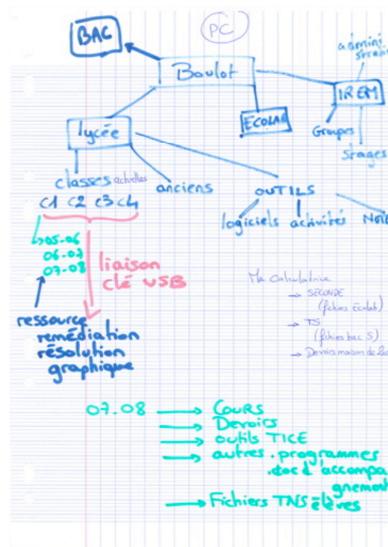


Interaction entre systèmes documentaires personnels et communautaire

Etude dans le cadre du projet e-CoLab

Hussein SABRA



Directeur de mémoire

Luc TROUCHE, INRP (EducTice), LEPS-LIRDHIST (Unive Lyon 1)

Membres du jury

- Caroline BARDINI Université Montpellier II, Laboratoire I3M
- Viviane DURAND-GUERRIER Université Lyon 1, IUFM et LEPS-LIRDHIST
- Gislaine GUEUDET IUFM de Bretagne (UBO), CREAD

Soutenu le 17 juin 2008



Remerciement

Avant tout, je remercie Luc TROUCHE mon maître et directeur, qui, avec sa soutenance dès le début de l'année, ses orientations et aides ont permis à mon travail d'aboutir.

Je remercie Gilles ALDON qui n'a retardé à être le guide à chaque fois que j'en ai besoin.

Je remercie les membres de l'équipe e-CoLab, ainsi que tous mes collègues qui m'ont aidé dans la réalisation de cette étude.

Sommaire

1. Introduction	p.7
2. Etude bibliographique	p.8
2.1 Description de l'étude	p.8
2.2 Conclusion de cette étude	p.8
3. Problématique	p.10
3.1 Problématique	p.11
3.2 Structure générale du document	p.12
4. Cadre théorique	p.12
4.1 Approche instrumentale (Rabardel, 1995, 1999)	p.12
4.1.1 De l'instrument à la genèse instrumentale	p.12
4.1.2 Des schèmes d'utilisation individuels et sociaux	p.13
4.1.3 La mobilisation systémique des instruments	p.13
4.2 Vers une approche documentaire	p.14
4.2.1 Les ressources pour l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques	p.14
4.2.2 Une analogie des genèses : instrumentale /documentaire	p.15
4.2.3 Système documentaire	p.15
4.3 Niveau d'activité, monde et milieu du professeur	p.16
4.3.1 Monde du professeur	p.16
4.3.2 Niveau d'activité et milieu du professeur	p.17
4.3.3 Le monde et les milieux des professeurs	p.18
4.4 Travail collectif et conception des ressources	p.19
4.4.1 Nécessité d'un système d'exploitation didactique	p.19
4.4.2 Orchestration instrumentale	p.19
4.4.3 La construction des ressources entre la conception et l'usage	p.20
4.5 Théorie des communautés de pratique et genèse documentaire	p.21
4.5.1 Définition des communautés de pratique	p.21
4.5.2 Pourquoi des communautés de pratique ? Une genèse communautaire nécessaire	p.22
4.6 Hypothèses de recherche	p.22
5. Méthodologie	p.24
5.1 Le projet e-CoLab	p.24
5.1.1 Description du projet et ses objectifs	p.24
5.1.2 Motifs du choix de l'équipe e-CoLab	p.25
5.1.3 L'émergence des communautés de pratique	p.26
5.1.4 L'évolution d'un modèle de ressources	p.27
5.2 Choix et structure méthodologique pour notre terrain d'étude	p.30
5.2.1 Niveau macro : niveau des systèmes documentaires	p.30
5.2.2 Niveau micro d'un document : choix d'une ressource	p.30
5.2.3 Le choix des outils méthodologiques	p.31

5.3 Premier pas un questionnaire	p.31
5.3.1 La conception du questionnaire	p.32
5.3.2 Sélection de deux enseignants	p.32
5.4 Vers une approche d'un système documentaire individuel : un entretien	p.33
5.5 Le système documentaire communautaire de la CoP : questionnaire et article	p.36
5.6 La place du cavalier dans le système documentaire communautaire	p.38
6. Mise en œuvre de la méthodologie	p.39
6.1 Diffusion du questionnaire et choix de deux enseignants	p.39
6.1.1 Diffusion du questionnaire	p.39
6.1.2 Choix de deux enseignants	p.39
6.2 Déroulement des entretiens	p.41
6.2.1 Déroulement de l'entretien 1 avec Léonard	p.41
6.2.2 Déroulement de l'entretien 2 avec Yvelin	p.42
6.2.3 Après les entretiens...	p.43
6.3 L'article e-CoLab	p.43
6.4 Le questionnaire du professeur (Zuchi 2008)	p.43
7. Analyse des données recueillis	p.44
7.1 Le système documentaire de Léonard	p.44
7.1.1 Analyse du questionnaire du monde de Léonard	p.44
7.1.2 Analyse de l'entretien avec Léonard	p.44
7.1.3 Analyse du schéma de Léonard	p.47
7.1.4 Synthèse du système documentaire de Léonard	p.49
7.2 Le système documentaire d'Yvelin	p.50
7.2.1 Analyse du questionnaire du monde d'Yvelin	p.50
7.2.2 Analyse de l'entretien 2 avec Yvelin	p.51
7.2.3 Analyse du schéma d'Yvelin	p.53
7.2.4 Synthèse du système documentaire d'Yvelin	p.55
7.3 Le système documentaire communautaire	p.55
7.3.1 Analyse du questionnaire de Monique	p.56
7.3.2 Analyse du questionnaire de Jacob	p.56
7.3.3 Les membres constituants de la communauté de pratique	p.57
7.3.4 Analyse du questionnaire (Zuchi 2008) pour le système communautaire	p.57
7.3.5 Analyse de l'article e-CoLab pour le système communautaire	p.59
7.3.6 La ressource Cavalier à la rivière pour le système communautaire	p.60
7.3.7 Synthèse sur le système documentaire communautaire	p.60
7.4 Comparaison des systèmes documentaires	p.61
7.4.1 Comparaison des deux systèmes individuels de Léonard et Yvelin	p.61
7.4.2 Rapports entre les systèmes documentaires : communautaire et individuel de Léonard	p.62
7.4.3 Rapports entre les systèmes documentaires : communautaire et individuel d'Yvelin	p.63

8. Conclusion	p.65
9. Bibliographie	p.68

ANNEXE

- 1- Revue d'articles sur les calculatrices**
- 2- Questionnaire aux enseignants de l'équipe locale de Lyon**
- 3- La grille d'entretien**
- 4- La transcription de l'entretien 1**
- 5- La transcription de l'entretien 2**
- 6- Questionnaire des professeurs (Zuchi 2008)**
- 7- La réaction des enseignants après l'auto confrontation**
- 8- La ressource cavalier à la rivière**

1. Introduction

L'intégration des Technologies pour l'Information et la Communication (TIC) dans l'enseignement des mathématiques est un processus long, qui s'est révélé plus complexe que ce que différents acteurs (institutionnels, chercheurs, professeurs pionniers) imaginaient au départ : les mathématiques et leur enseignement étaient considérées en effet, parmi les disciplines scientifiques, comme le cadre le plus naturel et le plus économique (au sens de l'économie des apprentissages et de l'enseignement) pour cette intégration (Trouche 2002). Les calculatrices, en particulier, commencent à apparaître dans les institutions scolaires dès 1975 et introduisent des perturbations dans le milieu : la prise en main rapide de ces outils par les élèves questionne les enseignants. Des recherches en didactique se développent alors pour répondre à un ensemble de questions : comment favoriser les apprentissages dans des environnements contenant ces outils technologiques ? Quelles sont les conditions de leur intégration dans l'enseignement ? Des questions émergent aussi sur le changement des programmes, la conception de situations mathématiques pertinentes et sur l'évolution nécessaire de l'évaluation de l'élève.

Depuis 30 ans, la complexification des outils technologiques et le développement des recherches didactiques se nourrissent mutuellement : d'une part, les outils technologiques et les environnements informatiques évoluent avec une complexité ascendante au niveau d'usage, de prise en main par les élèves et de la gestion didactique de ces environnements par les enseignants ; d'autre part, les recherches se développent pour questionner une intégration qui prenne en compte les différents constituants du système éducatif, des travaux qui étudient les conditions d'intégration des outils jusqu'aux travaux qui analysent les enseignements et les processus d'apprentissage des TIC (cf. Annexe 1).

Les développements technologiques et les recherches didactiques n'ont pas résolu les problèmes d'intégration dans les classes : de nombreux professeurs sont réticents à utiliser les TIC dans la classe. Ils évoquent différentes raisons :

Les professeurs évoquent deux causes qui soulignent la complexité de l'intégration des TICE dans leur enseignement : des problèmes matériels (comme la difficulté d'accès aux ordinateurs) ; des problèmes didactiques (difficulté d'accès à des ressources pédagogiques intégrant les TICE d'une façon pertinente, difficulté pour réorganiser l'enseignement dans la classe) (Combes et al 2005)

Il est ainsi sans doute nécessaire d'étudier les questions de conception, d'usage et de partage de ressources pédagogiques intégrant les TICE, d'étudier aussi la pertinence de ces ressources au regard des besoins des enseignants, de l'enseignement et de l'apprentissage des mathématiques. C'est à ces études que ce mémoire veut contribuer.

Les recherches en didactique dans un premier temps, dans la période entre 1970 et 1990, se sont centrées plutôt sur l'apprenant comme objet d'étude et sur les différentes conditions qui favorisent son apprentissage. Le statut et le rôle du professeur n'ont commencé à attirer l'attention dans les recherches que récemment : dès les années 90 les travaux des recherches qui se rapportent aux enseignants commencent à se développer (Kieran 2007), mais c'est en 2002 qu'apparaissent des travaux et des théories qui ont comme objets d'études les *pratiques* des enseignants (Ball & Bass 2002 ; Boaler 2003). Le développement méthodologique et théorique de ce domaine de recherches plus particulièrement du point de vue des TIC tient sans doute à la complexification des outils et des environnements de travail. Quand on parle ici d'intégration des TIC, on désigne l'intégration et la mobilisation de ces technologies à la fois dans les classes au service de l'apprentissage (projection des écrans de calculatrice des élèves sur écran par exemple, mais aussi au service de l'enseignant pour l'organisation générale de son travail (échanges des documents numériques, activité par réseaux).

2. Etude bibliographique

2.1 Description de l'étude bibliographique

La réflexion qui a conduit à ce mémoire a été initiée par une étude bibliographique (l'étude intégrale se trouve en annexe 1) sur les travaux récents de recherche, en langue française, concernant les calculatrices dans l'enseignement des mathématiques. Il nous a semblé pertinent de prendre comme point de départ 2002, date de la parution du dernier ouvrage de synthèse (Guin et Trouche 2002).

Les objectifs de cette étude étaient de repérer l'influence de l'introduction des calculatrices sur l'apprentissage et l'enseignement des mathématiques (programmes d'enseignement, situations mathématiques, attentes et besoins des enseignants, effets sur les apprentissages).

On a ainsi repéré l'ensemble des publications, concernant les calculatrices, sur la période considérée (35 publications). N'ont pas été retenues les publications dans les revues de vulgarisation, ainsi que l'ensemble des thèses qui sont soutenues dans cette période. Puis on a analysé plus précisément, parmi ces 35 publications, 10 d'entre elles, permettant d'assurer la présence d'une variété de modalités dans un ensemble de variables : type de publication, type de technologie utilisée, public visé, statuts de l'auteur, type de diffusion, prise en compte de différents éléments du système didactique, la répartition dans le temps entre 2002 et 2008.

2.2 Conclusions de cette étude

Les conclusions tirées de cette étude bibliographique, en correspondance avec les objectifs cités ci-dessus, révèlent une nouvelle centration des études sur la *conception de l'enseignement* des mathématiques dans un environnement où les outils technologiques sont dans un processus de naturalisation : ici le mot « naturalisation » signifie que les environnements technologiques sont pensés comme des constituants naturels des milieux, comme des supports didactiques dans les situations d'enseignement et d'apprentissage.

Au niveau de l'enseignement, l'étude met en évidence un bouleversement important, du point de vue des pratiques des enseignants dans ou hors la classe. Les études dans ce domaine ont évolué : nécessité d'une nouvelle réflexion sur les pratiques, sur le mode de gestion des outils au service de l'apprentissage. La pratique de l'enseignant hors la classe est aussi questionnée, du point de vue de la conception des ressources, liée au développement du travail collaboratif dans des communautés et équipes professionnelles de différents types.

La pertinence de la période choisie (2002-2008) pour cette revue d'articles semble être validée : 2002 semble initier une période focalisée sur les notions de réseau, de travail collaboratif, d'outils nomades¹, de conception de ressources ou d'artefacts². Cette évolution nous semble liée à des changements technologiques : on note en effet un processus de complexification des environnements technologiques au cours du temps, comme le note (Artigue 2008), de simples calculatrices scientifiques et graphiques vers des plates-formes qui gèrent des documents (Aldon *et al* 2008) et qui fonctionnent en réseau (Hivon 2006). Cette évolution nous semble aussi liée à des changements institutionnels, marqués par une réflexion sur la mise en place d'accompagnement des processus d'intégration (Moisan 2006).

¹ Ce dit de l'aspect d'un outil où les mêmes applications qui fonctionnent sur calculatrice et sur PC.

² Le terme artefact désigne un dispositif matériel ou symbolique utilisé comme moyen d'action. On développera la signification de ce terme dans le cadre théorique de ce mémoire.

L'évolution de la considération du *temps* durant cette période paraît significative :

- le temps comme variable à prendre en compte, en distinguant le temps nécessaire à *l'appropriation* de l'outil et le temps nécessaire à sa *mobilisation* au service de l'activité mathématique ;
- le temps au sens de « durée d'expérimentation » : la complexification croissante des environnements informatisés exige des durées d'expérimentation qui s'étalent sur des périodes plus longue, pour la conception des dispositifs, des ressources et l'analyse des apprentissages des élèves.

Il est aussi remarquable de noter la *diversification* de corpus des recherches au cours du temps, qui semble lié à deux facteurs interreliés : d'une part, la variété des cadres théoriques qui structurent ces recherches et, d'autre part, l'évolution des outils technologiques qui exigent, en permanence, un renouvellement des recherches didactiques.

Au cours de ce travail de revue, de nouvelles questions sont apparues, qui mériteraient d'être prolongées au-delà d'une étude bibliographique synthétique. Quelques-unes de ces questions se rapportent aux pratiques des enseignants :

- l'articulation entre environnements TICE et environnement papier-crayon : quelles situations mathématiques et quel rôle des enseignants ?
- le changement de conception des mathématiques pour les professeurs (vers une mathématique expérimentale) : comment se situent les nouveaux enseignants dans ces évolutions ?
- comment les enseignants combinent-ils une documentation personnelle et une documentation liée à un travail collaboratif ou collectif, alimentée par les apports de ressources extérieures ?

Cette dernière question nous a plus particulièrement intéressées, et c'est sur cette stimulation que nous avons engagé le travail de ce mémoire.

3. Problématique

3.1 Problématique

Le développement du numérique et des outils technologiques a une influence, bien mise en évidence par les recherches, sur l'enseignement des mathématiques :

- d'une part, des outils technologiques sont largement présents dans les classes, en particulier les calculatrices de différents types (numérique, graphique et symbolique). Au niveau institutionnel, l'équipement scolaire se développe aussi largement par des salles informatiques (ordinateurs, vidéo projecteur, possibilité de projection des écrans des calculatrices) et l'équipement de connexions en réseau ; enfin l'équipement des enseignants se développe (ordinateurs portables, clés USB et dispositifs qui permettent une connexion des calculatrices entre elles ou avec des ordinateurs ;

- d'autre part, au niveau du numérique, les logiciels (de géométrie dynamique, d'algèbre, tableurs et autres) constituent des supports didactiques importants pour de nombreux enseignants, ainsi que les logiciels de bureautique (Word, open office et autres) pour l'activité de préparation des séances propre de l'enseignant ; par ailleurs, des sites de ressources pour l'enseignement des mathématiques se multiplient.

Les difficultés que rencontrent la plupart des enseignants dans l'usage des outils technologiques, ainsi que dans l'organisation de leur enseignement intégrant des TIC, freinent l'exploitation (ou une exploitation pertinente) didactique de ces environnements. En outre, l'évolution rapide et la complexification des environnements informatiques supposent, certes, des ressources spécifiques, mais aussi des informations sur la bonne mise en œuvre de ces ressources ; pour cela, un simple dépôt des ressources en ligne sur les différents sites ne répond pas complètement aux difficultés que rencontrent les enseignants dans leur pratique enseignante (les 2 points cités dans l'introduction), comme l'indique une étude de l'IREM Paris 7 (2005) : les ressources en ligne sont hétérogènes et donnent peu d'information sur les conditions de leur mise en œuvre.

On peut tirer de tout ce qui précède que la conception, l'évolution des ressources et leur diffusion supposent des nouvelles formes de l'activité de l'enseignant hors classe mais encore des nouvelles formes de travail collectif des enseignants. Mais des questions se posent sur les conditions de ce travail collectif, ainsi que sur les apports mutuels entre les enseignants impliqués. Ces conditions d'échange et la nature des apports mutuels influent directement sur le produit du travail collaboratif, c'est-à-dire les ressources conçues au sein de ces collectifs.

Dans une autre perspective, il s'agit aussi d'une influence du travail collaboratif sur le développement des pratiques individuelles des enseignants : cette participation à une équipe de travail collaboratif offre à l'enseignant une possibilité de discuter ses propres idées, ce qui affecte son point de vue sur l'enseignement des mathématiques et lui donne accès à des nouveaux outils et nouvelles ressources à exploiter dans sa pratique professionnelle. Par contre, on peut faire l'hypothèse que les apports personnels d'un enseignant à une équipe donnée dépendent de sa propre expérience professionnelle. En outre, un enseignant dans une équipe n'est pas isolé socialement : des professeurs sont impliqués dans différents types d'institutions, d'organisations ainsi que, parfois, dans des projets d'expérimentation, ce qui enrichi leur expérience personnelle et influe sur leurs pratiques dans un travail collaboratif.

D'après tout ce qui précède, le questionnement de l'interaction entre le travail individuel et le travail collectif paraît légitime, aussi bien pour la constitution de ressources de l'enseignant que pour sa pratique en classe.

La nature de cette interaction dépend sans doute de différents facteurs :

- l'expérience professionnelle de l'enseignant ;
- son expérience dans le travail collectif ;
- sa position institutionnelle dans le système éducatif (institut ou autre équipe de recherche où il est rattaché).

Chaque enseignant, dans le cadre de son activité professionnelle, en s'appuyant sur sa propre expérience et à partir de sa position, exerce une activité de documentation suivant ses propres besoins et ses propres choix didactiques. La documentation collaborative dépend d'un choix collectif et basé sur un *réseau d'échange* (Béguin 2005), qui doit concilier deux dynamiques antagonistes : la diversité des points de vue des enseignants est une richesse, la convergence de ces points de vue une nécessité pour le travail collaboratif.

Les ressources conçues au sein d'une équipe constituent des apports extérieurs à la documentation personnelle d'un enseignant. Comment le professeur arrive-t-il à combiner sa documentation personnelle avec une documentation collective ? Quelle difficulté suscite cette combinaison ?

3.2 Structure générale du document

Ce document est composé de plusieurs chapitres, nous en avons déjà parcouru les trois premiers :

- le premier chapitre est une introduction qui décrit panoramiquement la thématique de recherche ;
- le chapitre 2 évoque une étude bibliographique, en réponse à une commande, qui a motivé notre implication dans ce sujet de recherche ;
- la problématique avec la structure du document forme le sujet du troisième chapitre ;
- le cadre théorique sur lesquels on s'appuie pour approfondir la problématique constitue le chapitre 4, qui permet de préciser les questions de recherche ainsi que les hypothèses ;
- le chapitre 5 contient la méthodologie suivie dans cette étude ;
- dans le chapitre 6 on décrit la mise en œuvre de la méthodologie ;
- dans le chapitre 7 on présente notre analyse des données recueillies ;
- dans le huitième chapitre on décrit les résultats, essayant de répondre aux questionnements de la problématique ;
- dans le neuvième chapitre, les références bibliographiques ;
- les annexes forment la dernière partie de ce document.

4. Cadre théorique

Pour étudier ces questions, on essaye d'articuler plusieurs cadres théoriques. Mais avant d'aller plus avant, précisons le sens de quelques notions qui peut intervenir dans notre document :

- un *système didactique* est constitué par un enseignant, un apprenant et un savoir réunis ensemble autour d'un projet d'enseignement ou d'apprentissage du savoir (Brousseau 1998) ;
- quand on parlera des « *institutions* » et des *positions institutionnelles* des professeurs, on les utilisera dans le sens de ces mots se rapportant aux institutions officielles aux institutions scolaires et les différentes équipes collectives des enseignants.
- en général le mot « *situation* » sera utilisé dans le sens où il désigne « l'environnement de l'élève mis en œuvre et manipulé par l'enseignant ou l'éducateur qui la considère comme un outil » (Brousseau 1998). Quand on parlera de *la situation du professeur*, ce mot aura un autre sens qu'on précisera ultérieurement (§ 4.3) et d'autre sens, dans le cas où il est introduit on le définira.

Les cadres théoriques utilisés dans notre étude sont des cadres largement utilisés dans des recherches en didactique des mathématiques et TICE, comme *l'approche instrumentale* (Rabardel 1995 et 1999) et ses développements ultérieurs précisant le concept *d'orchestration instrumentale* (Trouche 2005). Seront aussi exploitées des théories récemment importées dans les recherches en didactique et TICE : la théorie des *communautés de pratique* (Wenger 1998). En outre, nous mettons à l'épreuve un cadre théorique récent dont ses concepts ne sont sans doute pas encore stabilisés : *l'approche documentaire* (Gueudet et Trouche 2007) qui est un champ d'application de l'approche instrumentale. Cette grande ligne théorique exploitée dans notre recherche montre bien le caractère vivant des recherches actuelles dans le domaine de didactique des mathématiques et de TICE (voir § 2.2). Enfin, nous tentons d'articuler les notions développées en didactique de *milieu du professeur* (Margolinas 1994) et en ergonomie cognitive de *monde* (Béguin 2005).

4.1 Approche instrumentale (Rabardel 1995, 1999)

4.1.1 De l'instrument à la genèse instrumentale

Cette approche, après son introduction par (Rabardel 1995), a été introduite en didactique des mathématiques (Guin et Trouche 2002) où elle a constitué un cadre riche pour l'étude de l'intégration de divers outils technologiques et informatiques (calculatrices, logiciel de calcul formel, logiciel de géométrie, tableurs) ; elle s'est développée aussi à l'échelle internationale (CNCRE 2000).

Nos connaissances et activités dépendent des *instruments* qui sont mis en œuvre. Vygotsky affirme que les instruments constituent des formes qui *médiatisent* nos rapports à notre environnement et aux savoirs, ils ont une influence qui doit nécessairement être prise en compte (Vygotsky 1985). Comment se construisent ces instruments ?

Les instruments sont subjectifs (Rabardel 1995), ils se construisent par le sujet à partir d'un ou ensemble d'artefacts. Ici le mot artefacts désigne les dispositifs matériels (calculatrice, ordinateur ou logiciel, livres...), mais aussi symboliques (comme le langage, etc...), utilisés comme moyen d'action. Le développement d'un instrument par un utilisateur se réalise tout au long d'un processus : *la genèse instrumentale*. Cette genèse a deux composantes :

- *l'instrumentalisation* qui concerne l'évolution des constituants et des fonctions de l'artefact, de la découverte à la personnalisation vers sa transformation ;
- *l'instrumentation* est relative à l'émergence et à l'évolution des schèmes d'utilisation.

Que sont les schèmes d'utilisations et quel est leur rôle dans l'activité intégrant des artefacts ?

4.1.2 Des schèmes d'utilisation individuels et sociaux

Un *schème* est l'organisation invariante de la conduite pour une classe de situations (Vergnaud 1996). Un schème est formé de quatre catégories de composantes : un but ou des buts d'action, des règles d'action et de contrôle, des *invariants opératoires* et des possibilités d'inférence. Les invariants opératoires sont des connaissances implicites contenues dans un schème. Ils peuvent être, pour un sujet, des concepts en acte, qui ne sont pas forcément conformes aux savoirs reconnus par une communauté scientifique, mais permettent d'organiser l'activité du sujet ;

Dans ce qui précède, on a défini un schème en général, et maintenant on va définir un *schème d'utilisation* d'un artefact qui émerge par le processus d'instrumentation de la genèse instrumentale. Un schème d'utilisation (SU) est défini « comme l'ensemble structuré des caractères généralisables des activités d'utilisation des instruments. Ils permettent au sujet d'engendrer les activités nécessaires à la réalisation des fonctions qu'il attend de l'usage de l'instrument » (Rabardel 1999). Ces SU comportent deux dimensions :

- une *dimension individuelle*, propre à un sujet ;
- une *dimension sociale* car les SU, d'une part, se développent par un processus de conception dialogique entre l'usage et la conception de l'artefact et, d'autre part, font l'objet de processus sociaux de transmission.

Un instrument est donc formé de deux composantes : une partie de l'artefact ou un ensemble d'artefacts exploités par le sujet et un schème d'utilisation avec ses composantes privées et sociales. On peut ainsi dire que l'instrument est élaboré par le sujet au cours d'une genèse qui prend en compte l'artefact et les schèmes. La mise en œuvre de l'instrument consiste à mobiliser les deux processus d'instrumentation et d'instrumentalisation, tandis que sa construction consiste, tout d'abord, l'appropriation de l'artefact.

4.1.3 La mobilisation systémique des instruments

La construction, par le sujet, d'un instrument à partir d'un artefact au cours d'une genèse instrumentale suppose deux conditions :

- une genèse instrumentale s'inscrit dans la durée, le temps est un facteur important à prendre en considération (voir § 2.2) ;
- ce nouvel instrument s'intègre nécessairement dans un *système d'instrument* déjà construit qui conditionne sa genèse instrumentale ; cette intégration débouche sur un nouveau système prenant en compte ce nouvel instrument. Comme l'annonce Rabardel (1999, p. 211) : Les instruments, pour le sujet, ne sont pas isolés. Ils se constituent en système d'ensemble qui forme leur outillage à un moment donné.

