

VERS DE NOUVEAUX SYSTEMES DOCUMENTAIRES DES PROFESSEURS DE MATHÉMATIQUES ?

Abstract We expose in this course a *documentary approach*, broadening the instrumental approach into three directions: towards teachers' activity, towards all kinds of teaching resources and towards collective genesis processes. We introduce a distinction between available *resources* and *documents* elaborated by teachers through a *documentary genesis* process. We study the structure of individual *documentary systems*, organized around a *pivotal document*. *Communities documentary systems* involve a *documentary model*, fostering further geneses.

PROLOGUE

Le titre du thème 2 de cette école d'été 2007 : *Situations mathématiques et documents pour le professeur* invite à l'étude de ce qui *documente* l'action professionnelle du professeur de mathématique, en relation avec la conception et la mise en œuvre de situations mathématiques. Nous commencerons par interroger cette question :

- « situations mathématiques » fait référence à la théorie des situations (Brousseau 1998), il s'agit plutôt ici de conception du *cours de l'étude mathématique*, incluant bien sûr la conception et la mise en œuvre de situations mathématiques, mais aussi d'autres éléments d'une *organisation didactique* liée au travail du professeur en classe et hors classe ;

- « documents pour le professeur » fait référence à des objets déjà constitués. Il aurait été préférable sans doute de parler de *la documentation du professeur*, pour plusieurs raisons : la documentation peut s'entendre (c'est dans ce sens que nous l'avons entendue) comme *l'action de se documenter*, le *du* est plus large que le *pour* (il y a des documents *pour* le professeur et des documents *par* le professeur), et puis le singulier de documentation induit l'idée d'un *système de documents* dont l'étude doit mettre à jour la structure et la dynamique ;

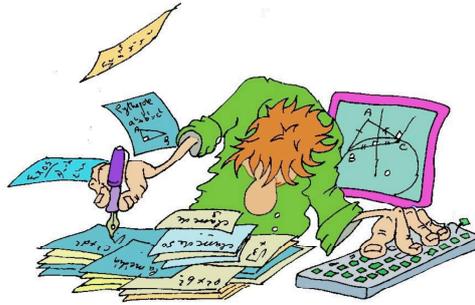


Figure 1. Une illustration, par un enseignant, du travail de documentation (<http> - Cecconi¹)

- enfin, il y a le singulier « documents pour le professeur ». On peut certes concevoir qu'il s'agit de considérer la figure « familière et problématique » du professeur, pour reprendre l'expression de Chevallard (1998) et de regarder ce qui distingue, dans la conception de ses documents, le professeur de mathématiques des autres professeurs, ce qui signe, de ce point de vue, sa *geste professorale*. Mais cela induit le regard du chercheur vers une certaine technique – individuelle – de documentation du professeur, vers un certain système – personnel – de documents. Nous avons fait le choix dans ce cours de regarder davantage *les professeurs* au pluriel, ce choix nous semble justifié par les évolutions en cours de ces techniques et de ces systèmes.

¹ La notation <http>-XXX désigne ici un site web référencé dans la biblio-webographie sous l'entrée XXX.

A l'orée de ce cours, il nous faut préciser nos choix théoriques et méthodologiques.

Les choix théoriques d'abord. Nous nous adossons à des cadres théoriques qui nous fournissent des concepts essentiels : le *milieu* du professeur (Margolinas 2002), la *codétermination des organisation mathématiques et didactiques* (Chevallard 2002), les *genèses instrumentales* (Rabardel 1995). Nous utilisons aussi des travaux récents à propos de conception de ressources pour la formation, issus de croisements interdisciplinaires (didactiques, sciences de l'éducation, informatique) de points de vue (Baron *et al.* 2007) et de recherches en cours, en particulier celles du projet GUPTEn, consacré aux Genèses d'Usages Professionnels des Technologies chez les Enseignants (Lagrange *et al.* 2007). Dans cette diversité d'apports, notre balise principale est celle de *l'approche instrumentale*. Nous tentons de poursuivre la réflexion que Rabardel (1999) avait initiée lors de l'école d'été de 1999, et dont Folcher a repris le fil dans sa conférence (ce volume). Cette approche avait été développée pour la prise en compte des artefacts, en particulier informatiques, dans les processus d'apprentissage des élèves, nous proposons d'étendre son champ d'application, et ainsi de l'enrichir, de développer ses concepts et ses méthodes, dans trois directions : vers l'ensemble des ressources de l'activité enseignante des professeurs, vers le sujet professeur, et enfin vers la prise en compte de processus collectifs, de genèses communautaires.

