté à l'adresse http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00762964

Haspekian, M. (2012). Apports et limites du tableur dans l'enseignement de l'algèbre. Questions d'instrumentation. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, *Hors série*, 123-136.

Hoyles, C., & Lagrange, J.-B. (Éds.). (2010). *Mathematics Education and Technology - Rethinking the Terrain*. Dordrecht: Springer Netherlands.

Kahane, J.-P. (2002). *Enseignement des sciences mathématiques : Commission de réflexion sur l'enseignement des mathématiques : Rapport au ministre de l'éducation nationale*. Paris : CNDP et Editions Odile Jacob. Consulté à l'adresse http://smf.emath.fr/ Enseignement/CommissionKahane/

Lagrange, J.-B. (2005). *Instruments, usages et paradigmes dans l'enseignement des Mathématiques : le tableau noir, l'ordinateur et l'Internet*. Texte fait suite à une conférence plénière lors des journées de la commission inter-IREM Mathématiques et informatique, Cergy.

Loisy, C. (2018). *Le développement professionnel des enseignants à l'heure du numérique. Le cas du supérieur. Propositions théoriques et méthodologiques*. Habilitation à diriger des recherches. Lyon : Ecole normale supérieure de Lyon.

Margolinas, C. (2004). *Points de vue de l'élève et du professeur. Essai de développement de la théorie des situations didactiques*. Habilitation à diriger des recherches. Université de Provence - Aix-Marseille I. Consulté à l'adresse https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00429580/document

Maubant, P. (2014). Le travail collectif enseignant : allant de soi, effet de mode convenu ou analyseur décalé de la professionnalité enseignante ? *Questions Vives. Recherches en éducation*, *21*, 1-14. https://doi.org/10.4000/questionsvives.1514

MEN, Algorithmique et programmation. Portail mathématiques du Ministère de l'Education Nationale. (2016a). Consulté le 29 avril 2019 à : http://cache.media.eduscol.education.fr/file/Algorithmique_et_programmation/67/9/RA16_C4_MATH_algorithmique_et_programmation_N.D_551679.pdf .

MEN, Document d'accompagnement pour l'évaluation des acquis du socle commun de connaissances, de compétences et de culture. Éléments pour l'appréciation du niveau de maîtrise satisfaisant en fin de cycle 4. Portail mathématiques du Ministère de l'Education Nationale. (2016b). Consulté le 29 avril 2019 à : http://cache.media.eduscol.education.fr/file/College_2016/74/6/RAE_Evaluation_socle_cycle_4_643746.pdf

Miyakawa, T., Xu, B. (à paraître). Teachers' collective work inside and outside school as an essential source of mathematics teachers' documentation work. In L. Trouche, G. Gueudet, & B. Pepin (Eds.). *A 'resource' approach to Mathematics Education*. Springer.

Modeste, S., Gravier, S., & Ouvrier-Buffet, C. (2010). Algorithmique et apprentissage de la preuve. *Repères IREM*, *79*, 51-72.

Pastré, P. (2005). Genèse et identité. In P. Rabardel & P. Pastré (Éds.), *Modèles du sujet pour la conception : dialectique activités développement* (pp. 231 -259). Toulouse : Octarès.

Pastré, P. (2011). *La didactique professionnelle. Approche anthropologique du développement chez les adultes*. Paris : Presses universitaires de France.

Pepin, B., Gueudet, G., & Trouche, L. (2013). Re-sourcing teachers' work and interactions: a collective perspective on resources, their use and transformation. *ZDM - Mathematics Education*, *45*(7), 929-943.

Pepin, Birgit, Choppin, J., Ruthven, K., & Sinclair, N. (2017). Digital curriculum resources in mathematics education: foundations for change. *ZDM - Mathematics Education*, *49*(5), 645- 661.

Perrenoud, P. (2001). *Développer la pratique réflexive dans le métier d'enseignant*. Paris : ESF Sciences humaines.

Pineau, G., & Le Grand, J.-L. (2013). Des pratiques multiformes. In *Les histoires de vie* (Vol. 5, pp. 5-21). Paris : Presses universitaires de France.