Sur le plan didactique, le développement d'un nouvel instrument suppose une réflexion, dans la durée, sur son impact sur le système déjà construit et sur la réorganisation de la reconstruction du système existant.

Un champ d'application de cette approche émerge depuis l'école d'été de didactique des mathématiques en 2007 (Gueudet et Trouche 2007), c'est *l'approche documentaire*.

4.2 Vers une approche documentaire

Avant d'introduire cette approche, nous allons préciser la notion de *ressources* en mathématiques, en particulier prenant en compte le développement technologique et informatique.

4.2.1 Les ressources pour l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques

On désignera par ressources tous ce qui est utilisé comme support d'enseignement et d'organisation des séances dans la classe par un enseignant et support pour l'apprentissage et l'interaction des apprenants. Il s'agit des ressources numériques (logiciels, calculatrices et productions des logiciels- images, fichiers), ressources papier (manuels, fiches dans des classeurs...), ainsi que les ressources en ligne (sites, logiciels et exercices en ligne), mais encore les copies des productions d'élèves, les traces d'échanges entre les enseignants (mail, lettres manuscrites...) peuvent constituer des ressources pour les enseignants.

Un *scénario d'usage* est la description du déroulement prévu d'un enseignement donné comportant non seulement la présentation de la séquence et de ces objectifs, les fiches et les énoncés à destination des élèves, mais aussi des documents d'accompagnement devant faciliter la mise en œuvre de la séquence en classe par un enseignant n'ayant pas participé à son élaboration (Laborde 1999). De la réflexion sur les scénarios va émerger la notion de *ressource pédagogique*. La prise en compte du rôle du professeur et la mise en évidence de sa complexité sous l'intégration des TIC souligne la nécessité de concevoir des outils qui assistent son action dans la classe. La notion de ressource pédagogique pour documenter cette action du professeur émerge comme réponse à cette nécessité (Trouche 2007). Une ressource pédagogique doit fournir d'abord une situation mathématique, mais aussi des éléments permettant de l'exploiter dans un environnement donné, c'est-à-dire d'élaborer un ou plusieurs scénarios d'usage.

En ce qui concerne les situations mathématiques, précisons que les situations construites pour l'enseignement supposent une *transposition didactique* (Chevallard 1985), une rupture épistémologique nécessitant une créativité de la part des concepteurs, à partir de l'existant (les mathématiques déjà-là et les situations didactiques déjà conçues).

4.2.2 Une analogie des genèses : instrumentale/documentaire

Dans cette partie, on développe l'idée de ressources conçues comme des artefacts à partir desquels on développe des instruments qui sont les documents.

Une dialectique ressource/document structure l'approche documentaire, comment ? Les ressources sont considérées comme des *outils* qui peuvent servir l'enseignant pour construire ses propres documents. Comme pour la dialectique artefact/instrument, la construction d'un document à partir d'un ensemble de ressources passe par des phases d'*appropriation* et de *transformation* de la part du sujet. Donc l'ensemble des *ressources/artefacts* donne naissance à un *document/instrument* au cours d'une *genèse documentaire*. Le document intègre un schème d'utilisation, propre à un sujet, associé à cet ensemble de ressources sélectionnées et combinées, pour la réalisation d'une tâche didactique donnée.

Dans cette genèse documentaire, l'instrumentalisation est le processus de transformation des ressources au cours de leur appropriation par les enseignants. L'instrumentation se trouve dans les évolutions des pratiques et idées professionnelles induites par le travail sur ces ressources. Toute l'activité du professeur intervient dans cette genèse où le temps est un facteur à prendre en compte. Comme les genèses instrumentales, les genèses documentaires

sont des processus continus au cours du temps. Le document qui est construit par un professeur peut intégrer d'autres ressources, ce qui conduit à l'évolution des schèmes d'utilisation. Un document construit par un professeur peut donner matière à de nouvelles ressources pouvant être exploitées au cours de nouvelles genèses.

4.2.3 Système documentaire

L'analogie entre les deux approches instrumentale et documentaire se poursuit du point de vue des systèmes d'instrument et des *systèmes de documents*. Rabardel précise (1999, p. 211) : Les systèmes d'instruments sont constitués par l'ensemble organisé des moyens disponibles pour l'activité du sujet en fonction des tâches et des contextes, mais aussi en fonction de ses rapports aux mathématiques à la fois comme objet et comme outil.

Un document ne vit pas d'une façon isolée, l'introduction d'une nouvelle ressource peut être considérée comme un nouveau moyen pour aborder un thème d'enseignement avec d'autres documents. Ainsi, pour un professeur qui développe un document pour son enseignement dans un thème déterminé, l'intégration d'une nouvelle ressource peut fournir un moyen pour raffiner le document déjà construit et donc contribuer à nouveau document qui s'inscrit dans une nouvelle genèse. Les documents se mobilisent ainsi en *système*. Cette mobilisation est liée au rapport qu'entretient un professeur avec les mathématiques comme outil dans son action de documentation, comme objet d'enseignement dans sa pratique enseignante.

On peut en déduire que l'analyse du système documentaire d'un professeur donne des informations sur sa conception des mathématiques et de l'enseignement des mathématiques. Les évolutions des systèmes documentaires, l'intégration d'une nouvelle ressource aux documents déjà construits, l'appropriation et la transformation de cette ressource résultent des schèmes d'utilisation qui organisent les gestes et les activités instrumentés.

Une composante de ces schèmes déjà citée est les invariants opératoires, ce qui suscite un ensemble de questions : quels liens de ces invariants opératoires avec mes systèmes documentaires ? Et comment peut-on repérer ces invariants opératoires dans une activité enseignante, en particulier dans une activité de documentation et comment cette activité influe sur l'enseignement des mathématiques et le système documentaire d'un professeur ou d'un groupe de professeurs ? Les schèmes sont des construits psychologiques et les invariants opératoires dans ces structures sont invisibles ; d'après les usages, on peut cependant inférer des éléments de ses composantes. Dans le cas d'un enseignant, les invariants opératoires sont liés à des *concepts en acte* liés à son vision des mathématiques et de l'enseignement des mathématiques. Ces invariants opératoires se construisent lors de son expérience d'enseignement et selon les situations qu'il a rencontrés. Ce sont des structures cognitives qui découlent et engendrent des régularités dans l'action de l'enseignant. Plusieurs facteurs interviennent dans ces régularités : ses conceptions liées au savoir mathématique, ses conceptions de l'enseignement des mathématiques, les contraintes et sollicitations sociales qui influent la pratique et l'activité du professeur. On s'intéresse plus particulièrement dans le cadre de notre étude à cette composante des schèmes, car d'un part, accepter et approprier des apports extérieurs par un enseignant se situe dans le cadre d'organisation de son activité professionnelle, et d'autre part son action dans le cadre d'un travail collectif est révélateur de sa vision des mathématiques et de l'enseignement des mathématiques. Donc pour un professeur des mathématiques, un document est une entité mixte, composée d'un ensemble de ressources et d'un schème d'utilisation associé à ces ressources, composé de buts, règles d'action, gestes de contrôle et d'invariants opératoires qui forment un fil conducteur entre les gestes documentés et la pensée réflexive du sujet. On peut traduire cette idée par l'équation :

$$\text{Document} = \text{ensemble des ressources} + \text{usages} + \text{invariants opératoires}$$

Ce qui est important dans cette équation est de la penser par son dynamisme au cours du temps.

L'intégration d'un nouveau document dans le système documentaire d'un professeur et les conditions de cette intégration nous conduisent à analyser la structure de ce système documentaire. Tout d'abord un système documentaire est constitué du répertoire des ressources associées aux invariants opératoires qui pilotent les usages de ce répertoire. Et le pilotage de ces usages demande de la part de l'enseignant une mobilisation des règles d'action qui font partie des schèmes. L'activité professionnelle peut être structurée et organisée suivant deux niveaux en articulation forte : les *classes de situations* et les *familles de situations* (Rabardel et Pastré 2005). Ici le mot situation est décrit dans ce qu'il représente du domaine d'activité de l'enseignant. Les classes des situations, c'est l'organisation des situations vécues par un professeur suivant des types de tâches didactiques à accomplir voisines, elles nécessitent donc une mobilisation des mêmes schèmes d'action. Tandis que les familles d'activités sont l'ensemble organisé des classes de situations suivant les finalités didactiques de l'action. Selon (Gueudet et Trouche 2007) trois familles d'activité peuvent être distinguées :

- *organiser son propre enseignement* : adapter les ressources suivant les objectifs d'enseignement, évaluer et réviser l'enseignement ;
- *participer à l'organisation de l'enseignement à travers des activités communes* : participer aux conseils de classe, élaborer des activités interdisciplinaire et autres ;
- *développer une réflexion sur sa propre pratique* (Vasquez-Bronfman 2000) : se former, se remettre en question, se cultiver.

Les familles d'activité ne sont pas conjointes, une interaction intervient toujours entre ces différents niveaux. Une famille d'activité peut regrouper plusieurs classes de situations. Par exemple la famille d'activité « développer une réflexion sur sa propre pratique » peut englober plusieurs classes de situations « discuter avec les collègues l'élaboration d'une séance », « utiliser un logiciel de géométrie dynamique ». Il est important de penser deux facteurs qui interviennent et donnent valeur fonctionnelle aux familles d'activités : le *temps* qui est important pour la genèse documentaire et le facteur *individuel/collectif* qui permet, théoriquement une possibilité de mutualisation dans chacune des familles d'activité.

Le système documentaire comporte une partie visible (ressources évolutives et usages) et une partie invisible (les invariants opératoires). On peut repérer des éléments de la partie visible en élaborant une façon de faire, mais identifier la partie invisible, c'est ici où se cache la complexité.

4.3 Niveau d'activité, monde et milieu du professeur

4.3.1 Monde du professeur

L'intégration d'une nouvelle ressource par un enseignant dans son système documentaire résulte de sa propre réflexion et vient comme réponse à différentes conditions qui interviennent et sous-tendent sa décision. Ces conditions comportent plusieurs dimensions : sociales, professionnelles, institutionnelles, ses relations avec le savoir mathématique. Cette question d'intégration d'une nouvelle ressource dans le système documentaire personnel d'un professeur constitue le noyau de notre étude : au sein de plusieurs types d'apports extérieurs et des interactions multiples et diverses, comment un professeur effectue-t-il ses choix? Pour étudier cette question, nous allons d'abord exploiter la notion du *monde* dans le sens de Béguin (2005). Selon Béguin, « un monde est une saisie par le sujet de certaines propriétés du

réel, dans le cadre de son activité historiquement et socialement situé ». Trois dimensions de cette notion interviennent :

- la dimension praxique qui est définie par le cadre de la pratique du sujet qui lui permet d'utiliser et d'exploiter les ressources de son environnement. Les mathématiques pour un enseignant qui accepte l'intégration des TIC est différente qu'un autre qui trouve les mathématiques sont les mathématiques enseignés par papier/crayon et le tableau noir ;
- la dimension historique définie par le cadre temporel du sujet. Le point de vue des enseignants sur les calculatrices aujourd'hui est différent du point de vue d'hier (Trouche 2002) ;
- la dimension sociale est définie ici dans ce qui se rapporte à la position de l'enseignant dans les institutions. Une séance de statistique au lycée n'est pas la même pour un enseignant qui a conçu des ressources adaptées à ce thème à partir d'une connaissance large du thème mathématique et pour un enseignant dont la connaissance dans ce domaine ne dépasse pas l'horizon de la classe.

La dimension praxique qui se rapporte à l'activité du sujet et sous-tend sa production d'une œuvre nous intéresse, car l'activité de documentation d'un enseignant est influée par cette dimension de son monde professionnel, en interaction forte avec les deux autres dimensions (historique et sociale). Chacune est analysée en fonction des deux autres.

Le *monde professionnel* est lié à un cadre du réel spécifique à cette profession que l'enseignant essaye de *percevoir* afin de *construire* son propre monde. *Faire son métier* d'enseignant (Clot 2007) consiste à arriver à construire ce monde avec ces dimensions praxique, historique et sociale.

Le système documentaire d'un professeur est un révélateur de ce monde, car la documentation est au cœur de l'activité professionnelle d'un enseignant. On peut faire l'hypothèse que l'intégration d'un document dans un système documentaire d'un enseignant résulte de sa compatibilité avec son monde personnel. On peut noter un dynamisme de cette notion et une interaction permanente entre les situations vécues par le professeur et la *mobilisation* de son monde *pour* son activité et *par* son activité. Essayer de pointer des caractéristiques de cette interaction nous conduit à préciser les notions de situations, *de niveau d'activités* et *de milieu du professeur*, puis à identifier les corrélations entre les différentes notions.

4.3.2 Niveau d'activités et milieu du professeur

Les pratiques des professeurs sont complexes, essayer d'analyser ces pratiques suivant des théories est certainement une tâche difficile. On explicite dans ce qui suit des éléments théoriques qui nous permettent de caractériser le milieu du professeur et ses connaissances par rapport à ce milieu.

Commençons par expliquer les niveaux caractéristiques de l'activité du professeur (Margolinas 1993) et, à chaque niveau, essayons de la situer par rapport à la documentation et l'action de documentation. Le niveau le plus général du modèle, le niveau « noosphérique » (N+3), représente la réflexion du professeur sur son enseignement des mathématiques. A ce niveau, l'activité du professeur est non finalisée, mais ses relations avec la noosphère donnent des importations culturelles importantes qu'il ne peut pas toujours contrôler. Le niveau suivant (N +2) est le niveau de conception d'un thème mathématique. A ce niveau là l'activité du professeur consiste à chercher des ressources qui se rapportent à ce thème et peuvent être exploitées dans son enseignement, à penser à la progression du thème dans son enseignement.

Ensuite le niveau de projet (N+1) caractérise l'activité du professeur qui détermine le scénario d'une leçon, c'est à ce niveau qu'intervient la phase de transformation des ressources dans

son action documenté et la réflexion sur des documents en développement. Le niveau didactique (N 0) est le niveau qui prend en compte l'activité de l'enseignant en classe, c'est là où il « publie » et met à disposition des élèves les documents construits et les séquences préparés et des interactions avec les élèves peuvent avoir lieu. Le dernier niveau est le niveau d'observation des actions des élèves (N-1). Cette observation documente bien sûr le professeur : au cours des genèses documentaires ultérieures, ce niveau influe sur les schèmes d'utilisation construits, cette situation vécue par le professeur donnent un raffinement des invariants opératoires du schème d'utilisation mobilisé.

En ce qui concerne l'enseignant, on se limite à ces niveaux car ce qui nous intéresse c'est l'activité du professeur. Si on s'intéresse aux activités des élèves, on peut évoquer les autres niveaux (-2 et -3). Ce qui est important de signaler est que cette modélisation de l'activité du professeur à partir des niveaux est structurelle et pas temporelle : lors de la mise à l'épreuve d'un document (N 0), l'enseignant peut penser à un scénario qui se rapporte à cette leçon (N+1) résultant de ces interactions. Ces différents niveaux d'activités auront lieu pour le professeur, comme pour tout sujet, par une interaction avec un *milieu*. Le milieu est la partie de la situation avec laquelle le sujet est mis en interaction. Il est défini par des aspects matériels (artefacts, ressources, organisation spatiale, etc.) et l'aspect symbolique associée (que faire avec, pourquoi faire avec, comment faire avec...). A chaque niveau d'activité correspond un milieu spécifique, c'est ce qui est noté la structuration du milieu du professeur (Margolinas 1995).

Dans cette partie, on utilise le mot *situation* comme environnement de l'élève, de l'enseignant et même du système éducatif (Brousseau 1998). Le milieu est considéré comme un « oignon » (Brousseau 1990, repris dans 1998) dans lequel la situation de niveau n devient le milieu de la situation de niveau $n+1$.

4.3.3 Le monde et les milieux des professeurs

L'apprentissage du sujet résulte de son interaction avec le milieu, cette interaction est à la fois consommatrice et productrice des connaissances (Margolinas 2002). Mais lors de cette interaction, quelle connaissance est mobilisée ? Un rôle est dédié au monde du professeur dans l'orientation des connaissances qu'il met en œuvre, le professeur apprend de cette interaction, la rétroaction du milieu peut conduire à une modification de ses connaissances. A travers ses actions, le sujet développe ses relations avec son monde, on peut parler là d'un raffinement et d'une contribution à la construction de ce monde. Les systèmes documentaires sont des révélateurs de ce monde du professeur, mais le monde du professeur, par ses relations avec le milieu, peut influencer sur le système documentaire, c'est-à-dire le monde oriente et dirige les gestes d'interaction du professeur avec les différents milieux, qui a leur tour font partie de son action de documentation qui contribue à la reconstitution du monde, comme le dit Pastré (2005) : le soi doit se reconstituer à partir de ses œuvres de toutes les traces de lui même qu'il a laissé dans son vécu

Les traces doivent s'entendre ici pas seulement dans le sens matériel, mais encore dans le sens mental. Pour un professeur, chaque milieu peut contribuer à la construction de son monde d'une façon différenciée. Chaque *niveau d'activité*, avec son milieu correspondant, conduit à la construction du monde du professeur. Par exemple, pour un professeur dans le niveau d'activité (N0), où il dévolue les documents qu'il a déjà construit, le fait de l'appropriation de ces ressources par les élèves est une source d'incertitude et d'interrogation nouvelles de la part de l'enseignant qui peut produire un retour réflexif sur son monde.

On s'intéresse dans notre recherche à étudier ce point de point de vue du travail de documentation du professeur de mathématiques. Les ressources qu'un professeur constitue en

documents sont au cœur de son monde, elles sont le produit et le ressort de sa pratique et de sa réflexion.

4.4 Travail collectif et conception des ressources

4.4.1 Nécessité d'un système d'exploitation didactique

Chevallard (1992) souligne deux conditions de l'intégrabilité des technologies dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques :

- des scénarios d'exploitation didactique clairement définis qui commence par les matériels qu'ils supposent et son mode d'implémentation et se poursuit par la constitution et mise en œuvre systématique d'une ingénierie didactique. Ces scénarios fixent le statut épistémologique et didactique des objets informatiques introduits ;
- une légitimité sociale.

Les scénarios d'exploitation didactique ont besoin d'actualisation permanente du fait du développement professionnel du professeur, des besoins didactiques des élèves qu'il a en charge et à cause de l'évolution permanente des outils technologiques avec un aspect de complexification ascendant. Le problème de l'intégration fonctionnelle des outils technologiques dans notre enseignement est un problème non résolu, lié à l'évolution citée (car elle modifie clairement le milieu didactique). Dans les pratiques de l'enseignement, la marge d'action que permettent les outils technologiques influe sur le savoir à enseigner donc sur le rapport au savoir des intervenants dans le système didactique (élèves, enseignants, savoir). Cela apparaît clairement par les travaux de (Haspekien 2005) : le rapport à l'algèbre diffère suivant qu'il se développe dans un environnement de calcul symbolique (CAS) ou de tableurs.

Comme le souligne Chevallard (1992, p. 195) : D'une manière générale, l'introduction réussie d'un objet technique dans le processus d'enseignement suppose tout un travail, complexe et fort subtil, d'« implémentation » didactique.

Par la suite, il utilise une métaphore informatique pour parler de l'implémentation didactique des objets informatiques. Il parle alors de trois niveaux dont l'interaction est essentielle :

- le niveau de hardware didactique, constitué d'éléments du milieu : les fiches conçues par l'enseignant, les logiciels ainsi que les manuels et les outils technologiques ;
- le software didactique, formé des séquences d'enseignement ;
- et un système d'exploitation didactique assurant la coordination et l'intégration de deux premiers niveaux.

Ce système d'exploitation didactique des situations dans un environnement donné est une condition majeure de *viabilité* des objets informatiques (Chevallard 1992). Le premier élément d'un scénario d'exploitation didactique est constitué du type de matériel qu'il suppose (calculatrices, ordinateurs, etc.), ainsi que de son mode d'implémentation (dans la classe, dans une salle spéciale, etc.), ce que nommera Chevallard la *configuration didactique*. Les instruments construits par les élèves à partir des artefacts informatiques sont nécessairement mis à contribution (voir § 4.1) et la nécessité de ce système d'exploitation didactique a poussé des chercheurs à introduire la notion d'*orchestration instrumentale*.

4.4.2 Orchestration instrumentale

Une *orchestration instrumentale* est une partie d'un système d'exploitation didactique, contextualisée, pour une situation donnée et un environnement donnée. C'est la partie de

système relative à la gestion des artefacts. Comme la définit Trouche (2007) : Une orchestration instrumentale est définie comme la gestion didactique des artefacts d'un environnement informatisé d'apprentissage pour le traitement d'une situation mathématique, dans l'objectif de socialiser, relativement, les genèses instrumentales et d'assister la constitution des systèmes d'instruments.

Sur le plan théorique, le concept d'orchestration instrumentale (Guin & Trouche 2002) traduit la prise en compte de la nécessité d'un système d'exploitation didactique des situations dans un environnement donné. Gérer didactiquement les artefacts suppose de penser à la fois des configurations didactiques (quel agencement des artefacts dans la classe) et *des modes d'exploitation* de ces configurations, en liaison avec les variables de la situation. Dans la définition d'une configuration didactique et de ses modes d'exploitation, deux paramètres importants apparaissent :

- l'obtention des traces de l'activité de l'élève ;
- l'existence d'une relative souplesse ou flexibilité pour pouvoir à la fois assister les usages, accompagner les processus d'instrumentation et reconnaître les processus d'instrumentalisation comme des occasions d'enrichissement des instruments.

Trouche (2007) souligne des effets de l'introduction de cette notion d'orchestration instrumentale :

- d'une part, pour ce qui se rapporte aux ressources et situations mathématiques, la nécessité de la conception des situations mathématiques adaptées et la conception des scénarios d'usage de ces situations ;
- d'autre part, la nécessité d'un *accompagnement des enseignants* pour la conception de ressources pédagogiques adaptées car l'adaptation des ressources, leurs usages ainsi que la gestion didactique de ces ressources en classe par le professeur n'est pas simple dans des environnements informatiques de complexification ascendante : Concevoir des situations mathématiques adaptés à des environnements informatisés donnés, concevoir en même temps des scénarios d'usage de ces situations, constituent des tâches complexes, difficile sans doute à réaliser pour un professeur isolé. (Trouche 2007, in Floris et Conne p.37)

D'où l'intérêt d'un travail collectif des profs des mathématiques pour la conception des ressources pédagogiques adaptées.

4.4.3 La construction des ressources entre la conception et l'usage

La conception des ressources pédagogiques (situations et scénarios) se réalise tout d'abord pour un usage spécifique à un enseignant dans sa propre pratique professionnelle. En se situant dans le cadre de l'approche instrumentale, on peut dire que l'artefact reste un objet neutre tant qu'elle n'est pas assimilée par un utilisateur. On peut ainsi dire que la conception des ressources pédagogiques ne s'arrête pas à l'activité des concepteurs, elle se poursuit dans l'activité des enseignants qui l'utilisent : c'est la thèse de la conception continuée ou *conception dans l'usage* qui non seulement prolonge l'activité du concepteur, mais en réalise une partie (Rabardel et Pastré 2005). A partir d'une ressource donnée, un autre scénario d'usage peut être décrit par un autre enseignant pour la même situation, qui s'appuie éventuellement sur le précédent, ce qui peut ouvrir la voie à un échange entre enseignants et entraîner une évolution de la ressource. C'est tout l'intérêt de la *mutualisation* des ressources. Dans cette perspective, concevoir un dispositif pour la diffusion et l'échange des ressources pédagogiques entre un ensemble des enseignants paraît très intéressant.

4.5 Théorie des communautés de pratique et genèse documentaire

4.5.1 Définition des communautés de pratique

Dans la partie précédente, on a souligné deux éléments :

- intérêt du travail collectif pour la conception de ressources adaptées à des environnements technologiques ;
- nécessité d'une mutualisation et partage des ressources et de dispositifs pour cet échange.

Conformément à la définition que nous avons proposée pour les documents, ce ne sont pas les documents qui peuvent être transmis et mis à disposition des autres enseignants mais la partie visible de ce document (la ressource et ses usages). Echanger simplement des ressources ne permet donc pas une vraie mutualisation (qui supposerait un développement conjoint du travail documentaire), en particulier du point de vue des invariants opératoires, composantes invisibles de ce travail de documentation, qui recèlent les conceptions du savoir mathématique et d'enseignement de cette discipline. Il est donc nécessaire de dépasser le simple échange de ressources, et de permettre, susciter même des discussions entre enseignants et une réflexion commune. D'où de nouvelles questions : dans quels cadres ces discussions peuvent-elles se mener ? Quels dispositifs pour des échanges entre professeur ? Avec quelle organisation ? La théorie développée par Wenger (1998) des communautés de pratique (CoP) nous paraît fournir un cadre adéquat pour traiter ces questions.

Les *communautés de pratique* sont des regroupements *naturels* (professionnels ou informels) qui correspondent à un *engagement partagé* de tous leurs membres qui *collaborent* à un projet commun. La *pratique*, dans la théorie de Wenger, englobe plusieurs éléments qui dépassent la seule pratique individuelle en situation de travail « officielle » (par exemple en classe pour les enseignants des mathématiques) et les dimensions de ce concept de *pratique* constituent des critères pour l'identification des CoP :

- la *participation* active à une entreprise collective où ses membres possèdent des caractéristiques communes dont chacun agit pour faciliter l'engagement des autres membres ;
- l'*entreprise commune* vue comme objectif et processus de la construction de CoP pour un engagement commun) qui *réifient* des éléments de pratique ;
- la production d'objets (symboles, gestes, documents...) qui *réifient* des éléments de pratique, c'est l'ensemble des ressources partagées au sein de l'équipe ;
- le développement d'un *répertoire partagé* qui intègre les résultats de ce processus de réification.