Les choix méthodologiques ensuite. Nous avons choisi de focaliser notre regard :

- sur les ressources *numériques*. Il ne s'agit pas d'ignorer les autres ressources, mais les évolutions récentes, rapides et profondes (Pédaque 2006, 2007), en matière de documentation nous semblent justifier de nous intéresser à la rupture des équilibres anciens provoquée par l'irruption du numérique, et aux processus de recomposition de nouveaux équilibres de documentation professionnelle. Nous nous situons ainsi dans le prolongement de recherches sur *l'intégration* des TICE (Guin et Trouche 2002, Ruthven 2007) ;

- sur la documentation du *professeur*. Nous aurions pu aussi regarder la documentation du *formateur* ou du *chercheur*, des ateliers s'y intéressent d'ailleurs. Il nous a semblé préférable de considérer une des professions liée à l'enseignement des mathématiques, puis de voir si les outils, les concepts construits sont transposables dans d'autres cadres ;

- sur le professeur *du second degré*, pour deux raisons. Tout d'abord la complémentarité avec l'autre cours de ce thème, par Margolinas et Wozniak, qui regarde le premier degré. Une autre raison, liée à notre premier parti pris : le développement des ressources numériques nous a semblé plus visible dans le second degré que dans le premier degré ;

- sur le travail du professeur en dehors de la classe, étant bien sûr conscient que la documentation du professeur se poursuit dans son travail dans la classe. Ce choix a été justifié par le fait que nous considérons que le travail de documentation se fait pour une grande partie hors de la classe, et que cette part du travail enseignant a été jusqu'ici peu étudiée.

Une fois ces choix faits, nous avons décidé de nous appuyer sur deux types de dispositifs :

- un premier type de dispositif que nous avons construit spécialement pour ce cours. Tout d'abord une série d'entretiens avec neuf professeurs de collèges et de lycées. Pour ces entretiens, nous avons exploité la méthodologie développée par Margolinas *et al.* (2007) ; le guide de questionnement figure en annexe A, la liste des professeurs interrogés et certaines de leurs caractéristiques en annexe B. Pour essayer de mettre en rapport les documents constitués et les activités professionnelles dans lesquelles les professeurs sont engagés, nous avons de plus élaboré un questionnaire (annexe C). Nous l'avons soumis à un public particulier (lors des journées mathématiques de l'INRP). Nous avons obtenu neuf réponses (2 enseignants de collège, 7 de lycée).

- un deuxième type de dispositif repose sur des communautés ou des ensembles de ressources bien identifiés, Educnet ([http – educnet²](http://educnet.fr), site du ministère de l'Éducation Nationale

pour les technologies de l'information et de la communication), SFoDEM (dispositif de formation continue, Guin *et al.* 2008) et Mathenpoche ([http – Mathenpoche](http://www.mathenpoche.fr)), noté MEP par la suite, base d'exercices en ligne pour le collège (Bueno-Ravel et Gueudet 2007).

Nous pouvons maintenant entrer dans notre cours, qui est composé de quatre parties, dont les titres seront éclairés au fur et à mesure de notre avancée :

- 1) La dialectique ressources/documents
- 2) Ressources pour l'enseignement des mathématiques ;
- 3) Systèmes d'activité et systèmes documentaires ;
- 4) Genèses documentaires communautaires.

Nous concluons par quelques questions qui nous semblent être posées aujourd'hui à notre communauté, aussi bien pour ses recherches que pour sa documentation propre.

1. LA DIALECTIQUE RESSOURCES/DOCUMENTS

Nous dégageons ici des concepts essentiels permettant de structurer cette étude en nous appuyant sur les entretiens que nous avons réalisés.

L'entretien comportait trois temps (annexe A) : la *présentation* de ce qui a été utilisé pendant l'année pour préparer/faire la classe, puis une *visite guidée* de trois documents les plus importants cette année, enfin un *regard vers le passé et vers le futur*. Nous avons choisi 5 professeurs de collège et 4 professeurs de lycée, qui ne sont ni débutants, ni en fin de carrière ; la plupart ont autour de 40-50 ans (annexe B). Nous avons de plus été attentifs dans notre choix à trois critères dont nous faisons l'hypothèse qu'ils pourraient avoir une influence sur le travail documentaire : le degré d'intégration des TICE (Assude 2007), les responsabilités institutionnelles (par exemple l'implication dans la formation continue) et le degré d'implication dans une communauté de professeurs (par exemple MEP ou SFoDEM). Les entretiens se sont déroulés au domicile des professeurs concernés.

Quels sont les premiers enseignements que nous en retirons ?