Prieur, M. (2016). *La conception codisciplinaire de métaressources comme appui à l'évolution des connaissances des professeurs de sciences*. Thèse. Lyon : Université Claude Bernard Lyon 1. Consulté à l'adresse https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-01364778v2

Quentin, I., & Bruillard, E. (2009). Le fonctionnement de Sésamath : une étude exploratoire. In C. Develotte, F. Mangenot, & E. Nissen (Éds.), *Actes du colloque « Echanger pour apprendre en ligne »* (p. 171-188). Grenoble : Université Stendhal.

Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies ; approche cognitive des instruments contemporains*. Paris : Armand Colin. Consulté à l'adresse https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01017462

Rabardel, P. (1999). Éléments pour une approche instrumentale en didactique des mathématiques. In M. Bailleul (Ed.), *Actes de la Xe école d'été de didactique des mathématiques* (pp. 202 -213). Caen : IUFM.

Rabardel, P. (2005). Instrument, activité et développement du pouvoir d'agir. In P. Pastré & P. Rabardel (Éds.), *Entre connaissance et organisation : l'activité collective* (pp. 251-265). Paris : La Découverte.

Rabardel, P. (2007). Principes pour la constitution d'une didactique professionnelle. *Activité humaine et conceptualisation. Questions à Gérard Vergnaud.* Coordonné par Merri, M. (pp. 87-90). Toulouse: Editions Presses Universitaires du Mirail

Rabardel, P., & Bourmaud, G. (2005). Instruments et systèmes d'instruments. In P. Rabardel & P. Pastré (Éds.), *Modèles du sujet pour la conception. Dialectiques activités développement* (pp. 211 -229). Toulouse : Octarès.

Remillard, J. T. (2005). Examining key concepts in research on teachers' use of mathematics curricula. *Review of educational research*, *75*(2), 211-246.

Restrepo, A. (2008). Genèse instrumentale du déplacement en géométrie dynamique chez les élèves de 6ème. Thèse de l'Université Joseph-Fourier de Grenoble.

Ricœur, P. (1990). *Soi-même comme un autre*. Paris : Seuil.

Robutti, O., Cusi, A., Clark-Wilson, A., Jaworski, B., Chapman, O., Esteley, C., Goos, M., Isoda, M., & Joubert, M. (2016). ICME international survey on teachers working and learning through collaboration : June 2016. *ZDM – Mathematics Education*, *48*(5), 651-690.

Rocha, K. M. (2018a). Uses of Online Resources and Documentational Trajectories: The Case of Sésamath. In L. Fan, L. Trouche, S. Rezat, C. Qi, & J. Visnovska (Éds.), *Research on MathematicsTextbooks and Teachers' Resources: Advances and issues.* (pp. 235- 258). Cham: Springer.

Rocha, K. M. (2018b). Les trajectoires documentaires, une proposition de modèle pour analyser les interactions des enseignants avec les ressources au fil du temps : la plateforme AnA.doc, un outil d'instrumentation de cette analyse. In *SHS Web of Conferences*, *52*, 02004, 1–10. Consulté à l'adresse : https://www.shs-conferences.org/articles/shsconf/abs/2018/13/shsconf_icodoc2017_02004/shsconf_icodoc2017_02004.html.

Rocha, K. M. (2018c). Documentational trajectory as a means for understanding teachers' interactions with resources over time : the case of a French teacher. In V. Gitirana, T. Miyakawa, M. Rafalska, S. Soury-Lavergne, & L. Trouche (Eds.), *Proceedings of the*

Re(s)sources international conference (pp. 163-166). Lyon : ENS de Lyon, consulté le 8 nov. 2018 à https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01764563.

Rocha, K. M. (à paraitre a). La trajectoire documentaire : un outil pour l'analyse de l'expérience des professeurs avec les ressources de leur enseignement. In S. Coppé & E. Roditi (Éds.), *Actes de la 19e École d'été de Didactique des Mathématiques organisée par l'ARDM*. Grenoble : La Pensée Sauvage.