La participation peut comprendre toutes sortes de liens : conflictuels et harmonieux, compétitifs et coopératifs, etc... Pour des professeurs qui travaillent ensemble à un projet de conception de ressources, chacun a son propre monde construit dans le temps au sein d'une expérience propre, personnelle et sociale, participer à un projet commun suppose, certainement, une confrontation de ces divers mondes. Cette confrontation peut être source de conflits, ou/et stimuler la communication.

La *réification*, c'est le processus qui conduit à « chosifier », à mettre en forme l'expérience de la CoP, à l'aide d'objets, d'éléments de langage, de symboles, d'attitudes, de concepts, d'histoires, etc. Ce qui est important dans ce point c'est que l'activité produit des objets, qui, pour ces CoP enseignantes, peuvent être des ressources pédagogiques et d'autres ressources collectées au cours du temps, construites au sein de l'équipe ou groupe des enseignants dans notre cas.

4.5.2 Pourquoi des communautés de pratique? Une genèse communautaire nécessaire

Le but et l'intérêt du travail collectif qu'on évoque est lié à la nécessité de concevoir des ressources pédagogiques adaptées à des environnements technologiques. L'appartenance à un collectif d'enseignants et le partage d'un but commun n'est pas une condition suffisante pour engager une documentation commune : nous faisons l'hypothèse que cet engagement est lié à l'émergence, à partir de ce collectif, d'une communauté de pratique.

Ce qui est important de noter ici c'est que le temps est une condition nécessaire à l'émergence de communautés de pratique. Comment ces communautés émergent et quelles sont les conditions de leur émergence ? Cette question nous conduit à expliciter une nouvelle extension de l'approche instrumentale : *la genèse d'un système documentaire communautaire* (Gueudet et Trouche 2007)

Dans cette nouvelle approche, une communauté émergente représente le sujet collectif, les ressources partagées représentent l'artefact collectif. Le *vivier de ressources* représente les ressources mises en partage dans une communauté, afin de se transformer en document collectif. Un vivier de ressource engendre un *système documentaire communautaire*. Le processus de réification alimente le vivier de ressource et le système documentaire communautaire. Pour que la genèse documentaire communautaire se développe, des conditions nécessaires doivent être présentes :

- un projet collectif de conception/utilisation de ressources ;
- le temps.

Le SFoDEM (Suivi de Formation à Distance pour les Enseignants des Mathématiques), par exemple, est une illustration de cette démarche. C'est un dispositif de formation continue qui s'est développé de 2000 à 2006, où ont émergé plusieurs communautés de pratique (Guin et al 2008). Un *modèle* de ressources s'est construit au cours du temps, qui n'était pas prévisible à l'avance. Le temps de l'apparition et de l'évolution d'un modèle, c'est le temps de la genèse conjointe des documents et des communautés (Gueudet et Trouche 2007). Un autre projet de recherche illustre cette démarche : le projet *e-CoLab* (expérimentation collaborative de laboratoires mathématiques) est un projet qui a comme objectifs d'examiner les potentialités d'un nouvel environnement technologique (calculatrice TI-nspire) à l'enseignement des mathématiques, la conception des ressources pédagogiques permettant la mise en œuvre de ce nouvel outil technologique ainsi que la conception d'un dispositif permettant la mutualisation de ces ressources (description §5.1). D'après l'expérience de SFoDEM, on peut faire l'hypothèse que l'émergence des communautés de pratique au sein de l'équipe e-CoLab et l'évolution des ressources construites au cours du temps conduit à l'émergence d'un modèle : l'évolution de la structure de ressources est à la fois le produit d'usages communs et un ressort pour la documentation commune. Une question nous semble alors centrale : comment le travail communautaire se diffuse dans la documentation de différents professeurs?

4.6 Hypothèses de recherches

On ne peut pas parler simplement d'une *diffusion* des résultats du travail communautaire dans le système documentaire individuel. Le type de travail communautaire dont on parle est un travail de conception de ressources adaptées dans un milieu où les environnements informatiques se complexifient et entraînent des difficultés pour les enseignants. Ce travail demande de la part du professeur de *donner de soi* : son expérience, son point de vue par rapport aux mathématiques, ses relations avec les TIC.

Par ailleurs, le travail et l'activité du professeur au sein d'une l'équipe s'inscrit dans différents niveaux d'activité : professeur noosphérique et professeur constructeur, cette interaction avec des milieux différents produit des connaissances qui font évoluer son monde, ce qui se traduit par une évolution de son système documentaire individuel : accès à des nouvelles ressources, confrontation avec des propositions de différents types d'usages, confrontation avec les mondes différents des autres professeurs, ce qui influe sur le développement de différents types de schèmes.

Ceci nous conduit à faire l'hypothèse qu'il n'y a pas *diffusion* d'un système documentaire communautaire vers les systèmes documentaires individuels, mais une *tension* durable entre ces systèmes. Nous parlerons de *symbiose* pour décrire cet état où un système nourrit l'autre, et montrerons que les équilibres qui en découlent sont *locaux* (ils concernent des parties des systèmes documentaires individuels et dépendent des individus).

Essayer d'étayer cette hypothèse nous dirige vers le questionnement, pour une communauté donnée, d'un système documentaire communautaire, et vers l'analyse des systèmes documentaires des professeurs du point de vue mathématique, système structuré par son activité : les situations de recherche dans la classe, les devoirs surveillés, les cours.

5. Méthodologie

Les phénomènes que nous voulons observer sont profonds. Il n'était donc pas question, dans le temps de ce mémoire, de réaliser une étude quantitative sur un nombre important de professeurs. Nous avons choisi de réaliser une étude qualitative, en nous appuyant sur l'expérience singulière d'un petit nombre d'individus, dans le cadre d'une équipe que nous pouvions facilement observer, et dont les pratiques, sur le plan communautaire, étaient très avancées. Nous avons donc réalisé cette recherche au sein d'une équipe formée de professeurs des mathématiques et de chercheurs impliqués dans un dispositif expérimental dans le cadre du projet *e-CoLab* (expérimentation Collaborative de Laboratoires Mathématiques), qui s'intéresse à l'intégration scolaire d'une nouvelle calculatrice ([http – e-CoLab](http://e-CoLab)). Dans ce qui suit nous décrivons cette équipe, justifions notre choix de ce terrain d'étude pour notre recherche et présentons notre méthodologie.

5.1 Le projet e-CoLab

5.1.1 Description du projet et de ses objectifs

Il y a trois équipes impliquées dans le projet e-CoLab ([http – e-CoLab](http://e-CoLab)) : Lyon, Montpellier et Paris. Ces équipes sont composées d'enseignants et de chercheurs engagés dans cette expérimentation. L'expérimentation se déroule dans 6 classes de seconde et une classe de première scientifique. Les objectifs de ce projet sont d'examiner les potentialités d'un nouvel environnement technologique (calculatrice TI-*nspire*) à l'enseignement des mathématiques, la conception des ressources pédagogiques permettant la mise en œuvre de ce nouvel outil technologique ainsi que la conception d'un dispositif permettant la mutualisation de ces ressources. Dans ce qui suit, on parle *des équipes locales* pour désigner les équipes de Lyon, Montpellier et Paris et on parle de *l'équipe nationale e-CoLab* ou simplement de *l'équipe e-CoLab* pour parler de l'ensemble de ces trois équipes.

L'activité des enseignants impliqués dans ce projet se fait suivant deux formes de travail au sein des équipes locales et au sein de l'équipe nationale : en présence et à distance. Pour le travail en présence, chaque équipe travaille à élaborer des ressources pour la classe, à discuter les expérimentations faites en classe qui peuvent enrichir des observations ultérieures ou pour l'évolution de la ressource elle-même. Pour le travail à distance, un espace de travail a été conçu sur une page du site EducMath ([http - EducMath](http://EducMath)), voir figure

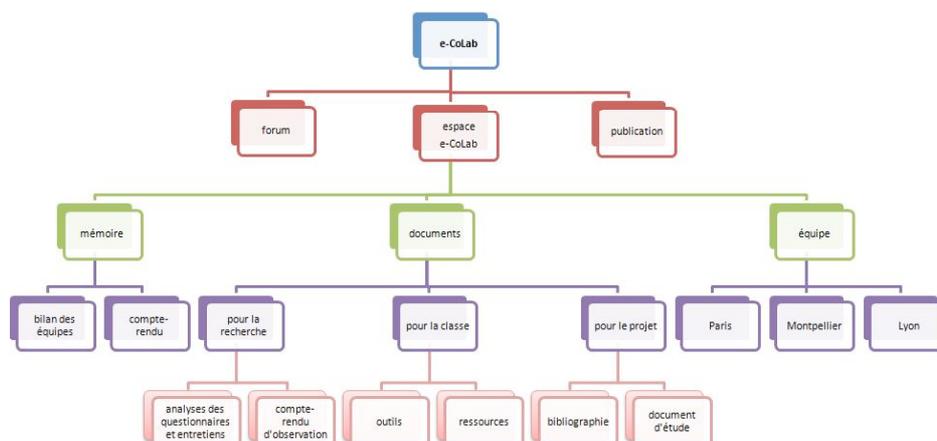


Figure 1. La structure de l'espace de travail de l'équipe e-CoLab

Sur cet espace de travail, un échange des ressources a lieu entre les membres des équipes locales ainsi qu'entre les équipes locales. L'espace de travail contient des comptes rendus des observations faites en classe et des réunions faites, ainsi que des propositions des ressources, et l'histoire de l'évolution des ressources expérimentées dans chaque équipe. Il est bien de noter que, dans l'espace de travail, une place est consacrée à chacun de ces trois équipes, pour documenter leur propre travail (figure 1).

5.1.2 Motifs du choix de l'équipe locale de Lyon du projet e-CoLab

Plusieurs raisons fortes ont d'abord amené le choix de e-CoLab comme terrain d'étude :

- une nouvelle réflexion sur les pratiques *hors classe* de l'enseignant y est prise en compte, à partir des discussions sur la conception des ressources entre les membres de l'équipe locales, ainsi que lors des réunions nationales des trois équipes ;

- le nouvel environnement technologique (TI-*nspire*), support de l'expérimentation, permet l'*organisation* interne de fichiers et de classeurs et la *communication* de documents par la connexion possible aux autres calculatrices de même type et à l'ordinateur. On peut donc émettre l'hypothèse que cette calculatrice a des effets sur la structuration du système documentaire des enseignants qui s'appuient sur son usage. Un logiciel est associé à la calculatrice qui permet de réaliser sur un ordinateur les mêmes tâches qu'avec la calculatrice, et dans le même environnement. C'est un outil technologique qui illustre bien la complexification ascendante des outils pour l'enseignement, et la complexification qui en résulte pour l'activité de l'enseignant ;

- la conception des ressources spécifiques à cette nouvelle calculatrice privilégie le travail *collaboratif*. Il s'agit donc d'un projet *collectif* de conception de ressources pour un nouvel environnement technologique (TI-*nspire*), se développant dans des espaces, hors classe, virtuels (espace de travail numérique) et réels (lors des réunions nationales et locales) pour les discussions et les échanges entre enseignants. On peut donc faire l'hypothèse que le système documentaire communautaire se sera particulièrement développé ;

- l'appropriation conjointe de la nouvelle calculatrice par l'enseignant ainsi que par les élèves, en étant attentif aux processus d'instrumentation et d'instrumentalisation. Cette genèse instrumentale se déploie sans doute de façons différentes de la part de l'enseignant et de l'élève : pour les enseignants expérimentateurs, elle est importante pour la conception des ressources car elle fournit un environnement riche propose différentes applications ainsi que la gestion des documents ; pour les élèves, la mise en œuvre de ces processus se fait dans la construction d'instruments au service de l'apprentissage. La durée d'expérimentation, qui s'étale à deux ans, est un motif supplémentaire de notre choix de ce dispositif expérimental pour aborder les questions de notre recherche, et pour étudier les ressources construites durant ce temps par les différentes équipes au sein de ce projet. On peut faire l'hypothèse que ce temps est nécessaire pour développer des apports mutuels entre les enseignants impliqués dans le projet et pour que la tension entre documentation individuelle et communautaire puisse être observée.

A l'intérieur de l'équipe e-CoLab, nous avons fait le choix de l'équipe locale de Lyon pour des raisons de proximité géographique bien sûr, mais aussi parce que c'était la plus nombreuse. Cette équipe présentait aussi un autre intérêt : ses membres se connaissant depuis longtemps, avant d'être intégrés dans ce projet, ils participaient déjà aux travaux de l'IREM de Lyon ([http – IREM Lyon](http://www.irem-lyon.fr)), dans le cadre d'une équipe de travail sur les calculatrices, et y concevaient des ressources adaptées à différents environnements technologiques. On peut

faire l'hypothèse que cette communauté de pratique déjà réalisée nous permettra de bénéficier d'un terrain privilégié une étude de phénomènes de symbiose, objets de notre recherche.

Bien entendu, si nous avions disposé de plus de temps, nous aurions pu étudier la situation dans les deux autres équipes locales. Cela aurait permis de disposer de communautés de cultures différentes (une communauté issue du SFoDEM à Montpellier, une communauté plus liée aux équipes de recherche didactique à Paris). Cela pourrait constituer un prolongement de l'étude de ce mémoire.

L'équipe locale de Lyon est formée de 4 enseignants et d'un chercheur. Parmi ces 4 enseignants, trois expérimentent la calculatrice dans leurs classes, le quatrième participe aux observations dans les classes et aux réunions de l'équipe. Les élèves de l'enseignant observateur ne sont pas équipés de la calculatrice. Le chercheur de l'équipe est aussi le coordonnateur du projet e-CoLab.

5.1.3 L'émergence des communautés de pratique

On étudie l'émergence des communautés de pratique au sein des trois équipes suivant les critères et les dimensions de la *pratique* (§ 4.5.1). Les membres de l'équipe e-CoLab sont des enseignants de mathématiques et des chercheurs en didactique des mathématiques, dont tous les membres concourent au projet commun d'expérimentation du nouvel environnement technologique et de conception de ressources spécifiques pour cet environnement. Les trois équipes locales constituaient, avant le projet e-CoLab, des communautés de pratique, on étudie ici si les *nouvelles pratiques* engagées dans ce projet ont bien permis l'émergence de *nouvelles communautés*.

En ce qui concerne la *participation*, on distingue la participation des membres dans les équipes locales (Lyon, Montpellier, Paris) et la participation dans l'équipe nationale. Les membres des équipes locales participent au travail dans leurs équipes de plusieurs façons actives : à partir des apports de ressources, des propositions des ressources adaptée par un enseignant à la calculatrice TI-*nspire*, des discussions qui auront lieu au sein de l'équipe sur les ressources proposées et sur les contraintes et les potentialités de la machine. Toutes ces activités s'inscrivent dans le cadre de la participation active. Les observations dans les classes qui auront lieu ensuite constituent à la fois une participation de la part de l'enseignant et une facilitation d'engagement d'autres membres de l'équipe (les chercheurs et les observateurs des séances). De même pour les discussions qui auront lieu sur les ressources expérimentées, les analyses a priori et a posteriori des séances dans une classe d'expérimentation et la description des points faibles et des points forts s'inscrivent dans le cadre de l'évolution de ressources et de la facilitation de sa mise en œuvre dans une autre classe par un autre enseignant. Des différents niveaux de participation existent à l'intérieur des équipes locales : il y a des chercheurs et des enseignants, certains enseignants ont des classes expérimentales, d'autres n'en ont pas. Mais tous participent aux observations dans les classes, à l'analyse des apprentissages, à la conception des ressources, aux réunions du projet, à la présentation du projet dans des colloques. De cette façon un type d'*engagement mutuel* a lieu dans le cadre des équipes locales. La participation des trois équipes dans le projet commun renforce cet engagement. Les réunions trimestrielles sont l'occasion de discussions sur les directions du travail dans chacune des équipes, l'état de l'évolution des ressources et de leur mutualisation entre équipes. A distance, sur l'espace de travail, des échanges se poursuivent.

Les objectifs du projet sont clairs (§ 5.1) et un projet commun avec les lignes de travail existe dès le début de l'expérimentation en septembre 2006. Au cours du temps, des ressources commencent à être développées par les membres de l'équipe : des comptes rendus, des questionnaires pour élèves, des échanges à distance et un ensemble des ressources

mathématiques. Un article a été écrit par les membres l'équipe e-CoLab (Aldon et al 2008) qui constitue une réflexion sur leur propre activité et met en évidence *l'entreprise commune* dans laquelle ils sont impliqués. Il s'inscrit dans un processus de *réification* des éléments de pratique, concrétisation du processus de participation. Une réification des objets existe aussi dans les équipes locales d'après leur propre participation interne : la proposition des ressources et l'évolution des ressources après une observation et discussion s'y réalisent, les observateurs et les comptes rendus élaborés par ces observateurs y sont partagés. Le processus de participation de l'équipe e-CoLab dans un travail collectif se réifie aussi par un ensemble d'objets, comme les messages électroniques envoyés qui contiennent parfois des renseignements sur l'usage des ressources partagées (de tels messages ont été envoyés avant l'élaboration des comptes rendus et des scénarios).

Du point de vue du *répertoire partagé*, un espace de travail numérique (figure 1) permet de mutualiser certains aspects de l'activité e-CoLab. Dans cet espace de travail, on trouve des objets et des ressources construites en commun : rapport intermédiaire de l'expérimentation (après la première année d'expérimentation), comptes rendus des réunions de l'équipe nationale et autres. Ainsi qu'on peut trouver des sous espaces pour répertorier les activités de chacune des trois équipes locales. Il constitue donc un répertoire partagé, support de la réification d'une partie de l'activité des équipes locales.

D'après ce qui précède, on peut dire que, au sein de l'équipe e-CoLab, chaque équipe locale constitue une communauté de pratique propre : le processus de participation est un processus lié à chaque équipe qui se réifie par des objets spécifiques à cette équipe, comme c'est le cas pour une ressource qui se modifie en fonction des observations les membres de l'équipe locale et évolue en fonction des discussions et critiques dans des réunions locales : dans cette participation et dans l'évolution de ces ressources, on ne trouve pas un rôle aussi actif des deux autres équipes locales, par rapport à l'activité engagée par l'équipe locale en question. Dans une autre dimension, qui concerne le répertoire partagé, on trouve que dans l'espace du travail sur le site, il y a une rubrique qui concerne chaque équipe, cette rubrique constitue le *répertoire partagé* de chacun des équipes, tandis que l'espace de travail en entier constitue *un dépôt* des ressources diverses pour répertorier les activités dans le cadre du projet sans qu'il ne corresponde nécessairement à une réification de la participation de chacun des membres du projet au même niveau.

5.1.4 L'évolution d'un modèle de ressources

Après deux ans du projet e-CoLab, un modèle de ressources émerge. Dans cette partie on décrit l'évolution et l'émergence de ce modèle de ressource et les conditions qui ont favorisé cette émergence. On commence par expliquer ce qui a existé dans chacune de ces années d'expérimentation.

La première année d'expérimentation 2006/2007 :

En 2007, deux types de ressources ont été élaborés :

- un premier type créé et utilisé au début pour présenter l'artefact calculatrice TI-nspire et pour aider les élèves à sa découverte et son appropriation ;
- un deuxième type de ressources est construit pour mobiliser des connaissances et introduire des savoirs mathématiques pour les élèves, ressources pour lequel l'apprentissage instrumental existe bien sûr, mais n'est plus principal.

Pour le premier type de ressource, chacun des équipes locales a préparé ses propres séances « de prise en main ». Pour le deuxième type de ressource, trois types d'activités mathématiques sont ciblés : activités de recherches présentées sous la forme de narration de

recherche ou travail à la maison, activités pour introduire une notion « clé » du programme comme la notion des fonctions, et des activités qui appliquent une notion clé à partir de situations mathématiques.

Lors du début du travail, des fichiers informatiques sont préparés par l'enseignant pour faciliter le contrôle des activités lors de la mise en œuvre en classe. Les ressources sont élaborées dans chacun des équipes locales qui bénéficient des critiques et propositions des autres équipes lors des échanges à distance ou en présence et l'évolution se poursuit au sein de l'équipe locale. Certaines des ressources ont été expérimentées par les équipes qui les ont élaborées (exemple « signe $ax+b$ », de l'équipe de Lyon), d'autres ont été élaborées pour être partagées et mutualisées dans l'ensemble des équipes (« A vos Paris », « l'enseigne lumineuse », « le cavalier »). Ces ressources visant l'apprentissage des notions mathématiques, en exploitant les spécificités de l'environnement technologique, renforcent l'apprentissage « instrumental » car ces deux types d'apprentissage sont indissociables dans les activités des élèves.

Une évolution des ressources est remarquable au sein des équipes dès la première année et cette évolution résulte de deux raisons :

- du choix pédagogique des équipes : une instrumentation progressive et raisonnée de l'artefact se traduit dans les ressources avec une structure liant fiche élève et fiche informatique ;
- la présence d'un cadre institutionnel dans lequel leur conception a pris forme : le travail collaboratif de plusieurs équipes (Lyon, Montpellier, Paris) a rendu nécessaire la mutualisation des ressources : une structure commune s'est rapidement imposée, puis des évolutions sont apparues à cause d'innovations proposées par une équipe, qu'une autre équipe a essayé d'intégrer.

Quand on parle d'évolution des ressources, on désigne deux types d'évolution :

- évolution interne, relative à un fichier donné du modèle : évolution de la fiche élève, du fichier informatique ;
- évolution externe, qui touche la composition même du modèle (fiche élèves, fiche technique, fiche professeur et autres qui apparaissent au fur et à mesure de l'expérimentation).

Une fiche technique (ou tns) est le fichier spécifique de la calculatrice TI-*nspire* ou du logiciel correspondant. Une fiche élève et un fichier technique existent toujours ensemble dans les ressources de l'équipe. Les fichiers techniques ne sont pas indispensables pour la fiche élève. Mais la possibilité d'interrelation de plusieurs applications que permet la calculatrice TI-*nspire* et la possibilité de gestion de documents ont conduit à développer une interrelation entre l'activité mathématique et l'instrument, d'où émerge ce que l'équipe appelle un *duo* : fiche élève/ fichier informatique intégré dans la fiche élève. On peut remarquer ici comment l'artefact et les outils technologiques peuvent contribuer à la structuration d'une ressource.

Le besoin d'échanger et de partager le travail effectué entre les différentes équipes fait émerger un autre type de fiche, car la mutualisation des ressources suppose l'existence d'une homogénéité des fiches et de la structure qui sous-tendent ces ressources (Trouche et Guin 2004). Une fiche professeur, fiche scénario et des traces de production d'élèves (écrites et informatiques) sont ainsi intégrées pour favoriser la mutualisation des ressources. Cette mutualisation a permis aux autres équipes d'adapter les ressources mutualisées, parfois en proposant des scénarios d'usage suivant des objectifs et choix pédagogiques nouveaux.

La fiche professeur contient les objectifs et les choix pédagogiques de l'activité mathématiques et des séquences élaborées, ainsi que les prérequis. La fiche scénario contient des propositions pour l'organisation de ce que fait le professeur et de ce que font les élèves,

avec une durée approximative de chaque phase du déroulement. Les traces de production d'élèves sont des fichiers TI-*nspire* réalisé en autonomie par les élèves associés à leur production papier, elles servent pour recueillir des informations sur les usages. On voit ainsi l'évolution des ressources, qui aboutit à la structure suivante (figure 2) :

- fiche élève dont un fichier tns et une fiche informatique associé ;
- une fiche professeur et une fiche scénario ;

- des traces de production d'élèves.

La deuxième année d'expérimentation 2007/2008 :

Dans cette deuxième année, on distingue un changement dans la structure des ressources : des comptes rendus d'observations sont associés au fiche professeur dans la structure. Cette association résulte de deux nécessités :

- pour faciliter la mutualisation entre les équipes locales pour proposer une version évoluée de cette ressource ou l'exploiter suivant d'autres objectifs d'usage ;
- pour transmettre à des enseignants hors de l'équipe e-CoLab une partie de l'expérience des premiers concepteurs et utilisateurs des ressources.

Ces comptes rendus d'observation ont commencé par des formes linéaires, c'est-à-dire, des comptes rendus qui sont écrites par les observateurs sans modèle précise et sans expliciter, a priori, les objectifs de l'observation. Ils ont évolué pour arriver à une structure standard qui contient les rubriques suivantes : contexte, questions spécifiques associées à cette observation, analyse a priori des tâches proposées (mathématiques et instrumentales), description synthétique de l'observation, analyse des questions spécifiques associées à cette observation.

Les autres constituants de ce modèle de ressource sont les mêmes que ceux de l'année précédente. Dans la figure 2, on présente le modèle des ressources de l'année 2007 et la nouvelle structure de l'année 2008.

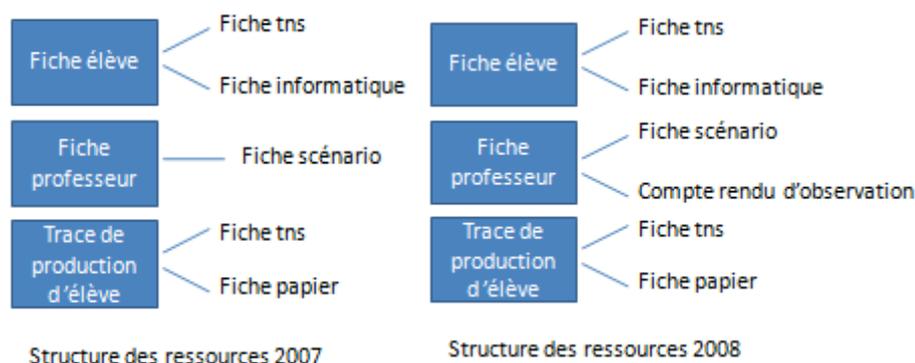


Figure 2. L'évolution de la structure des ressources e-CoLab

Il est intéressant de noter que c'est l'équipe locale de Montpellier qui a été la plus active dans les premières propositions de structure de ressource : c'est elle qui était issue de l'expérience du SFoDEM, qui avait conçu un modèle propre de ressources, issu de sa propre expérience (figure 3). Les communautés e-CoLab sont ainsi, d'une certaine façon, les héritières des communautés SFoDEM : il y a des marques de continuité dans les genèses documentaires.