Rocha, K. M. (à paraitre b). Um estudo das transformações na prática do Professor oriundas da sua interação com os recursos: o aporte do conceito da trajetória Documental. In S. Ag Almouloud & G. Pastre de Oliveira, *Atas do II Simpósio Latino-Americano de Didática da Matemática*. Jarinu : Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.

Rocha, K. M., & Trouche, L. (2016). Da produção coletiva de livros didáticos digitais aos usos feitos professores de Matemática: o caso do grupo francês Sésamath. *Revista de Educação Matemática e Tecnológica Iberoamericana*, *6*(3), 1-22.

Rocha, K. M., & Trouche, L. (2017). Documentational trajectory: a tool for analyzing the genesis of a teacher's resource system across her collective work. In T. Dooley, & G. Gueudet (Eds.) (2017). *Proceedings of Tenth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (CERME10, February 1 – 5, 2017) (pp. 3732-3739). Dublin, Ireland: DCU Institute of Education and ERME

Rocha, K. M., Trouche, L., & Gueudet, G. (2018). Documentational trajectories as a means for understanding teachers' engagement with ressources: the case of French teachers facing a new curriculum. In G. Schubring, L. Fan, & V. Geraldo (Éds.), *Proceedings of the Second International Conference on Mathematics Textbook Research and Development* (pp. 400-409). Rio de Janeiro: Instituto de Matemática, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Rocha, K. M., Wang, C., & Trouche, L. (2017). Documentation expertise and its development with documentation experiences in collectives: a French case of collective lesson preparation

on algorithmic. In G. Aldon, & J. Trgalova (Eds.), *Proceedings of the 13° International Conference on Technology in Mathematics Teaching,* (pp. 285–292). Lyon : Ecole Normale Supérieure de Lyon.

Ruthven, K. (à paraitre). The construct of "resource system" as an analytic tool in understanding the work of teaching. In L Trouche, G. Gueudet, & B. Pepin (Éds.), *A 'resource' approach to Mathematics Education*. Cham: Springer.

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. (2011). *Contribution à l'étude du travail documentaire des enseignants de mathématiques : les incidents comme révélateurs des rapports entre documentations individuelle et communautaire*. Thèse. Lyon : Université Claude Bernard. Consulté à l'adresse https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00768508/document

Sabra, H. (2016). L'étude des rapports entre documentations individuelle et collective : incidents, connaissances et ressources mathématiques. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, *36*(1), 49-95.

Sabra, H., & Trouche, L. (2007). Collective design of an online math textbook: when individual and collective documentation works meet. In M. Pytlak, T. Rowland, & E. Swoboda (Éds.), *Proceedings of the Seventh Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (p.p. 2356-2366). Poland : University of Rzeszów.

Sabra, H., & Trouche, L. (dir.) (2009), Enseignement des mathématiques et TICE, Revue de la littérature de recherche francophone (2002-2008), Lyon, France : INRP. En ligne http://www.inrp.fr/editions/editions-electroniques/enseignement-des-mathematiques-et-tice

Schön, D. A. (1987). *Educating the reflective practitioner: Toward a new design for teaching and learning in the professions*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.

Sensevy, G., & Mercier, A. (Éds.). (2007). *Agir ensemble : l'action didactique conjointe du professeur et des élèves*. Rennes : PUR.

Theureau, J. (2010). Les entretiens d'auto-confrontation et de remise en situation par les traces matérielles et le programme de recherche « cours d'action ». *Revue d'anthropologie des connaissances*, *4*(2), 287-322.

Thomazet, S., & Mérini, C. (2014). Le travail collectif, outil d'une école inclusive ? *Questions Vives. Recherches en éducation*, *21*, 1-18. https://doi.org/10.4000/questionsvives.1509

Trouche, L. (2003). From artifact to instrument: mathematics teaching mediated by symbolic calculators. *Interacting with computers*, *15*(6), 783- 800.