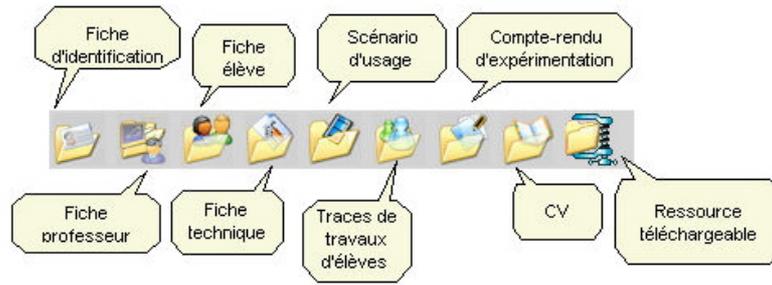


Figure 3. Le modèle de ressources du SFoDEM en 2006 (Guin et al. 2008)

5.2 Choix et structure méthodologiques pour notre terrain d'étude

L'analyse de l'activité de documentation sera structurée en deux niveaux :

- niveau macro : le niveau des *systèmes documentaires individuels et communautaires* ;
- niveau micro : le niveau d'un document, sélectionné parmi ceux qui sont développés dans la communauté de pratique (équipe de Lyon) et intégré dans la propre activité des enseignants.

5.2.1 Niveau macro : niveau des systèmes documentaires

A ce niveau, on veut approcher le système documentaire communautaire et les systèmes individuels des enseignants sélectionnés (§ 5.3.2). Approcher une documentation individuelle ou collective de près, de façon à identifier et analyser un système documentaire personnel ou collectif est une tâche complexe et difficile, on le fera suivant deux grandes lignes :

- *au cours du temps*, le système documentaire d'un enseignant ou d'une communauté évolue, ce qui est lié au développement des genèses documentaires. Suivre l'évolution d'un système documentaire dans le temps n'est pas simple, il faut repérer des traces des parties visibles de ce système, leurs évolutions et inférer des éléments sur les invariants opératoires à partir d'outils que la méthodologie met en place ;
- *au cours d'un ensemble d'activités*, dont on essaiera de repérer les relations avec le système documentaire.

5.2.2 Niveau micro d'un document : choix d'une ressource.

On rapproche ici les systèmes documentaires individuels et communautaires, en zoomant sur une ressource préparée au sein de l'équipe. On a fait le choix de la ressource « cavalier à la rivière », qu'on analysera du point de vue collectif et du point de vue individuel. Le choix de cette ressource est venu pour deux raisons :

- cette ressource a été mutualisée entre les différents équipes locales : l'équipe de Montpellier a adapté cette ressource dans un devoir à la maison, l'équipe de Lyon a pris cette ressource pour être adaptée sous la forme d'un autre type de problème, une situation de recherche ;
- au sein de l'équipe de Lyon, cette ressource a été observée chez les trois enseignants expérimentateurs qui expérimentent la nouvelle calculatrice dans leur classe ; des comptes rendus d'observation sont élaborés et sont disponibles sur l'espace de travail consacré à l'équipe de Lyon. Deux enseignants ont expérimenté la même ressource, le troisième a expérimenté la version révisée de cette ressource.

Cette ressource nous permet ainsi de mettre en évidence des caractéristiques constitutives du système documentaire communautaire en étudiant le processus de participation des membres de l'équipe à l'élaboration et l'évolution de cette ressource. Elle nous permet aussi, en nous restreignant à une ressource, de repérer des caractéristiques de la tension existante entre les deux types de système documentaire : individuel et communautaire. On explique dans ce qui suit comment et suivant quels outils.

5.2.3 Le choix des outils méthodologiques

Pour chaque niveau d'analyse, on essaye de présenter des éléments de l'articulation existante entre ce qui est individuel et ce qui est collectif. Pour aborder ces deux niveaux d'analyse, on s'appuie sur plusieurs choix et outils méthodologiques, dont des outils qui correspondent aux deux niveaux en même temps :

- un questionnaire élaboré pour repérer des caractéristiques des *mondes* des enseignants (§ 4.3.1) de l'équipe locale de Lyon e-CoLab ;
- deux entretiens menés avec deux enseignants, sélectionnés d'après le questionnaire, avec des mondes assez différenciés, pour approcher leur propre système documentaire ;
- la plate-forme de l'équipe ([http – e-CoLab](http://e-CoLab)) où l'on choisit une ressource (« cavalier à la rivière ») pour étudier son histoire au sein de l'équipe et le lien avec les systèmes individuels des enseignants ;
- un article écrit par l'équipe e-CoLab, dont chaque équipe locale a écrit une ou plusieurs parties. Cet article constitue une description de leur activité par les membres de chacun des équipes locales, en prenant une position méta, ce qui peut nous fournir des éléments caractéristiques du système communautaire ;
- un questionnaire élaboré dans le cadre d'une étude postdoctorale (Zuchi 2008), qui nous permet, dans quelques-unes de ces parties de tirer des éléments caractéristiques de l'influence du travail communautaire sur le système individuel des enseignants, ainsi que les apports des enseignants à leur communauté de pratique.

De cette façon, on trouve plusieurs outils méthodologiques, certains conçus particulièrement pour notre étude et d'autres existant et exploités pour notre recherche. L'ensemble des données recueillies seront analysées globalement dans l'objectif d'avoir une vue d'ensemble des systèmes individuels et communautaire. Dans ce qui suit, on détaille ces différents outils méthodologiques avec une argumentation de nos choix.

5.3 Premier pas : un questionnaire

Pour débiter notre étude, nous avons élaboré un questionnaire, avec plusieurs objectifs :

- bien situer les enseignants de l'équipe de Lyon pour repérer ce qui est commun et ce qui variable pour ces membres d'une même équipe ;
- faire le choix de deux enseignants, suivant des critères de diversité entre leur caractéristique (voir ci-dessous), pour approcher leur propre système documentaire à partir d'entretiens ;
- pour anticiper des éléments qui devront être pris en compte pour l'organisation des entretiens avec ces enseignants (voir entretien § 5.4.1).

On a fait le choix méthodologique de sélectionner deux enseignants de l'équipe de Lyon avec des mondes assez différencié (en questionnant les dimensions pratique, historique et sociale de ce monde) et ayant le même niveau de participation au sein de l'équipe, pour montrer que la relation de symbiose entre le travail communautaire et le système personnel de l'enseignant

se révèle de façon différenciée. Faute de temps, on se limite à étudier le système documentaire de deux enseignants pour tester nos hypothèses de recherche.

5.3.1 La conception du questionnaire

Le questionnaire (voir annexe 2) comporte quatre parties. D'une partie à l'autre, on passe du niveau d'activités (§ 4.3.2) le plus général (N+3) au niveau didactique (N0) en soulignant la prise en compte des constituants du milieu de chaque niveau. C'est une invitation aux enseignants à expliciter la façon dont ils saisissent leur réel professionnel. Les questionnaires sont anonymes et un temps est précisé pour répondre (entre 30 et 40 minutes, selon l'enseignant).

Une première partie, intitulée « expérience professionnelle du professeur et formation initiale », a pour but de préciser la formation initiale qu'a suivi le professeur, quel type d'études supérieures : l'influence de cette formation sur la construction du monde est majeure, elle constitue le premier saisi du réel professionnel qui a un impact sur les pratiques d'enseignement d'un professeur (Margolinas et al 2004). Nous faisons l'hypothèse que le nombre d'années d'expérience professionnelle et le type d'institutions dont les enseignants ont été membres antérieurement, constituant un cadre historique pour le développement de l'enseignant, contribuent à l'élaboration de son point de vue sur son métier.

La deuxième partie du questionnaire porte sur l'expérience du professeur dans des équipes professionnelles et collectives et a pour but de caractériser les projets où ils ont été impliqués ; et cela nous semble important dans notre recherche pour deux raisons :

- nous cherchons deux professeurs avec des engagements institutionnels et collectifs les plus différenciés actuellement ;
- dans la suite de notre recherche cela nous aide à caractériser et analyser des apports des deux enseignants sélectionnés à la CoP (l'équipe de Lyon).

Ces deux premières parties se rapportent à l'enseignant à un niveau noosphérique d'activité. La troisième partie de ce questionnaire se rapporte à l'organisation de l'enseignement des thèmes mathématiques et au rôle des TIC dans cette organisation. Les questions portent sur le temps d'expérience dans l'intégration des TIC dans l'enseignement, les thèmes privilégiés pour l'intégration de la technologie et les thèmes délicats en mathématique : cela peut nous permettre d'interroger l'existence d'un lien entre thème délicat de point de vue enseignement des mathématiques et la technologie. Les questions de cette partie peuvent être mises en relation avec les informations fournies par la première et deuxième partie du questionnaire.

Dans la quatrième partie, on s'intéresse à l'activité de l'enseignant pour la classe et pour les élèves : l'origine des ressources pour la classe, le rôle de l'ordinateur dans leurs préparations, leur point de vue sur l'évolution de leur pratique dans le temps lors de l'introduction de l'ordinateur, ainsi que le rôle de l'ordinateur (et des autres technologies) dans la préparation des ressources pour la classe, la prise en compte par l'enseignant de l'apprenant dans la classe. Nous voulons repérer ici la réflexion de l'enseignant sur sa propre pratique en prenant une position méta, ce qui nous offre l'occasion d'inférer une partie de son monde qui sous-tend sa pratique et son interaction dans le milieu didactique (M+1).

5.3.2 Sélection de deux enseignants

Quel choix faire parmi les 4 enseignants de l'équipe locale de Lyon ? Ce qui nous intéresse, est de faire le choix de deux enseignants ayant le même niveau de participation dans l'équipe de Lyon. Un de ces quatre enseignants est un observateur au sein de l'équipe et ne participe

pas à l'expérimentation dans ses propres classes. Donc nous avons à choisir parmi trois enseignants, donc trois choix possibles.

Il n'est bien sûr pas attendu de trouver d'après ce questionnaire deux enseignants qui répondent d'une façon totalement différente à toutes les parties du questionnaire, car il y a des caractéristiques communes et des caractéristiques variables entre les professeurs. Donc on fait le choix selon plusieurs critères : le décalage maximum possible dans les années d'expérience dans l'enseignement, des implications dans des équipes professionnelles et collaboratives les plus différentes par leur type, ainsi que les années d'expérience dans des telles équipes sont prises en considération. L'implication dans des équipes parallèles à e-CoLab est un facteur important qui peut être significatif sur le plan des pratiques et du point de vue des apports extérieurs à l'équipe : on peut faire l'hypothèse qu'un enseignant qui est impliqué dans des autres projets en parallèle avec e-CoLab n'a sans doute pas le même comportement que s'il est limité à son expérience dans e-CoLab.

Dans une autre perspective, l'analyse globale du questionnaire nous servira à tirer des éléments qui caractérisent différents milieux de l'enseignant et des constituants de son monde avec ses trois dimensions. Des fonctions supplémentaires sont dédiées à ce questionnaire dans la suite de notre méthodologie, on les expliquera au fur et à mesure de la progression (surtout dans la partie entretien).

5.4 Vers une approche d'un système documentaire individuel : un entretien

Approcher la documentation de l'enseignant est un travail assez complexe. On a fait le choix de faire un entretien avec les deux enseignants sélectionnés où on essaye de caractériser leur système documentaire personnel. Nous avons fait le choix de réaliser ces entretiens séparément, pour être au plus près de l'enseignant, de son cadre habituel de travail et de ses ressources. Il aurait été certainement utile aussi de confronter les points de vue des enseignants, soit en réalisant un entretien avec les deux enseignants en même temps, pour suivre leurs interactions dans la conversation, soit en demandant à chaque enseignant de réagir sur l'enregistrement de l'autre. Pour des raisons de temps, cela n'a pas été possible. Nous avons cependant assisté régulièrement aux réunions de l'équipe, ce qui nous permet de situer, partiellement, chaque enseignant interrogé dans ses relations à la communauté. Comment a-t-on conçu la grille selon laquelle on effectue ces entretiens ? On se place dans la perspective d'entretiens semi-directifs (Vermersch 1994), pour faire en sorte que les enseignants interrogés décrivent, en confiance, le plus profondément possible les ressources qu'ils ont conçues, sans être sommés de justifier leurs choix. Les questions tournent donc autour du « comment » et pas de « pourquoi ? ».

On a construit une grille d'entretien (annexe 3) inspirée de deux autres types de grilles (Gueudet et Trouche 2007) et (Margolinas et al 2004) :

- la grille de (Gueudet et Trouche 2007) était conçue pour des professeurs de lycée et de collège dans le but de dégager les concepts essentiels qui permettent de structurer l'activité documentaire des professeurs. Les entretiens se déroulent là où il y a tous leurs ressources, dans leur bureau ou près de leur ordinateur connecté. Le grille comportait trois temps : la présentation des enseignants de ce qu'ils ont utilisé pendant l'année, puis une visite guidée des trois documents les plus importants de l'année, enfin un regard vers le passé et vers le futur ;

- (Margolinas et al 2004) se sont entretenus avec des enseignants des écoles ayant une expérience de moins de cinq ans, qu'ils interrogent sur leur pratique de documentation et de

préparation des mathématiques, donc dans leur salle de classe. Douze professeurs ont été entretenus et le recueil a eu lieu en 2004 dans les académies d'Aix-Marseille, Clermont-Ferrand et Lyon. L'entretien repose sur les rubriques suivantes : parcours et formation initiale, parcours professionnel, usage de document, place des mathématiques et la conception de l'enseignement des mathématiques, planification et organisation de l'année scolaire, organisation des thèmes donnés et organisation des séances et enfin la prise en compte des élèves.

En s'appuyant sur ces deux grilles, on a essayé de concevoir une grille adaptée à nos besoins et nos finalités. Des rubriques sont ajoutées et des rubriques sont éliminées. On a conçu notre grille de façon qu'elle soit complémentaire du questionnaire (§ 5.3). Les entretiens avec les enseignants se font chez eux là où, comme Gueudet et Trouche (2008), nous faisons l'hypothèse qu'il y a la plus grande partie de leurs ressources et de leur *répertoire* : quand on parle ici de répertoire de l'enseignant, on désigne tout ce qui est visible et se rapporte à l'organisation de son enseignement. On a essayé, autant que possible, d'utiliser des expressions non ambiguës, et en même temps des expressions du langage courant (qui ne sont pas spécialisés recherche). L'entretien est enregistré audio, de durée prévue une heure. On aura pu l'enregistrer vidéo, ce qui nous aurait permis de repérer les gestes des enseignants, mais, pour des causes de disponibilité de matériel, on s'est limité à l'enregistrement audio ; cependant, lors de notre entretien, nous avons tenté de noter les gestes qui nous semblaient significatifs. L'entretien est formé de trois temps (voir annexe 3) :

- première partie de l'entretien : on essaye de caractériser la structure des ressources de l'enseignant suivant plusieurs perspectives : typologie d'activités (activité de recherche, préparation du cours, exercices d'entraînement, devoir à la maison et autres), milieu du professeur (surtout milieu de construction et milieu didactique), les différents supports sur lesquels se reposent une structure de ressources ainsi que la mutualisation et partage des ressources ; on demande aux enseignants l'ensemble de leurs ressources pour préparer et faire la classe : quelles sont leurs sources et la place de ressources personnelles dans les nouveaux usages. Une question sur les échanges entre collègue, comment se font les échanges, et on évoque le facteur de temps, en interrogeant ces échanges avant dix ans (temps passé). On continue en demandant les types de ressources partagées entre les enseignants. On interroge, ensuite, la façon dans sont rangées ses ressources (par thème, par type d'activité ou autre...). Puis on passe à la structure des ressources de l'enseignant et des supports de ces ressources, on pose une question sur les supports utilisés par l'enseignant (classeur, ordinateurs,...) et l'influence de ces différents supports sur la structure des ressources, l'évolution de ces supports depuis dix ans. La mise en évidence de la variété des types de support et leur évolution conduit à demander au professeur de faire une description des supports et du rangement des ressources à l'aide d'un schéma : on organise cette étape en préparant une feuille de papier quadrillé avec des feutres de couleurs (nous faisons l'hypothèse que cela permettra de mieux récupérer des éléments d'organisation et de structure). Ce schéma nous permettra aussi, dans un second temps, de questionner l'enseignant sur les évolutions : comment aurait été ce schéma il y a dix ans ? Ensuite, on demande à l'enseignant deux ressources qu'il a construites et qu'il juge importantes (importante lors de sa construction - milieu de construction- ou lors de son usage -milieu didactique)? On demande ensuite de raconter l'histoire de cette ressource (sa naissance, les étapes de son évolution et développement), s'il a conçu des fiches associées à cette ressource, la façon dont il range cette ressource, dans quels endroits, comment cet endroit a évolué au cours du temps ? De futures exploitations de cette ressource, envisagées avec quelles modifications? L'importance de ces questions sur deux documents dans l'entretien est qu'elles nous permettent de mettre en évidence les différents éléments de la structure de ressources déjà évoquée. Et cela, en faisant

une synthèse à partir d'une ressource : histoire qui décrit le passé et le futur par la réflexion à des nouvelles exploitations, la structure des ressources, ainsi que des éléments sur le milieu du professeur suivant les différents niveaux d'activité correspondante, ainsi que la mutualisation et le rôle des échanges.

- deuxième partie de l'entretien : on situe l'ensemble des ressources e-CoLab qui se trouvent dans *l'espace frontière* entre le système individuel et communautaire. Ces espaces frontières sont des formes de réification dans lesquelles des communautés de pratique peuvent coordonner leur interface. Dans notre cas, on se limite aux interfaces communes avec les systèmes documentaires individuels des deux enseignants sélectionnés de la CoP que forme l'équipe locale de Lyon. On fait l'hypothèse que cet espace frontière gère les premières interactions entre le système documentaire communautaire et les systèmes documentaires individuels des enseignants membres de la CoP. Tout d'abord la place des ressources e-CoLab dans le système documentaire de l'enseignant : on pose une question à l'enseignant sur la façon dont il sauvegarde les ressources conçues au sein de l'équipe, sur quels types de support et on lui demande de les situer dans le schéma déjà réalisé. Ensuite on pose des questions sur les échanges qui ont lieu au sein de l'équipe, comment et avec quel moyen ? La structuration de ces ressources dans la calculatrice TI-*n*spire qui est un support principal des ressources et spécifique à l'équipe e-CoLab : on pose la question sur les nouvelles possibilités qu'a apportées cette calculatrice, qu'on peut considérer comme support et sources des ressources pour l'activité professionnelle de l'enseignant. On continue par une question sur l'usage des ressources e-CoLab hors de l'activité de l'équipe, dans sa propre expérience d'enseignement. Cette question nous permet d'inférer des éléments de diffusion ou d'intégration de ces ressources, partielles ou totales, dans leur propre pratique. Enfin on pose une question relative aux développements à venir, sur les usages de ces ressources dans le futur. On questionne aussi la façon dont sont rangées les ressources conçues au sein de l'équipe (les comptes rendus d'observation et de réunion, les échanges entre les enseignants, les ressources pédagogiques conçues au sein de l'équipe) est ce qu'ils sont à part, ou rangées avec d'autres ressources ? La calculatrice TI-*n*spire contribue à la production de nouvelles ressources, on pose des questions sur la façon dont sont intégrées ces nouvelles ressources, issues d'un artefact particulier, dans le système documentaire d'un enseignant : visite guidée à la calculatrice. Puis on pose des questions sur le rôle de ces ressources e-CoLab dans l'expérience professionnelle propre. Enfin on l'interroge, pour penser dans le temps ces ressources et leur futur dans son activité professionnelle.

- la troisième partie de l'entretien est centrée sur la ressource « le cavalier ». Tout d'abord on demande à chaque enseignant de raconter l'histoire de cette ressource : comment a-t-elle évoluée ? Quelle modification des scénarios d'usages et pourquoi ? Quel rôle des membres des équipes dans son évolution ? Ce que raconte chaque enseignant permet d'approcher son point de vue sur le système communautaire. Les réponses sont analysées en fonction de ce des apports de leur part au travail collectif. La troisième question est analysée en fonction de sa conception de l'idée de sa participation ainsi que la participation de ces collègues : quelle participation et quel engagement mutuel ? Puis on continue par des questions sur le statut de la ressource « cavalier à la rivière » dans leur propre documentation : comment le travail sur cette ressource a fait évoluer les propres ressources de l'enseignant ? C'est une question dans le temps qui peut être analysée de point de vue évolution et genèse documentaire du système personnel en fonction de l'influence du travail communautaire. On pose aussi une question sur la structure des ressources de la CoP est-elle transférée dans la pratique de l'enseignant hors de l'activité de l'équipe ? Enfin on pose une question concernant l'exploitation éventuelle de cette ressource dans le futur.

On analysera (§ 6) les deux premières parties de l'entretien pour appuyer une réflexion sur la structure des systèmes documentaires (niveau macro) qui permet d'intégrer des nouveaux usages. On effectue l'analyse en prenant en compte les familles d'activités. Chacune de ces familles d'activités est pensée suivant deux axes : le temps et le facteur individuel/collectif (voir §4.2.3). Puis on effectue une analyse comparative des deux systèmes documentaires personnels des enseignants vus en fonction des points de convergence et des points de divergences des réponses recueillies dans le questionnaire (§5.3). La troisième partie de l'entretien correspond au système micro d'analyse. On analyse les éléments des systèmes documentaires de chacun des enseignants entretenus en relation avec le système documentaire communautaire qu'on met en évidence par des choix des outils méthodologiques, expliqués dans le paragraphe suivant.

5.5 Le système documentaire communautaire de la CoP : questionnaire et article.

Dans le cadre de la communauté de pratique qu'a constitué l'équipe de Lyon, il n'y avait pas au départ, bien sûr des ressources adaptées à la calculatrice TI-*nspire*, puisqu'il s'agissait d'un prototype. Mais l'équipe de Lyon vient de l'IREM de Lyon, et ses membres ont des années d'expérience dans la conception de ressources dans des autres cadres que ceux de l'expérimentation de TI-*nspire*. Ces ressources qu'ils ont construites, avec des autres ressources, comme celles qui sont bien connus en France³, ont constitué une base de départ. La construction d'un vivier de ressources a cependant rencontré des difficultés d'adaptation à la nouvelle calculatrice et à la forme de pratique qu'elle suppose.

Pour approcher le système documentaire communautaire (niveau macro), il s'agit d'étudier trois éléments constitutifs :

- le vivier de ressources (qui évolue au cours du temps, sa modification en fonction des objectifs d'usages) et la typologie des ressources. Quels gestes communs et quel partage d'idées au sein de l'équipe ? ;
- les invariants opératoires qui pilotent les usages, pour la première année d'expérimentation. Quelles conceptions des mathématiques au sein de l'équipe ? Quel point de vue de la CoP sur l'enseignement des mathématiques ? C'est pour le niveau global qui se révèle dans le processus d'instrumentation de la genèse documentaire au sein de l'équipe de Lyon ;
- le répertoire produit du processus de réification, qui se trouve sur un sous-espace consacré à l'équipe de Lyon dans la plate forme numérique et nous permet de tirer des éléments caractéristiques de cette communauté de pratique.

Des outils méthodologiques sont exploités pour étudier ces trois éléments :

- le premier outil concerne la plate forme de travail sur laquelle où on peut trouver les ressources avec les diverses versions pour tirer les traces d'évolution, les comptes rendus d'observation, des comptes rendus des réunions ; les évolutions seront analysées en identifiant les types d'évolution, en traçant les modifications faites en fonction des discussions et compte rendu d'expérimentation et en tirant des éléments d'échange ;
- un deuxième outil est relatif à l'article écrit par les membres de l'équipe e-CoLab où décrivent leur pratique, ce qui peut être considéré comme une abstraction des gestes communs et une réification particulière de leur pratique, en se mettant dans une position méta un certain

³ Comme la ressource du « cavalier à la rivière » qui est un problème ouvert connu en France.

temps. On analyse cet article d'une façon à tirer les grandes lignes qui se rapportent à l'image des mathématiques du côté des trois valeurs des objets mathématiques (*épistémique*, dans la construction du savoir, *sémantique* et *pragmatique*, dans la mise en fonction de ses objets) ; l'image de l'enseignement des mathématiques : type d'enseignement (classique de type cours et exercices), le type des situations qu'ils conçoivent (situations de recherches, des problèmes ouverts ou autres), les finalités de l'enseignement de mathématique, le rôle et la mise en fonction des TIC dans l'enseignement ; des ressources et leur organisation : le travail communautaire dans le cadre des projets semblable à celui de e-CoLab fournit un espace de mutualisation des ressources entre les enseignants. Cette réification de la pratique communautaire fournit des ressources pédagogiques ou autre type de ressources qui peuvent renforcer la documentation de la CoP et enrichir son système documentaire ainsi que la typologie et la structure des ressources dans des communautés de pratique influent sur l'organisation de l'enseignement d'un enseignant et plus précisément sur l'organisation et la typologie de ses propres ressources. Notons que cet article est écrit par les membres de l'équipe e-CoLab sur la base d'une répartition du travail entre les trois équipes. L'équipe de Lyon a écrit deux parties de l'article : une partie qui se rapporte aux points de vue des élèves sur la calculatrice, et une autre partie sur les difficultés, les outils et les atouts du travail collaboratif. Cette partie nous intéresse de plus, en essayant d'identifier des éléments caractéristiques du système communautaire, surtout de point de vue du répertoire produit du processus de réification et des gestes de documentations communes au sein de la CoP ;

- Le troisième outil est lié à un questionnaire réalisé dans le cadre d'une étude postdoctorale (Zuchi 2008). Ce questionnaire (Annexe 6) a été établi pour relever des points de vue des professeurs- expérimentateurs de l'équipe e-CoLab sur la calculatrice TI-*nspire*, ainsi que sur le mode de construction et mutualisation des ressources en classe. On s'intéresse dans ce questionnaire aux réponses données par les enseignants expérimentateurs de l'équipe de Lyon, réponses qu'on a pu repérer parmi l'ensemble des réponses (voir § 6.4).

Dans certaines de ces parties, ce questionnaire peut nous donner des éléments d'information utiles : la cinquième partie du questionnaire intitulée « un point de vue général sur les calculatrices » et la sixième partie intitulée « ressources pour la classe ». On s'intéresse à ces deux rubriques pour repérer des gestes communs et les points de vue sur les orchestrations instrumentales (§4.4.2) et la mutualisation des ressources. Plus particulièrement, on s'intéresse dans la cinquième partie à : ce qui intéresse les professeurs dans la calculatrice, le type des difficultés rencontrées, est-ce qu'il y a une divergence ou une convergence des points de vue à propos de ces deux points ? Une question importante dans cette rubrique : la façon qu'un enseignant de l'équipe dirige un collègue vers les potentialités et les difficultés de la calculatrice TI-*nspire*. La sixième partie de ce questionnaire est importante pour repérer plusieurs idées : le travail avec des collègues, leur point de vue sur le travail en équipe, la mutualisation des ressources comment et pourquoi ? L'influence du travail communautaire sur le système documentaire d'un enseignant s'entend dans le sens des modifications qu'induit ce type de travail sur le milieu du professeur, avec les différents niveaux d'activités correspondantes ainsi que sur les classes et familles d'activités. Ces deux parties du questionnaire nous permettent d'avoir des éléments d'information sur l'influence du travail communautaire sur le système documentaire d'un enseignant, sur le plan des orchestrations instrumentales. Les modes d'exploitation des outils technologiques et informatiques sont en effet des idées qui sont travaillées lors des échanges entre enseignants au sein d'un travail communautaire.

Il est important de noter que ce questionnaire a été proposé aux membres de l'équipe dans la deuxième année d'expérimentation, ce qui nous permet de repérer l'influence du travail communautaire sur les questions en jeu

5.6 La place du « cavalier » dans le système communautaire

Il s'agit ici expliciter l'histoire de cette ressource, son évolution, sa modification (niveau micro) à partir de l'espace du travail sur le site web:

Tout d'abord cette ressource a été reprise de l'équipe de Montpellier pour être adaptée, dans l'équipe de Lyon, pour un autre objectif d'usage : du devoir de maison dans l'équipe de Montpellier, à un problème de recherche dans l'équipe de Lyon. Il s'agit d'analyser ce passage de point de vue de l'orchestration instrumentale : quel rôle donné à l'enseignant ? Quel scénario d'usage ? Quel est le rôle de l'élève ?

Par suite, la même ressource a été expérimentée dans deux classes de deux enseignants de l'équipe de Lyon. Des comptes rendus résultants de ces observations dans le cadre du travail communautaire existant, après ces deux observations, une réunion a eu lieu de l'équipe pour la modification et l'évolution des ressources en fonction de ces observations : une deuxième version modifiée et évoluée de cette ressource apparaît alors. On analyse l'évolution de cette ressource en fonction des comptes rendus des premières observations et des discussions qui ont eu lieu lors d'une réunion après les premières observations. Nous devons repérer en fonction de ces outils comment les observations faites ont entraîné une nouvelle instrumentation de l'ancienne document pour former un nouveau document ? Quelle complémentarité entre les deux observations pour l'évolution de la ressource ? Quel rôle des discussions pour l'évolution de la ressource ?

On dispose aussi d'une deuxième mise en œuvre de cette ressource révisée, avec un compte rendu d'expérimentation. On peut analyser cette nouvelle mise en œuvre en fonction des discussions faites durant la réunion. Des traces d'élève sont recueillies par l'enseignant lors de cette deuxième mise en œuvre qui peuvent être analysé de point de vue mathématique en fonction de ce qui a été proposé dans le deuxième scénario d'usage de la ressource.

Ce qui remarquable, c'est que la première version de cette ressource a été élaborée par des discussions à distance entre les membres de l'équipe (mail, messagerie, espace web) et la deuxième version révisée par des discussions en présence. Une étude comparative des deux types de participation en fonction des objets réifiés peut nous fournir des éléments d'analyse sur le travail collaboratif et l'organisation du travail de la communauté de pratique, et sur le rôle du modèle de ressource dans cette organisation.

Nous disposons donc d'un ensemble d'outils, que nous allons exploiter désormais pour recueillir les données nécessaires à notre étude.

6. Mise en œuvre de la méthodologie

On peut considérer que cette étude a débuté en novembre 2007 : l'étude bibliographique a été réalisée de décembre 2007 jusqu'à février 2008, la participation aux réunions nationale e-CoLab et à celles de l'équipe de Lyon a été effective depuis novembre 2007. De plus, dès le début de l'année, nous avons eu accès à l'espace de travail de l'équipe e-CoLab. Ces éléments ont constitué la base de cette recherche. La mise en œuvre de la méthodologie que nous venons de décrire a été plus tardive (avril 2008).

6.1 Diffusion du questionnaire et choix de deux enseignants

6.1.1 Diffusion du questionnaire

Après avoir élaboré le questionnaire (§5.3.1), nous l'avons diffusé par mel aux quatre enseignants de l'équipe de Lyon, pour le récupérer à l'occasion d'une réunion de l'équipe locale de Lyon deux jours après. Deux enseignants ont envoyé les réponses par mel et j'ai récupéré les deux autres lors de la réunion. Deux des enseignants ont déclaré que les questions posées demandaient plus de temps de réflexion que prévu, et que, peut-être, s'ils avaient eu plus de temps, les réponses auraient été plus approfondies.

Nous avons renvoyé aussi renvoyé un questionnaire incomplet à un enseignant, pour des suppléments d'information. Les réponses et les données résultantes de ce questionnaire nous ont servi à plusieurs endroits dans notre recherche (§5.3), en particulier pour le choix de deux enseignants.

6.1.2 Choix des deux enseignants

Quatre enseignants ont été questionnés, l'un d'entre eux participe à l'expérimentation comme observateur et pas comme expérimentateur. Nous ferons donc le choix de deux enseignants parmi trois, selon des critères que nous avons précisés a priori (§5.2.2). Nous appellerons les trois enseignants : Léonard, Yvelin et Jacob. Des réponses aux questionnaires, nous pouvons relever que :

- Léonard est agrégé en mathématiques, il a douze ans d'expérience d'enseignement : une année en collège et onze en lycée. Il a six ans d'expérience de travail collectif dans des équipes de l'IREM. Dans ces équipes et pendant cinq ans, il a été impliqué dans des groupes pour la conception des ressources en statistique et TICE. Actuellement, il fait partie d'un groupe à l'IREM de Lyon pour la conception de ressources adaptées à différents types de calculatrice (36 élèves 36 calculatrices, Annexe 1). Il a utilisé les TIC dans son enseignement dès la première année, d'abord à travers les calculatrices. Il voit le rôle de l'enseignant en classe comme un transmetteur du savoir, chargé de bien préparer l'arrivée des notions mathématiques et de bien situer la valeur des objets mathématiques en introduisant des situations adaptés aux élèves. Ses engagements institutionnels se limitent à des équipes qui ont des objectifs de conception de ressources pour des environnements technologiques différents, ce qui semble en lien avec son point de vue qui donne un grand rôle aux ressources construites dans la transmission du savoir ;
- Jacob a une maîtrise de mathématiques et un CAPES, il a vingt-deux ans d'expérience d'enseignement : sept ans en collège et quinze ans en lycée. Il a dix ans d'expérience dans des équipes de travail collectif. Depuis dix ans, il est impliqué dans une équipe académique qui questionne l'utilisation pédagogique de l'ordinateur ; en parallèle, il est rattaché à l'IREM où

il travaille avec des équipes sur la conception des ressources pédagogiques adaptées au TICE (dont le groupe « 36 élèves, 36 calculatrice »). Il utilise depuis plus de quinze ans les TIC dans son enseignement. Il considère que le rôle de l'enseignant est dans la préparation du contenu, la direction et l'orientation des élèves, dans le but de développer leur réflexion en mathématiques et de leur faire acquérir le programme ;

- Yvelin a suivi ses études universitaires en mathématiques et une année de formation CPR (Centre Pédagogiques Régionaux). Il a trente-huit ans d'expérience d'enseignement (y compris l'année de formation en CPR), dont trois ans dans une école normale, 10 ans en collège et 24 ans en lycée. Dès sa première année d'enseignement, il a participé à des équipes de travail collectif de types différents : il participe à l'Association des Professeurs des Mathématiques dans l'Enseignement Public (APMEP), à des groupes de l'IREM, ainsi qu'à une équipe d'auteur de manuels scolaires pour le lycée. Son activité est partagée à plusieurs niveaux : des groupes de conception des ressources sur le TIC (dont aussi le groupe « 36 élèves, 36 calculatrice »), un travail collectif sur l'utilisation du calcul formel, une participation au travail sur les problèmes ouverts ainsi qu'actuellement, bien sûr, son travail dans le cadre de e-CoLab. Il est à noter qu'il participe aussi, depuis quelques années, à un groupe de réflexion de l'Inspection Générale. Il utilise les TIC dans son enseignement depuis l'intégration des premières calculatrices en classe quand il était en collège (plus de 24 ans). Il considère que le rôle de l'enseignant en classe est d'organiser le travail de la classe, d'élaborer des synthèses, de constituer des repères, de mettre au point des méthodes et de transmettre des connaissances. Il a une longue expérience dans le domaine de l'enseignement liée à une implication dans des institutions et des équipes de différents types, pour des activités très diverses. Yvelin est en fin de carrière, cette année scolaire (2007/2008) est sa dernière année d'enseignement avant de passer à la retraite.

Sur la base de ces profils, prenant en compte les critères de sélection déjà cité (§5.3.2), nous avons retenu Léonard et Yvelin, pour les raisons suivantes :

- le décalage maximum dans le nombre d'années d'expérience : douze ans d'enseignement de Léonard, vingt-deux ans pour Jacob, trente-huit ans pour Yvelin, donc un écart de vingt-six années entre Léonard et Yvelin ;
- Yvelin a une expérience d'enseignement dans une école normale, ce qui lui donne une expérience qui ne se trouve pas chez les deux autres enseignants ;
- implication dans des équipes différenciées : les trois enseignants sont rattachés à l'IREM de Lyon, et tous les trois ont travaillé dans le groupe « 36 élèves 36 calculatrices ». Mais Léonard et Jacob ont été impliqués dans des équipes proches à l'IREM. Yvelin, de son côté, a des activités plus diversifiées, à côté de son activité à l'IREM, comme la participation à des équipes d'auteurs de manuels et à l'APMEP ;
- le nombre d'années d'expérience dans des équipes professionnelles : six ans pour Léonard, dix ans pour Jacob, tandis que Yvelin a commencé ce type des activités dès le début de son expérience d'enseignement ;
- les différents outils et environnements technologiques (calculatrice, ordinateur et différents types de logiciels) étaient présents dès les premières années d'expérience professionnelle chez Léonard et Jacob, tandis que pour Yvelin la situation est un peu différente. On peut découper son expérience professionnelle en deux époques différentes : la première époque, sans l'intervention de la technologie et la deuxième époque où il a intégré des outils et environnements technologiques.

Précisons maintenant les conditions dans lesquelles les deux entretiens se sont déroulés.

6.2 Déroulement des entretiens

Nous avons précisé des rendez-vous précis avec les enseignants, une durée d'entretien (une heure), un mode d'enregistrement (audio) et un lieu : dans un endroit où ils travaillent, où il y a les manuels qu'ils utilisent, leur propre ordinateur, leurs classeurs ainsi que la calculatrice TI-*nspire* objet d'expérimentation dans le cadre de l'équipe e-CoLab. Les deux enseignants nous ont proposé, comme lieu, leur propre lycée. Gueudet et Trouche (2008) estimaient pourtant que, pour un professeur de lycée, le lieu du travail documentaire se situe, pour sa plus grande part, au domicile personnel, ce qui a été confirmé par les entretiens qu'ils ont réalisés eux-mêmes. Le choix de Léonard et Yvelin confirme l'importance de la composante personnelle du travail du professeur, lié à son monde propre, qu'il n'est pas naturel de dévoiler. L'« intrusion » de Gueudet et Trouche, pour les besoins de leur enquête, dans le bureau du domicile personnel des enseignants interrogés, était sans doute facilitée par la profession commune, enseignant, qu'ils avaient en commun. C'était sans doute plus difficile dans le cas présent où « l'enquêteur » est un étudiant, même si une confiance réciproque a été construite pendant l'année de présence commune au sein de l'équipe e-CoLab.

Nous disposions, pour réaliser notre travail, des matériels suivants :

- un appareil d'enregistrement qui permet le transfert des données sur l'ordinateur par un logiciel spécifique (SonicStage) ;
- une feuille papier quadrillé pour le schéma que l'on demandera aux enseignants de tracer et des feutres ligne épaisse de quatre couleurs.

Ces matériels ont été les mêmes dans les deux entretiens. Les entretiens se sont déroulés l'un après l'autre, avec un jour de décalage entre les deux, donc dans la même époque de l'année scolaire et du travail dans e-CoLab.

6.2.1 Déroulement de l'entretien 1 avec Léonard

Le premier entretien s'est déroulé dans son lycée. Nous nous sommes placés, dans un premier temps, dans une salle informatique. Léonard déclare qu'il transporte toutes les ressources qui se trouvent sur son ordinateur avec une clé USB, avec la même structure existant sur l'ordinateur fixe et son ordinateur portable qui était avec lui. Cependant les logiciels qu'il utilise et qui font partie de ses ressources n'étaient pas présents. Selon l'enseignant, tous les logiciels qu'ils utilisent se trouvent sur l'ordinateur de la salle informatique. Deux types de manuels étaient avec lui lors de l'entretien : ceux qu'il utilise dans sa classe et qui sont à disposition des élèves, qu'il utilise souvent lors de son activité de préparation.

La durée de l'entretien a été de 64 minutes. On a été obligé d'interrompre l'entretien et de changer de salle après 43 minutes, car où on était (dans une salle informatique), il y avait un cours. On s'est déplacé dans une petite salle avec deux ordinateurs dans l'étage de l'administration du lycée.

Suivant la grille d'entretien (Annexe 3), nous avons précisé dès le début l'organisation en trois temps, ce qui nous a aidé à structurer les idées lors l'entretien, puis de son analyse. Le suivi rigoureux de cette grille a été difficile, du fait de plusieurs contraintes :

- le changement de salle a interrompu les questions et la réponse de l'enseignant, et, lorsqu'on reprend l'entretien, on reprend bien la question, mais il est plus difficile de reprendre le fil de la réponse ;

- Léonard a oublié d'apporter sa propre calculatrice TI-*nspire* dans la salle où se déroule l'entretien. On a réalisé l'absence de la calculatrice lorsqu'on est arrivé à des questions sur la calculatrice. On les a reporté à la fin de l'entretien, après que Léonard soit allé la récupérer ;
- on avait bien préparé les trois temps de l'entretien pour que chacun soit analysé par rapport à des objectifs et questionnements précis, mais, parfois l'enseignant a donné des réponses et des informations qui se rapportent à un thème, qu'il est très important d'analyser par rapport à une autre partie de l'entretien ;
- lors de l'entretien, on a demandé à Léonard de faire un petit schéma qui décrit la structure des ressources dans son ordinateur et autres supports qu'ils utilisent. A la fin de l'entretien il nous a indiqué la présence d'un dossier appelé « Bac » où il garde sur son ordinateur des ressources pour son activité sur des sujets de Baccalauréat, il a donc complété le schéma a posteriori ;

Durant l'entretien, il nous a montré une ressource, comme réponse à notre demande (Annexe 3, première partie de l'entretien), il nous en raconté l'histoire. C'était une ressource de remédiation, on a récupéré cette ressource, ce qui nous a aidé dans l'analyse de l'entretien (§7.1).

6.2.2 Déroulement de l'entretien 2 avec Yvelin

Yvelin nous a donné rendez-vous au lycée. Nous nous sommes aperçu, au moment de l'entretien, qu'il n'avait pas ses classeurs papiers au lycée, ce qui confirme que le lieu du travail documentaire d'un professeur de lycée est plutôt à son domicile que dans son établissement, conformément à l'hypothèse de Gueudet et Trouche (2008). Nous nous sommes placés devant un ordinateur dans une salle de préparation au lycée, il était équipé de sa calculatrice TI-*nspire*, des manuels, parmi eux il y a des manuels dont il est un des auteurs, d'une clé USB où il a placé la plus grande part des documents se trouvant sur son ordinateur, et selon lui, avec le même type de structure. La durée de l'entretien a été de 65 minutes.

En ce qui concerne le déroulement, nous avons bien suivi les trois temps prévu dans l'entretien, mais, comme pour le premier entretien, plusieurs facteurs en ont un peu perturbé l'organisation :

- comme pour Léonard, parfois des réponses et des informations ont été fournies dans une partie donnée, mais sont intéressantes à analyser avec les objectifs correspondants à une autre partie ;
- la feuille papier qu'on a préparée pour l'enseignant afin qu'il trace le schéma n'a pas suffi, on a donc utilisé une feuille différente de celle utilisée lors de l'entretien avec Léonard ;
- on avait précisé dans la grille d'entretien (Annexe 3) que l'enseignant aurait à montrer une ressource qu'il juge importante et qu'il a élaborée cette année, prévoyant qu'il aurait entre ses mains toutes ses ressources : numériques et papiers. Il n'avait pas ses classeurs papier ;
- lorsqu'on a lui demandé, dans le troisième temps de l'entretien, de nous parler de la naissance et de l'histoire de la ressource « cavalier » au sein de l'équipe e-CoLab, il ne s'est pas souvenu de ces étapes, ce qui nous a poussé à poser des questions *ad hoc* pour reconstruire cette histoire conjointement ;
- il a préféré, dans la dernière partie, parler d'une ressource retravaillée récemment au sein de l'équipe, la ressource « hélicoptère », plutôt que la ressource « cavalier ».

Durant l'entretien, nous lui avons demandé de nous montrer deux ressources qu'il a élaborées lui-même. Après l'entretien, nous avons récupéré ces ressources pour les exploiter lors de l'analyse de l'entretien.

6.2.3 Après les entretiens...

Les données ont été transférées de l'enregistreur vers l'ordinateur. Ensuite, nous avons décrypté les entretiens (Annexe 4 et 5), en numérotant les échanges pour faciliter l'analyse et l'introduction de citations dans le présent document qui se référera à ces annexes.

En s'inspirant de la méthode d'auto-confrontation (Roger et al 2007), on a envoyé, par mail, les transcriptions des entretiens aux deux enseignants pour qu'ils puissent les compléter ou les commenter, en intégrant ces commentaires directement dans le fichier de transcription. On a reçu deux mails en réponses (Annexe 7) :

- Léonard nous a envoyé des ajouts et des modifications, avec des copies d'écran de son organisation des ressources sur l'ordinateur, correspondant au schéma qu'il avait proposé lors de l'entretien ;
- Yvelin nous a indiqué des compléments aux différentes parties, auxquels il a pensé après relecture.

6.3 L'article e-CoLab

L'article e-CoLab est disponible en ligne sur le site EducMath de l'INRP à l'adresse suivante http://educmath.inrp.fr/Educmath/lectures/dossier_mutualisation/ecolab.pdf. On a élaboré une analyse antérieure de cet article dans le cadre d'une étude bibliographique (voir Annexe 1). Une autre lecture de cet article est à mettre en place en fonction de ce qui est décrit dans la méthodologie (voir § 5.5).

6.4 Le questionnaire du professeur (Zuchi 2008)

Ce questionnaire a été préparé à destination des enseignants de l'équipe nationale e-CoLab. Les réponses à ce questionnaire sont anonymes. Comment tirer les réponses des enseignants expérimentateurs de l'équipe locale de Lyon ?

On a demandé aux professeurs expérimentateurs de l'équipe de Lyon, après s'être assuré de leur accord pour rompre l'anonymat, de repérer leurs questionnaires parmi l'ensemble des réponses. Chacun a désigné son propre fichier, on les a nommés en crayon. Pour s'assurer de la justesse de cette correspondance (une erreur de reconnaissance est toujours possible), nous avons confronté ces réponses avec les réponses du questionnaire que nous avons nous-mêmes élaboré. Dans la première rubrique du questionnaire (Zuchi 2008) « présentation de l'enseignant », il y a en effet des informations qui se rapportent sur l'enseignant. Ces informations nous ont fourni des éléments confirmant la coïncidence entre le fichier et l'enseignant correspondant.

Nous disposons désormais d'un ensemble de données : les deux questionnaires et les deux entretiens ainsi que l'article, les réunions de l'équipe et l'espace de travail où se trouvent toutes les ressources conçues dans le cadre de e-CoLab, en particulier celle du « cavalier à la rivière ».

7 Analyse des données recueillies

Dans cette partie, on essaie de repérer les systèmes documentaires individuels des deux enseignants retenus (Léonard et Yvelin), le système documentaire de la communauté de pratique (l'équipe de Lyon), les relations entre ces systèmes et de confronter ces résultats aux hypothèses de recherche.

7.1 Le système documentaire de Léonard

7.1.1 Analyse du questionnaire du monde de Léonard

On a déjà présenté Léonard (§ 6.1.2), on analyse maintenant le questionnaire en inférant des éléments sur son monde. C'est l'enseignant, par rapport à l'équipe locale de Lyon, le plus récent dans le travail collectif, pour lequel l'activité de conception des ressources pour les TICE était la plus forte.

Le changement de son milieu d'enseignement (M0), du fait de l'introduction d'un nouvel outil technologique (le vidéo projecteur), a conduit à de nouvelles orchestrations instrumentales : le vidéo projecteur... permet l'utilisation des logiciels et des calculatrices devant les élèves. Il donne au TICE un rôle épistémique et sémantique du fait de leurs effets sur les objets mathématiques. La dimension historique de son monde se construit en relation avec l'évolution de la technologie et l'évolution de ses propres ressources élaborées au cours de son expérience professionnelle. Ces deux évolutions ont un rôle majeur dans son activité de documentation.

Sa conception de l'enseignement des mathématiques est en liaison étroite avec la technologie. Enseigner les mathématiques pour lui est une idée toujours conjointe à l'introduction des TIC. Il a donné un exemple de la géométrie, qui est pour lui un thème délicat à enseigner dont il pense qu'une solution de cette difficulté d'enseigner ce thème pourrait se trouver en cherchant dans les TICE : L'enseignement de la géométrie et des vecteurs en particulier, avec un public très faible, est délicat. ...Je n'ai toutefois pas vraiment cherché de solution TICE pour palier à cette difficulté.

Le facteur temps est présent dans son monde, du point de vue de la progression des notions mathématiques et du point de vue de l'évolution de l'organisation de l'enseignement de ces notions : enseigner et préparer une notion chez lui, c'est voir ce qui existait avant et préparer ce qui vient après. Il donne une grande importance à ses propres ressources dans la construction de ces documents, ce qui révèle un dynamisme fort de son monde.

Le monde de Léonard est influencé par les TICE, son travail de construction de ressources a contribué à construire sa conception des mathématiques et de l'enseignement des mathématiques. Enfin les échanges avec ses collègues contribuent à construire son monde professionnel dans sa dimension sociale. Son monde se construit à partir de ses objectifs propres de formation continue.

7.1.2 Analyse de l'entretien avec Léonard

Première partie de l'entretien

Dans la première partie de l'entretien, nous avons comme but d'identifier des éléments de la structure des ressources de l'enseignant et cela suivant les trois perspectives : typologie d'activité, milieu du professeur et mutualisation des ressources.

Bien que Léonard utilise des manuels et des sites pour préparer son enseignement, il donne une grande importance à ses ressources personnelles. Il les fait évoluer en fonction des usages

antérieures : je repars souvent de ce j'ai déjà fait pour le transformer, en changeant beaucoup de place ça dépend...on essaye de revoir ce qui n'avait pas marché... (Annexe 4, phrase 4). Donc l'interaction avec son milieu d'enseignement (M0) et son milieu de référence (M-1) participe de façon importante à sa documentation. L'évolution de son travail documentaire est liée à la construction de son monde professionnel avec un dynamisme permanent : quand je dis dix ans, je n'utilise pas souvent des choses vieilles de dix ans souvent parce que le programme a changé et parce que moi je ne fais plus du tout pareil ! Quand je dis dix ans, c'est l'évolution ! Un cours il y a dix ans, souvent je ne relie bien souvent même plus... (Annexe 4, phrase 18). On voit ici un rôle de son niveau d'activité noosphérique (N+3) et de projet (N+2) qui donne des effets de dynamisme à son monde.

Le rôle du numérique est important dans l'évolution de ses propres ressources parce que les ressources numérisées sont « modifiables » facilement. Son activité professionnelle, commencée avec le numérique (l'ordinateur et les différents outils TICE), caractéristique de son monde, influe sur sa pratique, du point de vue de l'échange des ressources : il favorise tous les échanges numériques par clé USB ou par mail entre collègues. Ce type d'échange ne réussit que lorsqu'on a des collègues qui partagent cet intérêt pour la mutualisation: souvent mes collègues ont tout sur numérique... format numérique aussi... je leur demande de m'envoyer cette version (Annexe 4, phrase 16). Donc une des conditions de l'intégration dans son répertoire d'apports extérieurs, c'est qu'ils soient numériques (un aspect de compatibilité avec son monde dans sa dimension pratique). Il échange pour des besoins perçus dans son système documentaire qui sont relatifs au niveau du projet (N+1), donc des besoins ponctuels à un temps donné : je ne veux pas ranger des choses qui sont à d'autres parce que souvent je l'intègre dans un truc à moi ou alors je ne l'utilise pas. Les ressources papiers n'ont pas de place assignée dans son milieu matériel : mais finalement moi je trouve que je n'ai pas d'endroit pour les ranger maintenant (Annexe 4, phrase 16)

Pour lui, le rôle des TICE dans l'enseignement des mathématiques, c'est dans « l'illustration des notions » plutôt que dans l'engagement dans la résolution, comme en témoigne sa réponse à la question qu'on a lui adressée dans le questionnaire (§7.1.1), ainsi que dans l'entretien : une partie exercice... sur ordinateur qui utilise donc les TICE pour illustrer un petit peu cette notion, et n'empêche que finalement ça se finit sur papier avec faire l'exercice vraiment (Annexe 4, phrase 65). Donc l'activité instrumentée de l'élève pour Léonard ne s'inscrit pas dans la *réalisation* de la tâche mais plutôt dans une étape de démarrage ou d'orientation des tâches. Cela apparaît clairement quand il dit : la partie logiciel, elle, elle était efficace pour gérer la moitié des élèves, ça leur a vraiment donné une image de ce qu'il fallait faire (Annexe 4, phrase 73).