Trouche, L. (2003). *Construction et conduite des instruments dans les apprentissages mathématiques : nécessité des orcshestrations*. Habilitation à diriger des recherches. Université Paris 7. Consulté à l'adresse https://hal-lirmm.ccsd.cnrs.fr/lirmm-00105333

Trouche, L. (2016). Didactics of Mathematics: Concepts, Roots, Interactions and Dynamics from France. In J. Monaghan, L. Trouche, & J.M. Borwein, *Tools and mathematics, instruments for learning* (pp. 219-256). Cham: Springer

Trouche, L. (à paraître). Pratiques collaboratives et réflexives autour de la conception des ressources de l'enseignement. Un nouveau regard sur les interactions enseignants/chercheurs. *EducRecherche, Revue de l'Institut National de la recherche en éducation* (Algérie).

Trouche, L., Beauné, A., Bellanca-Penel, P., Bécu-Robinault, K., & Bento, M. (2016). *Des collectifs producteurs et partageurs de ressources, et leurs acteurs - Profils et trajectoires* (Rapport de recherche). ENS de Lyon. Consulté à l'adresse https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01899069

Trouche, L., Gitirana, V., Miyakawa, T., Pepin, B., & Wang, C. (2019). Studying mathematics teachers interactions with curriculum materials through different lenses: towards a deeper understanding of the processes at stake. *International Journal of Educational Research 93*, 53-67, retreived on February 21st at https://doi.org/10.1016/j.ijer.2018.09.002

Trouche, L., Gueudet, G., & Pepin, B. (2018). Documentational approach to didactics. In S. Lerman (Éds.), *Encyclopedia of mathematics education*. New york : Springer.

Trouche, L., Restrepo, A., Quentin, I., & Sabra, H. (2015) État des lieux initial des réseaux et des collectifs dans les disciplines (Rapport de recherche). ENS de Lyon.

Trouche, L., Trgalova, J., Loisy, C., & Alturkmani, M. (2018). *Ressources vivantes pour l'enseignement et l'apprentissage* (Rapport de recherche). ENS de Lyon. Consulté à l'adresse https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01743212

Vergnaud, G. (1994). Le rôle de l'enseignant à la lumière des concepts de schème et de champ conceptuel. In M. Artigue, R. Gras, C. Laborde, & P. Tavignot (Éds.), *Vingt ans de didactique des mathématiques en France* (pp. 177 -191). Grenoble : Pensée sauvage.

Vergnaud, G. (2002). Piaget visité par la didactique. *Intellectica*, *33* (2), 107-123.

Vergnaud, G. (2009). O que é aprender ? In *A aprendizagem matemática na perspectiva da teoria dos campos conceituais.* (pp. 13-35). Curitiba : CRV.

Vergnaud, G. (2011). Au fond de l'action, la conceptualisation. In J.-M. Barbier (Éd.), *Savoirs théoriques et savoirs d'action* (pp. 275 - 292). Paris : Presses Universitaires de France.

Vergnaud, G., & Récopé, M. (2000). De Revault d'Allonnes à une théorie du schème aujourd'hui. *Psychologie française (La Société Française de Psychologie a cent ans)*, *45*(1), 35-50.

Vermersch, P. (1994). *L'entretien d'explicitation en formation initiale et en formation continue*. Paris : ESF Sciences humaines.

Wang, C. (2018). Mathematics teachers' expertise in resources work and its development in collectives. A French and a Chinese Cases. In L. Fan, L. Trouche, S. Rezat, C. Qi, & J. Visnovska (Éds.), *Research on MathematicsTextbooks and Teachers' Resources: Advances and issues*. (pp. 193 213). Cham : Springer.

Wang, C. (2018). *An investigation of mathematics teachers' documentation expertise and its development in collectives: two contrasting cases in China and France.* Thèse. Ecole normale supérieure de Lyon.

Wenger, E. (1998). *Communities of practice: Learning, meaning, and identity*. New York: Cambridge University Press.

Wenger, E. (2005). *La Théorie des Communautés de Pratique: Apprentissage, Sens et Identité* (Tr. Gervais, F.). Québec: Presses de l'Université Laval.