Le modèle de ressource se révèle aussi, même si ce n'est que partiellement dans l'organisation de ses nouvelles ressources. Quand on a demandé à l'enseignant de nous parler d'une ressource, on a relevé que la structure de la ressource qu'il a élaborée est similaire dans ces constituants à ce qui est dans e-CoLab : fiche élève qui est constituée d'une partie explicative et partie exercice et des fiches numériques (logiciel et calculatrice). Cette ressource constitue d'ailleurs une amélioration d'une ressource qui existait dans son répertoire : c'est une amélioration d'une ressource qui existait déjà. J'ai rajouté cette année un fichier numérique qui n'existait pas avant (Annexe 4, phrase 77).

Deuxième partie de l'entretien

L'intégration de la calculatrice TI-*n*spire, comme nouvel artefact, dans son enseignement l'a obligé à changer ses gestes de documentation. Elle déstabilise aussi ses conceptions des mathématiques, en élevant le degré d'expérimentation et de recherche dans les ressources à concevoir. Les ressources construites sont changées, du point de vue scénario d'usage et de la façon de proposer les problèmes : Globalement ça a changé quand même la façon de poser les questions parce que de plus en plus on peut laisser de la place à de l'expérimentation, à du temps de recherche. On faisait ce genre de chose avant. L'avantage est la fréquence d'utilisation permet de varier entre des problèmes ouverts longs et des problèmes très courts, dans quel on laisse une première phase d'exploration. Donc ça a pas mal changé les choses (Annexe 4, phrase 117). Ce sont des dimensions nouvelles conduisant au

changement de ces propres ressources, liées à la fois à la nouvelle calculatrice et à son engagement dans l'expérimentation e-CoLab.

Pour Léonard, la calculatrice a été intégrée après un certain temps, le temps de l'appropriation de l'artefact calculatrice et son développement en un instrument pour la conception des ressources. L'adaptation des ressources par l'enseignant à la machine provient de deux genèses conjointes : une *genèse instrumentale*, pour le développement de la calculatrice en tant qu'instrument pour la conception des ressources, et une *genèse documentaire* dans la conception des ressources adaptées de l'existant. Ce sont donc deux genèses conjointes, mettant en évidence le rôle de la calculatrice dans l'enrichissement du monde de l'enseignant. Au cours du temps, l'utilisation de la calculatrice est plus adaptée, les orchestrations plus contrôlées : au début c'était quand même nouveau, on l'utilisait beaucoup. Là maintenant, je pense qu'elle a trouvé sa place, mais en gros on l'utilise plus qu'une calculatrice normale... Maintenant on l'utilise légèrement moins peut-être ou plutôt moins systématiquement (Annexe 4, phrase 117).

Léonard a utilisé des ressources e-CoLab pour son propre enseignement, mais d'une façon progressive et en les adaptant: c'était sur des séances de cours où là on a essayé d'écrire et donc de respecter le scénario qui a été prévu, parfois j'ai simplement utilisé une partie d'une ressource, donc là c'est plus le scénario qui était prévu. Ces adaptations sont liées aux contraintes d'organisation de l'enseignement.

L'intégration, dans son propre enseignement, des ressources construites au sein de l'équipe est intéressante, selon lui, et cela est lié à sa conception du travail collaboratif, parce que la confrontation des idées dans l'équipe renforce la qualité des ressources. Cela appuie l'idée que son monde professionnel est un monde récepteur des apports extérieurs à cause d'un besoin ressenti de se former et de se construire. On peut émettre l'hypothèse de l'existence d'un invariant opératoire qui pilote l'intégration des ressources et le travail collaboratif dans lequel il est impliqué c'est que : puis il y a aussi quand même que ces ressources là qui avaient été travaillé par dix personnes...elles sont solides quoi...alors que je peux leur faire confiance...je sais que dedans il y a des choses importantes (Annexe 4, phrase 131). Il donne confiance à cette ressource du fait du temps investi pour la travailler : là quand même il y a une ressource qui a été travaillée longtemps, en profondeur et je suis d'accord avec ce qui est dedans, donc je sais que...donc c'est vraiment pour ça que j'ose les réutiliser (Annexe 4, phrase 131). Le facteur temps évoqué comme important. Léonard met ainsi en évidence deux conditions pour pouvoir (« oser ») intégrer des apports extérieurs de ressources dans son propre système documentaire : le temps nécessaire pour faire des tests multiples et le travail collectif qui assure une pertinence à la ressource.

On peut souligner ici un geste de documentation qui est un apport du travail communautaire : « tester des ressources ». Léonard utilise ce mot et il teste lui même des ressources diverses, d'une façon analogue à ce qu'il se fait dans le cadre de e-CoLab, qui teste et conçoit des ressources pour le nouvel environnement technologique. Cela appuie aussi l'idée que son système documentaire est un système qui cherche à se construire et évoluer.

L'utilisation des ressources e-CoLab là dans son activité professionnelle est liée encore à cet environnement. Pour lui les ressources sont en phase de test et d'adaptation à la calculatrice, elles ne sont pas encore « décontextualisées » de la calculatrice TI-*nspire*: j'en ai utilisé un petit peu en terminale, parce que j'ai des élèves qui ont la même calculatrice qui l'ont achetée donc c'était l'occasion (Annexe 4, phrase 135). Il exprime une inquiétude : moi il y a quelque chose qui m'inquiète toujours, c'est que là on a pu les faire parce qu'on a les conditions (tous les élèves avec la même calculatrice), et ça peut être ça n'existera plus (Annexe 4, phrase 137).

Pour le futur, il pense à un usage des ressources détaché de la calculatrice TI-*nspire*. Il pense à une nouvelle organisation de la ressource, une nouvelle genèse pour adapter les ressources aux différents type de logiciel : je préfère avoir un travail qui est multi outil plutôt qu'un travail vraiment

dédié (Annexe 4, phrase 137). Ceci annonce un nouvel élan pour la genèse de son système documentaire.

Troisième partie de l'entretien :

Pour lui, les fiches professeur du modèle de ressource sont exactement un moyen de communication des idées : la fiche prof c'est des implicites. Je sais ce que je veux faire par rapport à moi (Annexe 4, phrase 151).

En ce qui concerne l'activité au sein de l'équipe, il distingue toujours les différents niveaux de participation existant et la répartition des rôles entre les membres de l'équipe. Le modèle de ressource a un rôle très important dans la communication avec les autres, pour décider d'intégrer ou non une ressource dans le système documentaire communautaire. Le modèle de ressource permet le transfert au sein de l'équipe e-CoLab, mais pour le futur il restera à étudier la validité du modèle au delà de l'équipe e-CoLab.

Dans le futur, il pense à une utilisation du problème du cavalier, mais en le modifiant du point de vue des objectifs mathématiques et du point de vue de son introduction. Il souligne l'idée que cette ressource (le cavalier) est une caractéristique du système documentaire de la communauté : Le problème n'a pas été inventé pour l'occasion. Ça fait des années qu'il est utilisé mais là on a utilisé une forme qui est un petit peu spéciale quoi.(Annexe 4, phrase 165).

7.1.3 Analyse du schéma de Léonard (voir figure 4)

Du point de vue de la structure de ses ressources, il utilise l'ordinateur comme support principal. Il y sauvegarde toutes ses ressources professionnelles dans un grand dossier nommé « Boulot » : on peut y trouver ses ressources anciennes, dans des différentes équipes, classées suivant les institutions (IREM, e-CoLab, lycée...). Cela met en évidence que son monde professionnel est en construction. Toutes les ressources qui se trouvent dans ce dossier interagissent et contribuent à la construction de ce monde.

Dans la structure organisatrice des ressources de Léonard, il y a une classification chronologique par année scolaire et dans chaque dossier spécifique d'une année se trouvent les différentes ressources (devoir, cours, ...). Cette organisation révèle une flexibilité et une mobilisation forte qui touchent les types des ressources d'une année à une autre. Une ressource de devoir pour une année sera une idée pour un problème de recherche l'année d'après !

La prise en compte du temps et son effet sur la genèse documentaire apparaît dans l'organisation et la structure de ses ressources pour le lycée, dans un dossier « classes actuelles » : C'est vraiment le dossier du travail quotidien (il indique sur le dossier intitulé « classe actuelle »), c'est vraiment le dossier où je travaille tout le temps dedans (Annexe 4, phrase 39). Ce dossier contient plusieurs classeurs numériques dont chacun représente les classes dans lesquelles il enseigne. Ce classement par année scolaire lui permet de récupérer des ressources existantes pour les modifier et les faire évoluer : cette ressource elle est là... sous-entendu elle est le plus tard possible c'est qu'elle a le plus évolué quoi (Annexe 4, phrase 79). Et c'est là où on peut trouver les différents types de ressources : cours, devoirs, outils TICE, fichiers tns (liés à la calculatrice TI-*n*spire) élève et autres. Un autre dossier présente le passé de son activité d'enseignement : donc là c'est tout ce que je stocke et qui est trié par niveau... quelque chose que je vais consulter de temps en temps (Annexe 4, phrase 39).

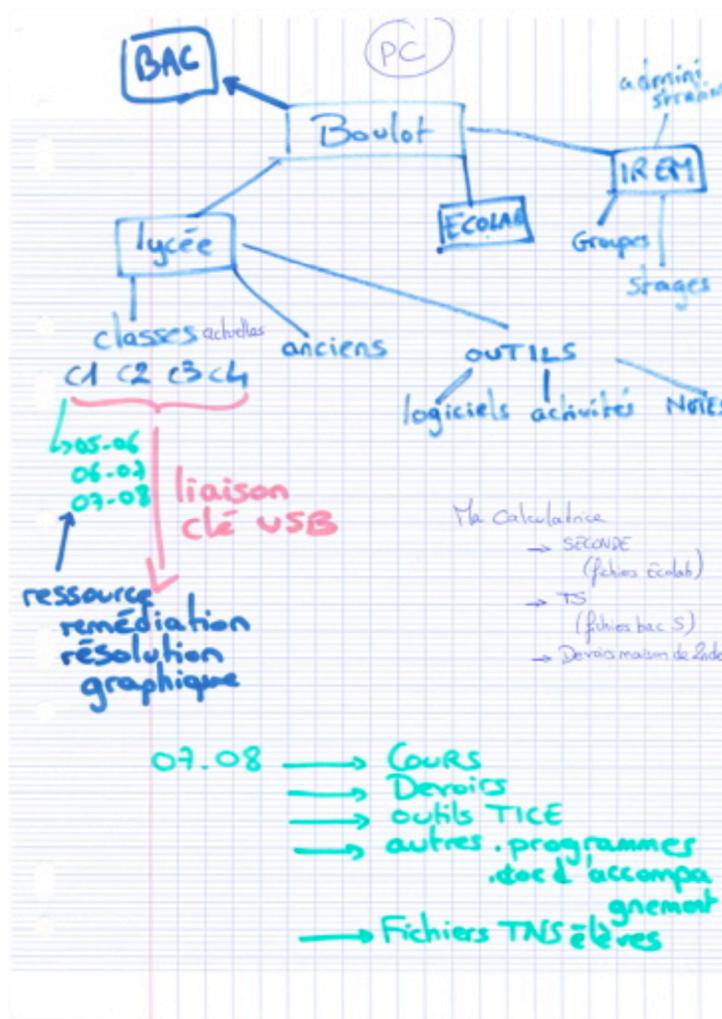


Figure 4. Schéma tracé par Léonard lors de l'entretien

La clé USB, pour lui, est un bureau virtuel de l'actualité de travail. Le dossier « classes actuelles » est sur la clé, c'est le travail de tous les jours. Ce support de ressources (clé USB) et l'ordinateur portable ont conduit à une évolution de sa structure de ressource : c'est la liaison entre clé USB et avant il se faisait papier, je les transporte au fur et à mesure selon ce que j'avais besoin sur papier et donc pas tout l'apport de la clé USB c'est que j'avais tout avec moi, même des choses plus anciennes.

Les résultats de son activité dans le cadre de e-CoLab, il les garde dans un dossier spécifique dans son ordinateur. Dans sa structure existante, il y a une distinction entre les ressources e-CoLab pour la classe de seconde et les ressources propres pour cette même classe. Mais il commence à les intégrer dans son propre enseignement en les adaptant selon ses besoins.

On remarque, dans la structure, la présence d'un classeur pour garder des ressources d'activités mathématiques qui se trouvent sur des sites où les ressources existantes résultent d'un travail collectif. Léonard a dit qu'il ne garde pas des ressources échangées avec des collègues, mais il garde des ressources cherchées sur ce type de sites, ce qui appuie l'idée de la confiance qu'il donne à des ressources travaillées dans des collectifs, « elles sont plus solides ».

7.1.4 Synthèse du système documentaire de Léonard

Ses ressources personnelles ont un rôle majeur dans l'évolution de son système documentaire. Quand on parle de ses ressources personnelles, on désigne l'ensemble des ressources évolutives qu'il a élaborées personnellement au cours de son expérience d'enseignant, mais aussi l'ensemble des ressources auxquelles il a contribué dans le cadre d'équipes de conception de ressources.

En ce qui concerne les invariants opératoires qui pilotent l'usage de ce répertoire de ressources, on peut inférer des caractéristiques suivant deux niveaux :

- sa conception des mathématiques comme discipline constituée des ensembles des notions à construire en mettant en évidence leurs valeurs sémantiques, pour lesquelles les TICE ont un rôle important dans cette construction en favorisant une dimension expérimentale de cette discipline ;
- sa conception de l'enseignement des mathématiques, ayant comme but de transmettre les connaissances de cette discipline. Les documents construits par l'enseignant ont ainsi un rôle majeur dans cette transmission, prenant en compte ce qui est déjà là comme connaissance et en préparant ce qui vient.

Essayons maintenant de repérer des règles d'action qui font partie des schèmes d'utilisation de ses propres ressources et cela en inférant des éléments caractéristiques des différents familles de situations (§4.2.3) :

- organiser son propre enseignement : Léonard organise son propre enseignement en adaptant des ressources conçues dans le cadre d'un travail collaboratif ou communautaire. Son travail dans le cadre des équipes institutionnelles diverses le pousse à évaluer et réviser son enseignement, cela apparaît dans sa structuration de ressources personnelles qui sont pour lui une source de documentation importante, qui subissent une évolution et modification fréquente au cours du temps ;
- participer à l'organisation de l'enseignement à travers des activités communes : cette famille d'activité est mise en évidence dans la structuration de ses propres ressources, où toute son activité est stockée dans un grand dossier nommé « Boulot ». On peut y trouver les traces de son activité au sein des diverses équipes qui contribuent à l'organisation de son enseignement. Son monde professionnel est en cours de construction ; sa participation à des activités communes est dans le but d'organiser son propre enseignement ;
- développer une réflexion sur sa propre pratique : cette famille d'activité engage une partie importante de l'action de Léonard, son activité dans le cadre de e-Colab par exemple, c'est une occasion de se former ; sa participation est parfois conflictuelle (c'est ce qu'on a remarqué dans les réunions), elle témoigne d'un engagement fort dans la communauté qui a des conséquences sur sa pratique, provoquant des remises en questions. Ce geste apparaît par l'évolution de son propre répertoire de ressources au cours du temps, par un processus de « test » des ressources, aboutissant à des révisions régulières.

Le système documentaire de Léonard est un système quasi ouvert. Il accepte des apports extérieurs, dans le but de se former et enrichir son propre système documentaire. L'intégration de ces apports extérieurs dans son propre système documentaire est liée à la confiance qu'il fait à ses apports et à la continuité avec l'existant dans son propre système.

7.2 Le système documentaire d'Yvelin

7.2.1 Analyse du questionnaire du monde d'Yvelin

Une présentation d'Yvelin a déjà été faite (§ 6.1.2). Il a une expérience dans des équipes professionnelle sur plusieurs plans (associatif, institutionnel et expérimentatrice). Son expérience dans de telles équipes a commencé dès le début de sa carrière d'enseignant, c'est-à-dire depuis trente-huit ans, ce qui constitue une expérience assez longue. Ses travaux dans des équipes différentes de conception de ressources (en particulier pour l'utilisation de calculatrices), un travail sur les problèmes ouverts et l'utilisation des logiciels différents ont bien construit les dimensions pratique et historique de son monde et constituent un apport riche pour son travail dans le cadre du projet e-CoLab.

Sa participation à des équipes d'auteurs de manuels est aussi un facteur important qui se rapporte à un niveau d'activité noosphérique. Ce type d'activité permet un retour réflexif sur son monde d'une façon efficace, ce qui a contribué, avec l'effet cumulatif du temps, à stabiliser des éléments qui s'inscrivent dans les dimensions pratiques et sociales de son monde.

La dimension historique est une dimension importante à prendre en compte dans le cas d'Yvelin. Il nous semble que cette dimension de son monde influe beaucoup sur son activité actuelle et cela apparaît clairement dans l'entretien (voir §7.2.2). Le passé est un facteur qui a construit ce monde, les types d'activités qu'il a effectuées au cours du temps ont stabilisé des concepts et des connaissances implicites de ce monde-là. Actuellement le futur professionnel est limité pour lui (proximité de la retraite), les orientations que gère ce monde sont donc plutôt des orientations consommatrice et de mise en œuvre des connaissances, plus que productrice de connaissances.

Bien sûr, l'apprentissage professionnel se poursuit cependant, il est une conséquence de l'ensemble des interactions d'Yvelin avec ses milieux, mais il ne constitue plus une finalité. Dans son activité au sein des équipes, il y a toujours une interaction avec le milieu didactique (M+1), il annonce ainsi : Dans ce travail d'équipe, il y a une part d'élaboration de documents à destination des élèves et de réflexion sur l'utilisation en classe de ces documents ; tout cela est pour moi très important. Yvelin met en évidence un rôle du travail en équipe qui est pour lui une « nécessité » pour être plus efficace auprès de ces élèves : La confrontation des expériences, mais aussi la prise de distance par rapport à cette expérience. Ce qui met en évidence que l'interaction avec le milieu, ici le milieu noosphérique, agit sur la construction du monde par un effet retour.

Il est important de noter que l'expérience de cet enseignant se déploie sous deux époques : une époque sans TICE et une époque avec TICE. Ceci constitue un facteur important de comparaison et d'orientation de son activité en relation avec sa conception des objets mathématiques et de l'enseignement des mathématiques. Ceci se révèle ainsi être une richesse de son monde professionnel avec une interaction des deux dimensions historique et pratique, cette deuxième orientant son activité propre ainsi que son activité collective de documentation dans le cadre des différentes institutions.

Le niveau de la classe dans lequel il enseigne détermine son niveau d'activité de construction et met en évidence le rôle qu'il assigne aux TICE dans la modification et la transformation des ressources construites pour la classe.

D'après ce qui précède, on peut tirer des éléments caractéristiques du monde de Yvelin. C'est un monde bien structuré et stabilisé, le caractère productif de ce monde domine. Ce monde a un rôle de mobilisation des connaissances professionnelles, plus que d'action pour se construire. L'aspect dynamique de son monde est ainsi atténué.

7.2.2 Analyse de l'entretien 2 avec Yvelin

Première partie de l'entretien :

Il privilège l'utilisation des manuels divers pour la construction de ses propres documents. Cette préférence est sans doute liée à son activité noosphérique (N+3), comme auteur de manuels scolaires : Mais encore une fois, c'est lié, je pense, au fait que je participe à une équipe qui rédige les manuels...je suis dedans (Annexe 5, phrase 18). Les sites comme source de ressources ont deux influences sur sa pratique d'enseignement : d'un part, elles sont des constituants nouveaux de son milieu didactique, d'autre part, c'est un nouvel espace pour la mutualisation des ressources : c'est bien présent à mon esprit cette préparation du devoir surveillé, je sais que je vais chercher sur des sites des exercices ou des sujets de l'annale de Bac...là par exemple j'ai passé un temps important pour préparer ce DS à chercher des sujets proposés par des collègues sur des sites (Annexe 5, phrase 14).

Le niveau des apprenants est un facteur important qu'il prend en considération dans son activité de documentation : c'est en fonction des élèves que j'ai en face de moi... moi j'ai des élèves qui ne sont pas très bon disons, donc j'ai plutôt cherché dans des manuels où je sais que les exercices sont d'un accès plus simple pour les élèves.(Annexe 5, phrase 10).

S'impliquer dans un travail collectif et surtout expérimental change le milieu didactique d'Yvelin et l'interactivité entre son système propre documentaire et son travail communautaire ou collectif. Les échanges avec les collègues de son lycée ne sont pas les mêmes pour la classe impliquée dans l'expérimentation de l'équipe e-CoLab et une classe qui n'est pas impliquée, ce qui aura des conséquences sur les échanges : d'abord je suis un peu isolé à cause de l'expérimentation (Annexe 5, phrase 30).

L'intégration d'une nouvelle ressource à un document déjà construit, au cours d'une nouvelle genèse documentaire, dépend de sa compatibilité avec son milieu d'enseignement à un temps donné. Donc en même temps, mon point de départ était un sujet de Bac que j'ai trouvé sur internet, j'en ai fait un DM qui est pratiquement du sujet et ensuite dans la perspective de la correction j'ai situé les idées pour élargir un peu le sujet et en tapant constante de l'aire avec Google et bien j'ai trouvé sur un site, j'ai trouvé un document intéressant, que j'ai tiré sur papier (Annexe 5, phrase 72). Son activité de documentation est une activité progressive, on distingue toujours des interactions riches entre les différents niveaux d'activités : il cherche des ressources pour un thème bien précis (N+2), il transforme et adapte cette ressource (N+1) d'une façon qu'elle soit compatible avec l'existant (les constructions antérieures des ressources, ainsi que leur mise en œuvre dans la classe (N0) et le degré d'apprentissage par les élèves des objectifs visés : Donc ça c'est spécifique du programme du seconde « statistique, simulation, d'expérience aléatoire ». J'ai fait le document, le travail que j'ai fait en classe, c'est entièrement le document « à vos paris » je l'ai fait en détail, j'ai passé beaucoup du temps, puis j'ai donné aux élèves un DM sur ce thème là. Un DM que j'ai pris du livre. Ils avaient deux exercices à traiter. J'ai corrigé le DM et on a fait des exercices dessus et à partir de là j'ai bâti un énoncé d'interrogation (Annexe 5, phrase 108). Voir encore (Annexe 5, phrase 72 déjà cité ci-dessus).

Le partage des ressources et l'intégration de nouvelles ressources s'accompagnent de processus d'instrumentalisation : donc ce n'est pas des sujets qui nous sont propres au point de départ mais après on les adapte (Annexe 5, phrase 20). L'adapter, c'est-à-dire la faire soi, conformément à ses conceptions des mathématiques et de l'enseignement des mathématiques. Le processus d'adaptation est orienté par son propre monde professionnel.

Yvelin utilise la clé USB, pour faciliter le partage des ressources : lors d'un travail collectif, la clé facilite l'échange et la mise en œuvre des différentes idées proposées à cause de la flexibilité des modifications que permet le numérique.

Une conception importante de l'enseignement des mathématiques est relative à l'enseignement de *méthodes* mathématiques : deuxième chose que je privilégie c'est les manuels qui proposant des méthodes, bon...les manuels dans lesquels il y a des pages méthodes plus que en contenu du cours (Annexe 5, phrase 10). On peut faire aussi l'hypothèse de l'existence d'un invariant opératoire,

pilotant les usages des ressources et leur transformation pour la construction de documents d'évaluation (comme les DM et les DS) : Comme c'est un DS, c'est-à-dire c'est un bilan (Annexe 5, phrase 105).

Le temps est une composante essentielle de la genèse documentaire individuelle : ce sont des fiches qui remontent déjà à plusieurs années, qu'on modifie, que je modifie en fonction de l'utilisation. C'est l'expérience ! (Annexe 5, phrase 12). Ces supports papiers sont organisés d'une façon chronologique par année, et, dans chaque année, sont organisés suivant la progression du programme. Il nous semble qu'un invariant opératoire pilote l'organisation de cette structure : « la chronologie est un point de repère facile » elle permet un geste de documentation : « comparer avec l'année précédente », qui marque et met en évidence l'évolution de l'existant. Comme il l'annonce : la chronologie est un point de repère facile pour moi et ça me permet de voir chaque année et de la comparer avec l'année précédente et la façon dont on avance dans le programme, je pense c'est une des raisons pour lesquelles... et puis quand je cherche d'une année sur l'autre un document je sais à peu près où je peux le trouver dans ma chemise ou mes classeurs.(Annexe 5, phrase 88).

Yvelin utilise beaucoup des mots comme : *synthèse, bilan, méthode*. La répétition de ces mots est bien sur liée à sa conception des mathématiques (ensemble de notions qu'on peu organiser ou synthétiser d'une façon ou d'une autre) et au rôle de l'enseignant dans cet enseignement : c'est un enseignant qui synthétise, qui fait le point de l'apprentissage des élèves et qui enseigne, le plus possible, des méthodes. Nous avons remarqué qu'il utilise beaucoup l'expression « j'ai l'habitude de faire... », ce qui suggère une stabilisation de son monde et que l'intégration d'apports extérieurs dans son système documentaire n'est pas immédiat.

On repère une influence d'un travail qu'il effectue à l'IREM dans un groupe sur la conception de ressources adaptées à la diversité des calculatrices (*36 élèves, 36 calculatrices* voir annexe 1) : il conçoit ses propres fiches calculatrices avec les mêmes objectifs du travail du groupe. Dans son système documentaire, la transformation que subissent ces ressources est très limitée, peut être que cela est dû à la nature de ces ressources, qui ne supportent pas de grandes modification, et ne permettent pas de donner beaucoup de soi.

Deuxième partie de l'entretien :

nous l'avons signalé dans la première partie de l'entretien, le travail d'Yvelin dans la communauté de pratique (e-CoLab de Lyon) crée une rupture dans son système documentaire et le déstabilise pour un certain temps : un certain équilibre se rétablit en cours d'expérimentation : l'expérimentation de l'INRP se passe dans les classes de seconde, effectivement ça me pose parfois des problèmes de classification (Annexe 5, phrase 140). Dans sa classe de seconde, les ressources conçues dans le cadre de l'expérimentation évoluent depuis deux ans, tandis que ses propres ressources n'évoluent pas au même rythme, ce qui gêne un peu la progression dans l'année et l'évolution ordinaire de son répertoire, fruit d'une longue expérience.

Cette calculatrice a apporté des grandes choses au niveau de l'orchestration instrumentale d'Yvelin, et par suite à l'organisation de son enseignement : quand tu utilises la calculatrice au lieu de la salle informatique, ça veut dire du premier coup de la gestion de la classe par un déplacement en salle informatique, donc tu ne vas pas le faire souvent, ben tu vas à des moments bien repérés, tandis que là tu peux utiliser la calculatrice tout le temps de manière très simple (Annexe 5, phrase 159).

La question du futur est une question qui pose beaucoup d'interrogation chez Yvelin. C'est un enseignant qui arrive à la retraite à la fin de cette année, donc les facteurs qui s'inscrivent dans le temps futur pour la genèse documentaire sont atténués. Mais cette limitation du futur cache une profondeur dans le passé. Cette profondeur se révèle d'une façon claire à l'occasion d'une question pour le futur usage des ressources e-CoLab : donc c'est une chose que tu peux adapter très facilement à n'importe quel tableur par exemple... mais la ressource en elle même elle s'adapte très facilement (Annexe 5, phrase 163).

Troisième partie de l'entretien :

Yvelin ne projette pas son enseignement propre dans le futur, du coup il s'investit dans le travail communautaire sans chercher des bénéfices à long terme, cela apparaît dans sa façon d'appréhender l'activité communautaire sans s'inscrire dans sa mémoire professionnelle. Ainsi, lorsqu'on a lui posé la question de reprendre l'histoire du « cavalier » : Pour l'évolution de la ressource, je ne sais pas très bien comment on a fait... (il pense quelques secondes) je ne souviens pas plutôt sur l'évolution...franchement... (Annexe 5, phrase 164).

Quant à la participation au sein de l'équipe locale de Lyon, il appuie notre idée que le travail communautaire et les vraies participations qui conduit à une réification ont eu lieu au sein des équipes locales. C'est ce qui justifie notre choix de situer à ce niveau les communautés de pratique : Il me semble qu'on a travaillé nous, après on a regardé un peu sur les paramètres un peu entre nous à Lyon, mais je n'ai pas l'impression qu'on ait... je n'ai pas senti qu'on a changé... échangé avec les autres (Annexe 5, phrase 167).

Un rôle est dédié aux élèves dans son activité de documentation, ce qui conduit à des interactions entre les différents niveaux du système documentaire, niveau de construction et niveau didactique : maintenant c'est devenu de la façon suivante on peut dire brute sans aucune indication de résolution, alors maintenant il faut aux élèves de préparer des questions si tu veux... on leur a énoncé mardi on leur demandait de préparer des questions pour lundi à propos de ce problème, et à partir de ces questions on va leur fournir...je veux leur fournir des pistes pour résoudre le problème (Annexe 5, phrase 176). Et ce niveau d'activité avec le rôle des élèves influe sur la genèse du document : on ne sait pas du tout si on va faire, c'est ce que je suis en train de faire, je ne sais pas du tout ce qu'ils vont proposer comme questions (Annexe 5, phrase 180).

7.2.3 Analyse du schéma d'Yvelin (voir figure 5)

Toutes les ressources qui se rapportent au lycée sont classées dans un dossier qui est nommé « documents classes » sur son ordinateur. A l'intérieur de ce dossier, l'organisation est par classe, et le contenu de chaque dossier de classe est partagé en deux parties :

- ressources pour la classe qui sont composées des fiches élèves (Word) et des fiches Excel, cabri ou d'autres logiciels. Ces ressources sont classés par thème pour les classes de terminales seulement ;
- ressources d'évaluation classées par années.

Yvelin privilège la classification typologique sur la classification chronologique. Cette classification rend l'évolution des ressources un peu limitée : les transformations que subit la ressource au cours d'une nouvelle genèse documentaire seront limitées car elles sont contraintes par le type de ressources dans lequel elle est intégrée. Un geste de documentation de Yvelin, lié à cette organisation des ressources s'est révélé durant l'entretien et appuie notre idée : lorsqu'il va élaborer un DM ou un DS, il entre dans le dossier spécifique à ce type de ressource et il essaye de s'appuyer ce qui a été construit dans les années antérieures durant la même période de l'année, pour la construction de nouvelles ressources.

Cette structuration révèle la stabilisation de son monde, l'évolution des ressources d'un niveau scolaire à un autre est un peu difficile. Au cours du temps et au cours des genèses documentaires, les évolutions se font d'une façon intrinsèque au niveau des classes avec quelques apports extérieurs. Cette structure limite plutôt l'évolution dans le cadre de la même typologie.

Une exception pour les statistiques, elles sont rangées dans un même dossier pour tous les niveaux scolaires : parce que...bon les statistiques, moi j'en fais pas mal en seconde et j'en fais pas mal en première L, ça fait partie du programme là, et bon quelque part on fait des choses qui sont relativement semblable, eh bon... donc quelques fois j'ai des exercices, en faite que je peux les utiliser avec de petites

modifications indifféremment en seconde et en première L, car c'est très proche si tu veux (Annexe 5, phrase 47).



Figure 5. schéma tracé par Yvelin lors de l'entretien

On voit encore comment la mutualisation et le travail en groupe ou à deux, dans le cas d'Yvelin, influe sur la structure de ses propres ressources et leur organisation. L'organisation thématique, et suivant des thèmes du programme, survient pour faciliter le partage et l'organisation des enseignements avec des autres collègues en terminal, tandis que dans le cas de la classe de seconde où le partage des ressources avec des collègues est rare, le rangement ne se fait pas de la même façon. Donc, une structure s'impose en fonction du travail collectif, elle apparaît d'une façon un peu différenciée suivant les circonstances.

D'une façon générale, en observant la structure des ressources donnée par le schéma (Figure 5), on voit que les ressources liées à son activité professionnelle sont sauvegardées dans des dossiers différents sur son ordinateur où les ressources pour la classe d'une part et, d'autre part, des ressources liées à son activité dans chaque groupe (expérimentation INRP, rallye maths, 36 élèves 36 calculatrices), au même niveau d'organisation que d'autres dossiers personnels qui ne se rapportent pas à son activité professionnelle (par exemple, on a vu un dossier nommé « vacances Genève » !). Cette organisation appuie l'idée que la structure des ressources est un élément révélateur du monde du professeur. Le monde professionnel stable de Yvelin semble affaiblir l'interaction entre les ressources produites par ses différentes activités.

7.2.4 Synthèse du système documentaire d'Yvelin

Son ordinateur est le support principal de ses ressources. Les manuels, plusieurs sites, avec ses propres ressources, constituent les sources principales pour sa documentation. Le temps est un facteur important de sa genèse documentaire, lié à son statut professionnel (il a une longue expérience et il part à la retraite).

En essayant de repérer des invariants opératoires qui pilotent les usages de son répertoire de ressources, on a pu tirer les éléments suivants :

- en ce qui concerne sa conception des mathématiques, c'est une discipline qu'il conçoit structurée autour de méthodes ;
- en ce qui concerne sa conception de l'enseignement des mathématiques, c'est un enseignement qui donne une valeur aux « méthodes » pour la résolution des problèmes et qui s'appuie, autant que possible, sur des « synthèses » pour élaborer un lien entre les différentes notions mathématiques. et son activité se situe dans ce cadre là. Il pense la progression de son enseignement à partir du bilan qu'il fait des connaissances de ses élèves.

Essayons maintenant de repérer des règles d'action qui font partie des schèmes d'utilisation de ses propres ressources, et cela en inférant des éléments caractéristiques des différents familles de situations (§4.2.3) :

- pour organiser son propre enseignement, il s'appuie sur différents sources, mais le fait d'évaluer et réviser son enseignement n'est pas une attitude régulière ou systématique, à cause d'une stabilisation de son monde et sa longue expérience professionnel ;
- la réorganisation de son enseignement à partir des ressources e-CoLab est moins visible que dans le cas de Léonard, du fait qu'il a « l'habitude » au cours temps d'organiser son enseignement d'une façon stable par l'effet de la stabilisation de son monde professionnel ;
- le fait de développer une réflexion sur sa propre pratique se réalise, mais à court terme, tandis que à longue terme cette réflexion est moins forte.

Le système documentaire de Yvelin est un système stable. L'intégration de nouveaux apports extérieurs s'inscrit dans l'évolution de ressources qui forment la partie visible de son système documentaire, tandis que la partie invisible (§ 4.2.3) de ce système est une partie plus stable dont l'interaction avec l'extérieur est moins marquée.

7.3 Le système documentaire communautaire

Essayons de comprendre comment ce système documentaire est constitué en exploitant les données fournies par nos différents outils méthodologiques. Après avoir analysé le questionnaire du monde de Léonard (§ 7.1.1) et le questionnaire du monde d'Yvelin (§ 7.2.1), nous allons analyser les questionnaires des deux autres enseignants interrogés, Jacob et Monique, dans le but de repérer ce qui est commun et ce qui est variable entre les membres de l'équipe.

7.3.1 Analyse du questionnaire de Monique

Monique est titulaire d'une maîtrise en mathématiques et un CAPES. Elle a suivi une formation d'agrégation interne et une formation de formateurs à l'IREM. Elle enseigne depuis trente deux ans en collège et en lycée. Elle a vingt deux ans d'expérience de travail dans les équipes collectifs et des groupes de recherche à l'IREM de Lyon. Parallèlement à son activité dans l'équipe e-CoLab, elle est impliquée dans des projets de la commission inter-IREM et dans des autres groupes de recherche à l'IREM (rallye math par exemple). Elle souligne

qu'elle est entrée à l'IREM dans le but de trouver des moyens d'aider les élèves en difficulté, mais son intérêt s'est développé ensuite pour l'enrichissement des pratiques d'enseignement, pour la recherche et l'échange des réflexions. Elle est, relativement, récente dans l'intégration des TIC dans son enseignement : trois ou quatre ans et plus particulièrement cette année. Elle voit le rôle de l'enseignant dans l'observation et l'évaluation de la progression de l'élève pour dispenser, dans la suite, un enseignement adapté. Elle voit aussi le rôle de l'enseignant pour analyser a priori les activités proposées, au moins pour dégager les objectifs visés et anticiper le comportement des élèves.

De ses réponses dans la première partie du questionnaire, on remarque que Monique a bien suivi des formations didactiques différentes, après les mathématiques. Sa participation aux activités de l'IREM est aussi considérée par elle comme une formation.

A l'IREM, elle a travaillé longtemps avec des groupes sur le thème de la géométrie en mathématique. Ce type de travail caractérise une partie importante de son monde dans une perspective praxique. Elle a commencé à utiliser des logiciels de géométrie dans son enseignement depuis environ quatre ans, au départ avec une variété de logiciels (Géoplan, Géogébra et Excel), puis elle s'est limitée à un seul (Géogébra). Plusieurs niveaux d'activités sont intervenus et ont influé sa pratique :

- les niveaux (N-1) et (N 0) : introduire une instrumentation de trois logiciels en même temps crée des problèmes pour les élèves ;
- son implication dans différentes équipes de travail a sous-tendu son niveau d'activité N+2 de la conception d'un thème mathématique.

On remarque, d'après ses réponses, que l'apprenant est un constituant important de son milieu didactique : les TICE, pour elle, sont considérés en service de la construction du savoir de l'apprenant. Quand elle parle d'un thème délicat d'enseignement, la difficulté est considérée de point de vue de l'apprenant.

On voit comment son monde s'est construit au cours du temps avec ses trois dimensions : tout d'abord son entrée à l'IREM pour avoir des moyens d'aider les élèves en difficulté, puis la perspective d'un enrichissement de ses propres pratiques professionnelles, enfin des intérêts de recherche apparus lors de son activité noosphérique dans le cadre de l'IREM.

7.3.2 Analyse du questionnaire de Jacob

Jacob a déjà été présenté (§ 6.1.2), on analyse ici son questionnaire, du point de vue des trois dimensions de son monde (praxique, sociale et historique).

Il était impliqué dans des projets de conception de ressources (site académique de mathématiques). Ses relations avec les TICE sont liées à son implication dans une équipe réfléchissant à l'utilisation pédagogique de l'ordinateur et à son travail dans la conception de ressources pour les calculatrices (brochure 36 élèves 36 calculatrices). Ces deux facteurs influent la construction de son monde au cours du temps : son activité dans la conception de ressources ainsi que ses relations avec les TICE depuis le début de ses activités dans les différentes institutions.

Son enseignement se centre sur les ressources plutôt que sur les élèves : il prend beaucoup en compte le choix des ressources, pensé à la progression du programme.

Son monde professionnel est construit étroitement en lien avec la technologie et les environnements informatiques. Deux facteurs importants sous-tendent son interaction avec le milieu didactique : l'ordinateur qui lui permet de fournir des ressources modifiables au cours du temps. Et le facteur temps qu'il prend en compte pour penser son enseignement, ainsi que la future organisation des élèves.

7.3.3 Les membres constitutants de la communauté de pratique

Nous pouvons tirer de ce questionnaire des caractéristiques constitutives de la communauté de pratique. Les enseignants membres de la communauté de pratique ont une expérience commune dans la cadre de l'IREM, ce qui facilite leur participation au sein de l'équipe locale e-CoLab, et leur engagement mutuel. Un réseau d'échange est déjà établi entre les membres. Les enseignants expérimentateurs ont une expérience dans la conception des ressources (groupe 36 élèves 36 calculatrices) ce qui facilite leur engagement dans le projet collectif e-CoLab. Cette communauté de pratique forme un milieu de confrontation de quatre types de monde professionnel dont chacun comporte des caractéristiques spécifiques qui le distinguent des autres mondes correspondants à chacun des membres de l'équipe.

Tous les membres intègrent fortement les TICE dans leur enseignement, quelques uns ont une longue expérience dans ce domaine (Yvelin et Jacob), d'autres plus récente (Monique). Tous ont une expérience assez riche dans le cadre du travail collectif et des équipes professionnelles.

7.3.4 Analyse du questionnaire (Zuchi 2008) pour le système communautaire (Annexe 6)

Nous analysons ici le fichier réponse pour chacun des membres de l'équipe.

Fichier de Jacob

Du point de vue orchestration instrumentale, l'importance de la calculatrice est qu'elle possède plusieurs applications (calcul formel, tableur, logiciel de géométrie), et qu'elle permet des interactions fortes entre ces applications. En outre, le fait qu'elle permet d'échanger et de récupérer des fichiers d'élèves a changé profondément les configurations didactiques des orchestrations instrumentales. Cette source de richesse est encore pour l'enseignant une source de difficulté de point de vue de l'appropriation et de la manipulation de la machine pour les élèves comme pour l'enseignant.

De point de vue de la mutualisation de ressources, ce qui l'intéresse, c'est la mutualisation des idées qui donne une validité au travail réalisé. Il fait des échanges avec les membres de l'équipe sur le site et par mail, consacrer un espace pour le partage de documents peut faciliter ce processus de mutualisation. Malgré cela, il juge que les échanges lors des rencontres en face à face sont plus faciles.

Il souligne une difficulté qui peut freiner la participation des membres d'une communauté de pratique : la difficulté à trouver des temps de réunion.

Fichier de Léonard

L'importance de la calculatrice se trouve dans le lien possible entre les différentes applications et les aspects dynamiques qu'elles permettent. Il souligne aussi une difficulté chez les élèves dans la prise en main de la calculatrice. Du point de vue des orchestrations instrumentales, la calculatrice demande une nouvelle configuration didactique des différents instruments qu'elle permet de développer. Léonard propose une stratégie progressive d'appropriation des différentes applications de la machine, pour maîtriser petit à petit la complexité de la machine. De point de vue mutualisation, il utilise le mail et l'espace de travail. Il juge que l'espace de travail facilite le partage des ressources.

Le travail au sein de l'équipe e-CoLab, pour lui, consiste à tester des modalités d'intégration de la calculatrice TI-nspire dans les classes, mais aussi à tester si cette intégration est possible. Son travail au sein de la communauté est dans cet esprit. Son travail de conception de

ressources dans le cadre de l'équipe distingue deux types d'activités : l'activité de conception des ressources pour tester les conditions et les potentialités de l'intégration de la calculatrice TI-*nspire* et l'activité pour faciliter l'intégration de la calculatrice dans les classes. La distinction entre ces deux types d'activités marque sa participation et conditionne l'évolution de son système documentaire communautaire.

Fichier d'Yvelin

Du point de vue des orchestrations instrumentales, il signale que l'importance de la calculatrice est dans son aspect dynamique et le lien possible entre les différentes applications.

De point de vue de la genèse instrumentale pour les élèves avec la machine, il indique que le facteur temps doit être pris en compte : ne pas penser à la gestion du temps de la classe crée des difficultés pour l'organisation de l'enseignement. Il souligne l'importance des fiches techniques pour expliquer l'usage de certaines fonctionnalités peu utilisées. Il souligne la souplesse d'utilisation de point de vue orchestration instrumentale (il a encore souligné dans l'entretien cette souplesse évitant le recours à la salle informatique). Pour lui les difficultés d'utilisation sont les mêmes que pour un logiciel ordinaire.

Du point de vue de la mutualisation, le travail en équipe dépend des membres de l'équipe. Ce qui facilite cette mutualisation, c'est la proximité des idées avec certains collègues et les nécessités institutionnelles, ce qui met en évidence que les concepts de son monde sont relativement stables (cette idée rejoint ce que nous avons déjà noté).

Bilan

De point de vue orchestration instrumentale, les enseignants-expérimentateurs de la communauté sont d'accord avec la nécessité de penser de nouvelles configurations didactiques adaptées à la complexité nouvelle induite par la machine.

La présence d'un espace web pour le partage des ressources et des propositions est importante pour deux raisons :

- il facilite la mutualisation des ressources (le modèle de ressources facilite aussi cette mutualisation à distance) ;
- il constitue un point de rencontre continue dans le temps, ce qui surmonte la difficulté de trouver des moments de disponibilité commune pour échanger des idées et des ressources.

Tous les membres de l'équipe soulignent l'importance de l'existence d'une version logicielle pour l'ordinateur et du lien possible entre les différentes applications.

Les membres de l'équipe soulignent la difficulté de la prise en main de la calculatrice, ce qui demande de leur part des gestes communs à faire et va faire apparaître des éléments de réification des processus mis en œuvre pour surmonter ces difficultés.

7.3.5 Analyse de l'article e-CoLab (Aldon et al. 2008) pour le système communautaire

Les deux parties concernées de l'article se rapportent aux points de vue de la communauté sur les élèves et sur le travail collaboratif. Dans ce qui suit, on analyse ces deux points de vue pour en tirer des éléments caractéristiques du système documentaire communautaire.

Une réflexion sur l'enseignement des mathématiques se développe au sein de la communauté qui prend en compte l'accès à l'outil des élèves. L'équipe a élaboré un questionnaire pour étudier ce point. Ils ont organisé aussi des entretiens pour repérer les difficultés des élèves, ce qui signale l'importance que donne la communauté au développement d'instruments par les

élèves à partir de l'artefact *TI-nspire*. Une prise de conscience importante au sein de la communauté est celle de la complexité de la calculatrice, ce qui a nécessité de penser soigneusement les phases d'instrumentation et d'instrumentalisation : on peut faire l'hypothèse que l'intégration de la calculatrice favorise une réelle prise de conscience des apports de la calculatrice à l'apprentissage des mathématiques en même temps que la manipulation des principales fonctionnalités devient de plus en plus familière. Ce qui nous envoie à la création des ressources qui doivent prendre en compte cette délicate instrumentalisation (Aldon et al, 2008).

La rétroaction des milieux, où l'enseignant est un constituant principal (comme le milieu d'enseignement (M0) et le milieu de référence (M-1)) est prise en compte au sein de l'équipe d'une façon particulière. Les comptes-rendus d'expérimentations élaborés peuvent être considérés comme un des résultats du processus de réification au sein de l'équipe : leur objectif est de repérer les effets, dans la classe, des ressources construites par les membres de la CoP.

L'espace de travail (§ 5.1) est un lieu témoin des processus de réification à l'œuvre au sein de l'équipe. La participation des membres de l'équipe et leurs besoins ont contribué à la construction, pas seulement des ressources, mais aussi des outils pour cet échange : l'ergonomie et l'organisation de cet espace de travail ont été pensées pour faciliter la communication et l'échange des ressources : la version actuelle de l'espace de travail, encore en évolution prend en compte les remarques précédentes... le présent article, mais aussi le rapport intermédiaire du travail de l'équipe e-CoLab sont des exemples de réalisations rendus possibles par l'utilisation d'un tel espace (Aldon et al 2008).

Les membres de l'équipe soulignent les difficultés et les avantages du travail à distance et son effet sur les objets réifiés dans le cadre du travail de l'équipe. Réaliser un travail à distance demande une création de nouveaux types de participation : dans le cas de la conception et de la mutualisation des ressources, il faut augmenter le degré d'explicitation de la ressource (que l'on réalise en présence par des gestes explicatifs) : s'il est facile de partager lorsqu'on est en face les uns des autres, ce même partage est beaucoup plus délicat lorsqu'il s'agit de « publier », même dans un espace privé, une partie de son travail (Aldon et al 2008). Ce type de travail construit une expérience forte pour la construction des ressources diffusables et transférables pour des enseignants hors les membres de l'équipe.

Nous remarquons dans l'article la conscience qu'ont les membres de l'équipe de l'importance construction des outils pour faciliter la participation et l'engagement mutuel entre les membres. Cette façon de décrire leur participation (à partir d'un article) constitue une « réification de la réification » qui permet de faire le point et d'explicitier les difficultés du travail collaboratif entre les membres de l'équipe, ce qui favorise en retour la communication entre les membres de la communauté.

7.3.6 la ressource Cavalier à la rivière pour le système communautaire (Annexe 8)

Cette ressource (§5.6) a été conçue comme un « devoir maison » par l'équipe locale de Montpellier. L'équipe locale de Lyon a adapté cette ressource pour un autre objectif (ressource de recherche) pour lequel l'intervention de l'enseignant se limite à la dévolution du problème dans un premier temps et l'observation et l'orientation au cours de leur activité. Un rôle crucial est alors dédié à l'élève qui prend en compte plusieurs facteurs : l'exploitation des outils disponibles (avec un développement du processus d'instrumentalisation), la mathématisation du problème (c'est-à-dire transformer et reformuler le problème avec les concepts et les relations mathématiques). Cette étape de mathématisation était complètement guidée dans la version de cette ressource de Montpellier.

Après cette adaptation de la ressource, des observations ont eu lieu. Plusieurs difficultés des élèves ont permis de questionner l'instrumentalisation de la ressource par les membres de la CoP de Lyon :

- une difficulté qui se rapporte à l'interprétation de l'énoncé (les élèves ne sont pas habitués à de tels problèmes génériques où l'étape de mathématisation n'est pas explicitée) ;
- des difficultés liées à l'instrumentalisation de la machine (difficulté du passage du papier/crayon à la machine et vice versa).

Plusieurs points sont mis en évidence dans les comptes-rendus lors de ces observations : les stratégies de résolution suivies par les élèves ; les contraintes de la résolution et les processus d'instrumentation et d'instrumentalisation de la machine. Comment ces points sont pris en compte dans la nouvelle version ?

- l'étape de mathématisation est plus explicitée dans la nouvelle version du problème ;
- la ressource distingue deux étapes claires pour assister le passage du papier/crayon vers la calculatrice.

Les discussions au sein de l'équipe ont été essentielles pour penser l'évolution de cette ressource. Par exemple, Léonard lors d'une réunion, a déclaré, pour appuyer une proposition de modification de l'énoncé : dans ce type d'exercice de géométrie ce qu'on demande c'est de créer une procédure et de l'appliquer à la machine pour voir si ça marche ou ne marche pas. Une évolution de l'énoncé de la ressource a eu lieu après ces discussions. On voit à travers cette phrase et ses effets comment l'observation documente les enseignants et s'inscrit dans une nouvelle genèse documentaire communautaire de la ressource.

7.3.7 Synthèse sur le système documentaire communautaire

Essayons de saisir le système documentaire communautaire à travers les trois éléments constitutifs de ce système : le vivier de ressources, les invariants opératoires et le répertoire produit du processus de réification :

- le temps est un facteur important pour l'évolution du vivier de ressource. Le fait que l'expérimentation se déroule dans des classes ordinaires, durant toute l'année scolaire, a enrichi le vivier de ressources par une typologie riche : des ressources d'évaluation, des activités de recherche, des exercices d'entraînement et autre. Il est remarquable au sein de l'équipe e-CoLab qu'une même ressource peut être vue à différents endroits de cette typologie. L'évolution rapide de ce vivier de ressource est liée aussi au travail fréquent sur ces ressources par l'ensemble des enseignants impliqués dans l'équipe de Lyon, et aux interactions, sur ces mêmes objets, avec les autres communautés de pratique (Montpellier et Paris) dans le cadre de e-CoLab ;
- en ce qui concerne les invariants opératoires qui pilotent les usages de ce vivier de ressources, on va en inférer des éléments selon la conception des mathématiques et le point de vue de la CoP sur l'enseignement des mathématiques :
- les mathématiques, comme discipline, sont vues au sein de l'équipe dans leur aspect expérimental ; cela est dû peut-être à la nature de l'expérimentation qui a comme objectif de tester les potentialités d'un nouvel environnement technologique (la calculatrice TI-nspire). Les situations mathématiques proposées aux élèves dans le cadre de l'expérimentation sont en général des situations qui mettent en évidence la valeur épistémique des objets mathématiques (des ressources pour introduire des notions clés) ainsi qu'un lien avec les autres disciplines (comme la ressource du « cavalier ») ;
- l'enseignement des mathématiques, dans la communauté, s'appuie sur le niveau d'activité didactique où l'élève est pris en compte d'une façon particulière : les rétroactions du milieu d'apprentissage ont un rôle majeur dans l'instrumentation des ressources et leur évolution au cours de la genèse documentaire communautaire. La communauté part d'un

point de vue positif sur les TICE, ce qui influe sa pratique au sein des réunions et la façon de faire évoluer les ressources.

- le répertoire produit du processus de réification a facilité la participation au sein de la communauté (c'est l'opinion générale des membres de la communauté) ; Le modèle de ressource a joué un rôle principal pour l'évolution du répertoire et le type de participation au sein de l'équipe : il a entraîné un travail d'explicitation de chaque ressource d'une façon qu'elle soit transférable et comprise dans les mêmes objectifs que ceux qui avaient présidé à sa conception.

7.4 Comparaisons des systèmes documentaires

Dans ce qui suit on présente une comparaison entre les systèmes documentaires individuels de Léonard et Yvelin et ensuite une comparaison de chacun de ces systèmes individuels avec le système communautaire.

7.4.1 Comparaison des deux systèmes individuels de Léonard et Yvelin

Nous avons fait le choix de deux enseignants avec des mondes assez différenciés, notre analyse a fait ressortir deux systèmes documentaires individuels assez différents, ce qui indique la relation étroite existante entre le *monde* d'un enseignant et son activité documentaire, et donc son *système documentaire*.

En partant des comparaisons des mondes des deux enseignants Léonard et Yvelin, on observe que le dynamisme du monde professionnel aboutit à un dynamisme dans les systèmes documentaires individuels. Pour Léonard, intégrer un document dans son propre système documentaire est lié à la capacité de ce document à contribuer à son développement et à la construction de son monde. Pour Yvelin, intégrer un document dans son système documentaire est lié à sa capacité à enrichir ce système sans arriver à le « déformer » ceci est très visible quand il parle de son activité dans le cadre de l'équipe 36 élèves 36 calculatrices : les élèves ont besoin de fiche technique si tu veux pour savoir comment il faut faire, pour l'utiliser à leur disposition tout le temps pour s'y référer... ils ont besoin de leur faire des fiches à laquelle ils peuvent se référer, et puis bon j'ai l'habitude à faire des fiches comme ça puisque je fais partie du groupe sur les calculatrices(Annexe 5, phrase 118). Ce type des ressources peuvent être conjointe à une variété des documents construites par Yvelin.

Les points de vue de Léonard et Yvelin par rapport aux mathématiques sont aussi différents. Léonard cherche à expliciter un lien existant entre les différentes notions mathématiques et la visualisation de ces notions autant que possible à l'aide des environnements technologiques. Tandis que Yvelin cherche à faire des synthèses sur le contenu mathématique, voir la fonctionnalité des objets mathématiques sous la forme des méthodes ou des algorithmes autant que possible.

Les différents niveaux d'activités de Léonard et Yvelin, s'inscrivant dans le temps, donnent aussi des éléments de compréhension du décalage entre les deux systèmes documentaires. Yvelin comme professeur noosphérien a eu une expérience dans le cadre d'un groupe d'auteurs des manuels, ce qui manque à l'activité de Léonard. L'activité d'Yvelin dans les niveaux de construction et le niveau de projet s'est développée dans deux époques différentes : une époque sans les TIC et une autre époque avec les TIC intégrées dans son enseignement, alors que, tout au long de l'expérience professionnelle de Léonard, les TIC ont constitué un élément fort de son milieu. Ces interactions avec des milieux différenciés produisent des connaissances qui se traduisent par une évolution différenciée de leur système

documentaire. Actuellement, on remarque que la participation d'Yvelin et Léonard à des équipes professionnelles ne s'inscrit pas dans le même niveau d'activité, comme en témoigne la différence de leurs points de vue sur le futur : Yvelin s'intéresse aux apports qui enrichissent ses activités dans la classe, au niveau du projet (N+1) et les autres niveaux descendants. Léonard, quant à lui, du fait de sa tendance à construire son monde professionnel, s'intéresse aux apports qui s'inscrivent dans le niveau noosphérique (N+3) et les autres niveaux descendants.

On remarque que la structuration et l'organisation des documents révèle le dynamisme des systèmes documentaires individuels de chacun des deux enseignants, dynamisme vu dans le degré de transformation et d'évolution des ressources au cours des nouvelles genèses documentaires. Le structure et l'organisation des ressources de Yvelin révèle le degré faible de transformation et de mobilisation de ses propres documents personnels (voir schéma 5), tandis que la structure des documents de Léonard révèle une mobilisation assez dynamique de ses propres ressources (en particulier le type de mobilisation qui permet le changement d'objectif didactique d'une ressource lors d'une nouvelle genèse).

L'expérimentation de la nouvelle calculatrice se déroule dans les classes ordinaires de Léonard et Yvelin. L'interaction de chacun des deux professeurs, lors de leur activité communautaire, avec leur milieu d'enseignement (M0), produit des connaissances faisant évoluer, d'une façon conjointe, le système documentaire individuel de chacun des enseignants et le système documentaire communautaire.

7.4.2 Rapports entre les systèmes documentaires : communautaire et individuel de Léonard

L'expérience de Léonard (et d'autres membres de la communauté) à l'IREM, dans le cadre du groupe 36 élèves 36 calculatrices, constitue un apport important pour le système communautaire surtout dans la participation à concevoir des ressources pour la « prise en main » de la calculatrice, ce qui appuie le processus d'instrumentalisation de la machine. Cet apport s'inscrit dans le cadre de l'enrichissement du vivier de ressources de la communauté, il a aussi contribué, avec d'autres facteurs, à penser, au sein de la communauté, le développement conjoint d'une genèse instrumentale et d'apprentissage des notions mathématiques. Ceci se traduit dans la conception des ressources par une fiche élève et une fiche informatique intégrée. Cela n'est pas un spécifique de Léonard, car tout les membres de l'équipe ont participé au groupe 36 élèves 36 calculatrices, mais il fait partie de cette spécificité.

La calculatrice TI-*n*spire a changé l'organisation de l'enseignement de Léonard de plusieurs points de vue : du point de vue d'orchestration instrumentale, du point de vue de son activité comme professeur constructeur. Son bureau virtuel (sa clé USB) est maintenant étendue pour contenir la calculatrice qui joue un rôle dans la gestion des propres documents de l'enseignant, conserver des traces de l'activité des élèves et des parties visibles des documents construits pour la classe (comme un fichier tns).

On remarque maintenant, après deux ans d'expérimentation, des traces visibles du travail communautaire sur le système documentaire de Léonard : dans sa structuration et organisation des ressources, on trouve le mot « fiche tns » pour les fichiers qu'il garde qui sont des fichiers des logiciels différents ; utilisation des ressources conçus au sein de la communauté, même d'une façon partielle ; l'idée qu'on ne peut pas parler d'une ressource définitive prêt à utiliser, mais qu'il s'agit d'un caractère évolutif et modifiable en fonction des usages, ce qui se traduit par un geste de « tester ses propres ressources » de la part de Léonard.

L'interaction cruciale entre le système individuel de Léonard et le système communautaire est marquée aussi par la *propagation* des ressources e-CoLab dans le système individuel de Léonard. Léonard utilise ces ressources dans son enseignement dans des autres classes que sa classe expérimentale, en les adaptant. Les premières adaptations touchent les scénarios d'usages.

Le système communautaire et sa construction au cours du temps, contribue à la construction du système documentaire individuel de Léonard. Cela semble lié à plusieurs facteurs :

- Léonard considère que son travail communautaire contribue à l'élaboration de son point de vue sur son métier, donc son monde oriente sa participation dans ce sens ;
- l'aspect conflictuel de la participation de Léonard (cela apparaît dans son point de vue sur le travail communautaire dans l'entretien et aussi dans les discussions qu'il stimule lors des réunions de l'équipe) témoigne de sous souci d'approfondir les choses : cet aspect conflictuel le conduit à dévoiler une partie de son système documentaire, à recevoir des réactions sur ces aspects, ce qui facilite l'évolution de son système.

Le comportement de Léonard est le modèle d'un enseignant « provocateur » qui agit au sein d'un travail communautaire en mobilisant des schèmes de son propre système documentaire afin d'avoir des réactions qui contribuent à sa progression.

7.4.3 Rapports entre les systèmes documentaires : communautaire et individuel d'Yvelin

Les expériences antérieures d'Yvelin dans des différents cadres institutionnels ont constitué un apport important à la communauté, comme en témoigne ses réponses, lors de l'entretien, l'entretien, sur des gestes d'activité communautaire appuyés par l'expression « j'ai l'habitude » de faire. L'ensemble de ces « habitudes » stabilisées forment des comportements et des gestes transmis au sein de la communauté.

La calculatrice TI-nspire a créé des effets sur les orchestrations instrumentales mises en œuvre par Yvelin. Sa gestion de la classe a subi des modifications ce qui l'a poussé à penser d'une autre façon son organisation du temps d'enseignement. Mais, comme support des ressources, le rôle de la calculatrice est limité dans le cadre de l'expérimentation, c'est-à-dire il ne range dans la calculatrice que des ressources communautaires se rapportant à l'expérimentation.

Après deux ans d'expérimentation, on remarque les effets de la *différenciation* créée par l'expérimentation dans son système documentaire. On peut interpréter l'isolement d'Yvelin dans son lycée à partir de cette difficulté d'intégration du travail communautaire dans son système individuel. Du point de vue de l'organisation des ressources, le système documentaire communautaire se *juxtapose* avec le système documentaire individuel. Cette juxtaposition, par son effet paradoxal, renforce la différenciation créée par l'expérimentation sur son système documentaire : d'une part, ces ressources sont des ressources objets d'enseignement dans ses propres classes, d'autre part, elles ne font pas partie de son système documentaire individuel, mais elles font partie d'un système communautaire dont il participe lui-même à l'évolution.

Il nous semble que l'interaction la plus forte entre le système documentaire communautaire et le système documentaire individuel d'Yvelin est gérée par les ressources e-CoLab. Et cela semble dû, comme on l'a noté ci-dessus (§7.4.1), au fait que son activité au sein de l'équipe constitue pour lui des apports importants au niveau du projet d'activité.

Comprendre le rapport entre les systèmes documentaires communautaire et individuel d'Yvelin suppose de le mettre en relation avec le temps et son monde professionnel. La tension existante entre les deux systèmes s'organise autour de l'objectif de *protection* de son

système individuel. L'interaction entre les deux systèmes documentaires à lieu dans le sens d'Yvelin vers la communauté plus que l'inverse. L'équilibre de ces interactions se situe localement dans les niveaux d'activité (N+1) et (N0). Le comportement d'Yvelin est le modèle d'un enseignant « conservateur », le fait d'intégrer des apports extérieurs se réalise en fonction de ses potentialités à ne pas déstabiliser ce qui est déjà là.

8 Conclusion

On tire des éléments de conclusions de cette étude, en restant conscient qu'il s'agit d'une étude qualitative, portant sur quelques professeurs d'un dispositif expérimental spécifique. D'autres études qualitatives seraient sans doute nécessaires, une étude quantitative pourrait aussi être construite, pour valider et approfondir les résultats que nous proposons ici.

L'interaction entre un système documentaire communautaire et un système documentaire individuel dépend de plusieurs facteurs : la nature du travail communautaire ; le monde du professeur avec tout ce que porte cette notion de perspectives, historique, praxique et sociale ; et le temps de la réalisation du travail communautaire.

Le système documentaire individuel d'un enseignant est en évolution permanente. Il est en relation étroite avec son monde professionnel. Le monde professionnel se construit par l'expérience au cours du temps. La construction et la transformation du monde se traduisent par une transformation du système documentaire individuel au cours du temps. L'hypothèse faite (§5.3.1) que le nombre d'années d'expérience professionnelle et le type d'institution dont les enseignants ont été membres antérieurement contribuent à l'élaboration de leur point de vue sur leur métier semble validée. Ces facteurs se révèlent, pour les deux cas que nous avons étudiés, à travers le cadre historique que ces enseignants ont constitué pour le développement de leur métier. L'hypothèse faite (§ 4.3.1) que l'intégration d'un document dans le système documentaire d'un enseignant résulte de sa compatibilité avec son monde personnel semble validée. Les familles d'activités qui structurent le système documentaire d'un enseignant permettent de mettre en évidence ce dynamisme : par exemple, la famille d'activité « réflexion sur sa propre pratique » concerne un enseignant en fin de carrière d'une façon différente de celle d'un enseignant qui cherche à se construire professionnellement : « se former » et « se cultiver » sont ainsi deux actions qui ne sont pas pensées de la même façon.

L'hypothèse (§ 5.1.2) que la calculatrice TI-*nspire*, comme nouvel environnement technologique, a des effets sur la structuration du système documentaire des enseignants, semble validée dans les deux cas étudiés. Cet effet est différencié selon les individus et dépend de leur monde.

L'hypothèse faite (§4.5.2) que l'émergence des communautés de pratique au sein de l'équipe e-CoLab et l'évolution des ressources construites au cours du temps conduisent à l'émergence d'un modèle semble validée. Dans une autre perspective, en se situant dans le cadre du travail communautaire et en parlant du modèle de ressource, nous pouvons relever que la transmission du modèle de ressource vers le système documentaire individuel ne va pas de soi. Deux contraintes la conditionnent :

- le temps nécessaire pour l'enseignant, s'il veut s'inscrire dans ce modèle à chaque fois qu'il construit un nouveau document, est lourd. Ce qui peut être réalisé dans le cadre du travail communautaire par un ensemble d'enseignants est inabordable facilement par un enseignant isolé ;
- ce modèle de ressource a un rôle clairement identifié dans le cadre du travail communautaire, pour la transmission et le partage des ressources entre les membres de la communauté. Cette raison d'être d'un modèle de ressource peut constituer un obstacle à sa diffusion dans les systèmes documentaires individuels : s'il y a diffusion alors elle est partielle.

L'hypothèse faite (§ 4.5.2) que l'engagement d'une documentation commune est lié l'émergence d'une communauté de pratique, validée dans le cadre du SFoDEM (Guin et al

2008) semble validée aussi par notre étude dans le cadre des équipes locales e-CoLab. L'appartenance à un collectif d'enseignants et le partage d'un but commun ne semble pas une condition suffisante pour engager une documentation commune, cet engagement semble lié à l'émergence d'une communauté de pratique.

Dans les deux cas que nous avons étudiés, la tension entre documentation individuelle et documentation communautaire a pu être observée avec le temps : le développement du vivier de ressources dans la communauté, le développement d'une interface commune entre les deux systèmes documentaires. L'hypothèse (§ 5.1.2) semble donc validée dans ce qui se rapporte à la tension entre les deux systèmes documentaires individuels et communautaires. La deuxième partie de cette hypothèse, qui se rapporte au développement des apports mutuels entre les enseignants impliqués dans le projet, reste ouverte : peut-être que cette hypothèse suppose une étude des interactions internes entre les membres de la communauté. Ainsi, nous avons pu repérer comment les ressources e-CoLab (comme objets frontières) ont géré des interactions premières entre les systèmes documentaire individuels et communautaire, donc et dans ce cadre là, l'hypothèse faite (§ 5.4) est validée. Les objets réifiés gèrent les premières interactions rapides tandis que les gestes de pratique ont besoin d'un temps plus long et ces gestes dépendent du monde personnel de l'individu.

Deux hypothèses faites restent ouvertes, les données recueillies et notre terrain d'étude n'ont pas permis leur mise en évidence :

- les apports personnels d'un enseignant à une équipe donnée dépendent de sa propre expérience professionnelle (§3.1) ;
- un enseignant qui est impliqué dans des autres projets en parallèle avec e-CoLab n'a sans doute pas les mêmes comportements que s'il est limité à son expérience dans e-CoLab (§5.3). Tous les membres de l'équipe locale de Lyon sont impliqués dans des projets parallèles à e-CoLab, ce qui nous n'a pas permis de tester cette hypothèse.

Avant de discuter les hypothèses de recherche (§ 4.6), nous voulons noter la validation de l'hypothèse faite (§ 5.1.2) que la communauté de pratique émergente de l'équipe locale de Lyon nous permettra de bénéficier d'un terrain privilégié pour une étude de phénomène de symbiose. On peut mettre en évidence la présence d'une *symbiose* entre le système documentaire communautaire et le système documentaire individuel (§ 4.6). Plusieurs facteurs influent sur la symbiose : le type du monde de l'enseignant, le type des deux systèmes individuels et communautaires et le facteur temps.

Cette relation de symbiose et sa nature est en lien avec le monde du professeur, comme il nous a paru dans les deux cas étudiés. Deux types de monde différent ont abouti à deux types de tension entre le système documentaire communautaire et individuel (§ 7.4.2 et § 7.4.3).

Un monde *provocateur* révèle un système documentaire individuel quasi ouvert dont la relation avec le système documentaire communautaire est une relation de *propagation*. Un autre type de monde repéré, c'est le monde *conservateur* qui révèle un système documentaire individuel plus stable dont la relation avec le système documentaire communautaire est une relation de *différenciation*.

Une nouvelle piste de recherche consisterait à approfondir une étude quantitative avec un échantillon plus grand et plus varié d'enseignants, avec la perspective d'une modélisation de ce phénomène de symbiose. Comment ? Il s'agirait d'approfondir la notion de monde professionnel, en identifiant des variables didactiques selon les trois dimensions praxique, historique et sociale. Il s'agirait aussi d'étudier la relation de symbiose qui s'établit en fonction des mondes professionnels : une variété de type de monde, qui implique une variété de type de professeur, qui induit des systèmes documentaires différentes.

Plusieurs questions apparaissent, au cours de notre étude, qui demande d'être approfondies : approcher les systèmes documentaires individuels dans une autre perspective que la notre, c'est-à-dire une étude à long terme et qui analyse plusieurs perspectives de ce système documentaire individuel : observation en classe et hors classe, repérer la nature et le type de son activité dans le cadre de différents équipes professionnelles, l'organisation de ces ressources mathématiques et non mathématiques.

Les conclusions tirées de notre étude, suscite plusieurs pistes de recherches nouvelles : Comment un résultat d'un travail communautaire, comme les ressources conçues, se diffuse hors de la communauté ? Quelles sont les conditions de sa diffusion ? Quel rôle des membres de la communauté dans cette diffusion ? Dans une autre perspective, quelle est l'influence des objets frontières et des interfaces d'une communauté de pratique pour son système documentaire communautaire ?

Notre étude forme un point de départ, en mettant à l'épreuve une méthodologie pour approcher des systèmes documentaires individuels et des éléments d'interactions avec un système documentaire communautaire. Quelques-unes des hypothèses faites et validées, se limitent à notre terrain d'étude : e-CoLab. Un travail à faire : tester ces hypothèses et les enrichir par de nouvelles questions dans un cadre plus général. C'est un type de travail lourd dans le temps, qui reste à entreprendre.

9 Bibliographie

ALDON G., ARTIGUE M., BARDINI C., BAROUX-RAYMOND D., BONNAFET J.-L., COMBES M.-C., GUICHARD Y., HERAULT F., NOWAK M., SALLES J., TROUCHE L., XAVIER L., ZUCHI I. (2008), Nouvel environnement technologique, nouvelles ressources, nouveaux modes de travail : le projet e-CoLab, Repères-IREM 72 et EducMath. http://educmath.inrp.fr/Educmath/lectures/dossier_mutualisation/

ARTIGUE M. (à paraître), L'influence des logiciels sur l'enseignement des mathématiques, contenus et pratiques, Actes du séminaire DGESCO de février 2007.

BALL D. L. & BASS H. (2002), Toward a practice-based theory of mathematical knowledge for teaching, in E. Simmt & B. Davis (Eds.), *Proceedings of the Annual Meeting of the Canadian Mathematics Education Study Group* (pp. 3-14). Kingston, Canada: CMESG.

BEGUIN P. (2005), Concevoir pour les genèses professionnelles, in P. Rabardel, P. Pastré (dir.), *Modèles du sujet pour la conception. Dialectiques activités développements* (pp. 31-52). Toulouse: Octarès Editions.

BOALER J. (2003), Studying and capturing the complexity of practice: The case of the dance of agency, in N. A. Pateman, B. J. Dougherty, & J. T. Zilliox (Eds.), *Proceedings of the 27th Conference of PME* (Vol. 1, pp. 3-16). Honolulu, HI: PME.

BROUSSEAU G. (1998), *Théorie des situations didactiques*. Grenoble : La Pensée sauvage.

CHEVALLARD Y. (1992), Intégration et viabilité des objets informatiques, le problème de l'ingénierie didactique, in B. Cornu (dir.), *L'ordinateur pour enseigner les mathématiques* (pp. 183-203). Paris : PUF.

CHEVALLARD Y. (1985), *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble : La Pensée Sauvage.

COMBES M.-C., GUIN D., NOGUES M., TROUCHE L. (2005), Formation à distance des professeurs de mathématiques, vers de nouvelles pratiques professionnelles. In J. Morego, R. Carles, V. Meritxell (eds.), *TRANSFORMA, Intégration des TIC et formation à distance dans un espace transfrontalier : l'exemple de la Catalogne et du Languedoc-Roussillon*. UOC, Barcelone.

CLOT Y. (2007), De l'analyse des pratiques au développement des métiers. *Education et didactique* 1(1), 83-93.

DURAND-GUERRIER V., MARGOLINAS C., MERCIER A., TROUCHE L. (dir.) (2007), *Quelles ressources pour l'enseignement des mathématiques ?*, INRP.

GUEUDET G., TROUCHE L. (2008), Vers de nouveaux systèmes documentaires des professeurs de mathématiques, in I. Bloch, F. Conne (dir.), *Actes de l'Ecole d'été de didactique des mathématiques*. Grenoble : La Pensée Sauvage.

GUIN D., JOAB M., TROUCHE L. (dir.) (2008), *Conception collaborative de ressources pour l'enseignement des mathématiques, l'expérience du SFoDEM (2000-2006)*. INRP et IREM (Université Montpellier 2).

GUIN D., TROUCHE L. (dir.) (2002). *Calculatrices symboliques : transformer un outil en un instrument du travail mathématique, un problème didactique*. Grenoble : La Pensée Sauvage.

GUIN D., TROUCHE L. (2004), Intégration des TICE : concevoir, expérimenter et mutualiser des ressources pédagogiques, *Repères-IREM*, 55, pp. 81-100.

HASPEKIAN M. (2005), *Intégration d'outils informatiques dans l'enseignement des mathématiques, Etude du cas des tableurs*. Thèse de doctorat, Université Denis Diderot, Paris 7.

IREM PARIS 7 (2005), *Expérimentation de ressources en ligne*, en ligne à l'adresse

<http://pcbdiirem.math.jussieu.fr/SITEscore/rapportsommaire.php>

LABORDE C. (1999), Vers un usage banalisé de Cabri-géomètre avec la TI 92 en classe de Seconde: analyse des facteurs de l'intégration In D. Guin (ed.), *Calculatrices symboliques et géométriques dans l'enseignement des mathématiques, Actes du colloque francophone européen*, pp.79-94, Montpellier : Editions IREM de Montpellier.

MARGOLINAS C., CANIVENC B., DE REDON M.-C., RIVIERE O., WOZNIAK F. (2004), Que nous apprend le travail mathématique hors classe des professeurs pour la formation des maîtres ? *31^{ème} colloque Inter-IREM des formateurs et professeurs chargés de la formation des maîtres*, 1-19.

MARGOLINAS C. (1994), Jeux de l'élève et du professeur dans une situation complexe, *Séminaire DidaTech, LSDD, IMAG*, Université Joseph Fourier, Grenoble.

MARGOLINAS C. (1995), La structuration du milieu et ses apports dans l'analyse a posteriori des situations, in Margolinas C., *Les débats de didactique des mathématiques*, annales 1993-1994, Grenoble : La pensée Sauvage.

MOISAN J. (2006), Des outils numériques pour l'enseignement des mathématiques. *Dossiers de l'ingénierie éducative* 54, 4-8.

RABARDEL P. (1995), *Les hommes et les technologies, approche cognitive des instruments contemporains*. Paris : Armand Colin.

RABARDEL P. (1999), Eléments pour une approche instrumentale en didactique des mathématiques. In M. Bailleul (Ed.), *Ecole d'été de didactique des mathématiques* (pp. 202-213). Houlgate: IUFM de Caen.

RABARDEL P., PASTRE, P. (dir.) (2005), *Modèles du sujet pour la conception, dialectiques activités-développement*. Toulouse : Octares.

ROGER J.-L., RUELLAND D., CLOT Y. (2007), De l'action à la transformation du métier: l'activité enseignante au quotidien, *Education et sociétés* 19(1), 133-146.

TROUCHE L. (2002), Les calculatrices dans l'enseignement des mathématiques : une évolution rapide des matériels, des effets différenciés, in Guin L., Trouche L. (dir.), *Calculatrices symboliques, transformer un outil en un instrument du travail mathématique : un problème didactique*, pp. 21-52, Grenoble : La Pensée Sauvage.

TROUCHE L. (2005), Construction et conduite des instruments dans les apprentissages mathématiques : nécessité des orchestrations. *Recherches en didactique des mathématiques*, 25(1), 91-138.

TROUCHE L. (2007), Environnements informatisés d'apprentissage : quelle assistance didactique pour la construction des instruments mathématiques ? In FLORIS R., CONNE F. (dir.), *Environnements informatiques, enjeux pour l'enseignement des mathématiques. Intégrer des artefacts complexes, en faire des instruments au service de l'enseignement et de l'apprentissage* (pp. 19-38), Bruxelles : De Boeck.

VASQUEZ BRONFMAN S. (2000), Le praticum réflexif : un cadre pour l'apprentissage de savoir-faire. Le cas du campus virtuel des nouvelles technologies éducatives, *Sciences et techniques éducatives* 7 (1), 227-243.

VERGNAUD G. (1996), Au fond de l'apprentissage, la conceptualisation, in R. Noirfalise, M.-J. Perrin (dir.), *Ecole d'été de didactique des mathématiques* (pp. 174-185). Clermont-Ferrand : IREM, Université Clermont-Ferrand 2.

VERMERSCH P. (1994), *L'entretien d'explicitation*, Issy-les-Moulineaux: ESF éditeur.

VYGOSTKY L. S. (1985), *Vygotsky Aujourd'hui*. Paris: Delachaux & Niestlé S.A.

WENGER E. (1998), *Communities of practice. Learning, meaning, identity*. New York: Cambridge University Press.

ZUCHI I. (2008), *Analyse d'un environnement informatisé complexe: quelles en sont les contraintes et potentialités et les effets sur l'apprentissage des mathématiques*, INRP.

Sites:

e-CoLab, <http://educmath.inrp.fr/Educmath/parteneriat/parteneriat-inrp-07-08/e-colab/>

EducMath, <http://educmath.inrp.fr/>

IREM de Lyon, <http://math.univ-lyon1.fr/irem/>