- la documentation apparaît comme une activité importante, nécessitant beaucoup de temps, quelle que soit l'expérience professionnelle ;
- la documentation est identifiée comme étant relative principalement à la préparation des cours, mais aussi à d'autres activités professionnelles (formation personnelle, relation avec l'administration)
- le travail de documentation se réalise en une pluralité de lieux, il mobilise une pluralité de supports, avec des interactions complexes (classeur papier, dossiers dans l'ordinateur personnel portable ou fixe, dans une clé USB...) ;
- l'irruption des ressources numériques sous des formes diverses (logiciels, sites), dans tous les entretiens, est décrite comme source d'évolutions majeures ;
- il y a une grande diversité des pratiques de documentation, selon les professeurs ;
- les documents sont le produit de compositions, ils évoluent au cours du temps. Ils constituent à la fois des *objets* de travail et des *outils* pour l'action des professeurs.

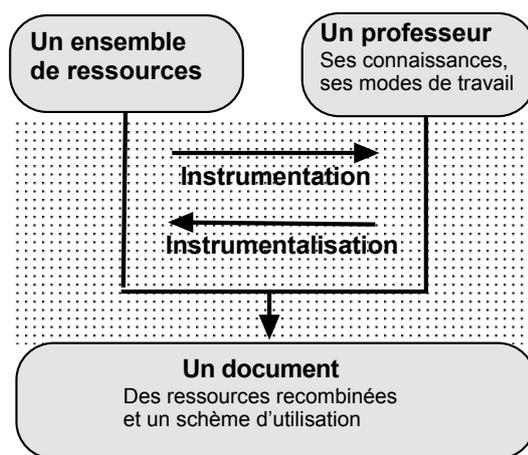
Nous allons maintenant présenter les concepts essentiels à l'analyse de ces entretiens, et de l'activité documentaire des professeurs.

1.1 Une distinction essentielle entre ressources et documents

Il nous semble important, à cette étape de notre analyse, d'approfondir cette dialectique *objet-outil* de travail en proposant une distinction entre *ressources* et *documents*. Nous nous inspirons de la distinction qui, selon Crozat (2007), fait consensus dans le domaine documentaire : « la notion de ressource est utilisée au sens de ressource pour construire des documents [...]. Le document est porteur d'une intention spécifique à un contexte d'usage ». Cette distinction est à mettre

en relation avec le point de vue qui ressort de l'ouvrage collectif Pédaque (2006) : « Tout peut devenir document ». Dans cette perspective, des *ressources* peuvent donner matière, pour un professeur, à un *document*.

Nous précisons cette distinction ressources/document à partir de l'approche instrumentale : Rabardel définit un *instrument* comme étant issu d'une construction, à partir d'un *artefact*, par un utilisateur. Cette construction, la genèse instrumentale repose, pour un individu donné, sur un processus *d'appropriation* et de *transformation* de l'artefact, pour réaliser une tâche donnée, à travers une *variété de contextes d'usage*. La construction d'un instrument s'accompagne du développement d'un *schème* (Vergnaud 1996) d'utilisation : un schème est une organisation invariante de l'activité, structurée par des invariants opératoires qui se forment à travers une variété de contextes d'usage. Nous considérons ici (figure 2) que le professeur, dans son travail de documentation, dispose d'un ensemble de *ressources-artefacts* (manuels, logiciels, sites), qui vont donner naissance, pour une tâche donnée, au cours d'une *genèse documentaire*, à un *document-instrument*. Par exemple, pour une tâche du type « constituer un cours pour introduire une notion donnée », l'activité est structurée par un ensemble de règles d'action (rechercher des ressources dans tel ou tel ensemble plus ou moins structuré, les recombinaison sous telle ou telle forme, les intégrer de telle ou telle manière dans un ensemble personnel déjà organisé de ressources, exploiter cette nouvelle ressource dans la classe, la nourrir de telle ou telle façon des effets observés, garder en mémoire tel ou tel fait phénomène didactique saillant, réviser de telle ou telle manière cette ressource après usage, etc.).



La genèse d'un document

A travers l'activité individuelle et sociale d'un professeur, pour la réalisation d'un objectif donné, dans un système d'assujettissements institutionnels

Figure 2. Représentation schématique d'un processus de genèse documentaire

Un document est ainsi une entité mixte, avec une composante matérielle et une composante psychologique (un schème d'utilisation de ces ressources, pour la réalisation d'un tâche donnée). Ce premier point fondamental peut s'écrire, sous une forme très schématique :

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

L'approche instrumentale distingue, au cœur des genèses instrumentales, deux processus imbriqués, les processus *d'instrumentation* (constitution des schèmes d'utilisation des artefacts) et les processus *d'instrumentalisation* (par lesquels le sujet met à sa main les artefacts). Ces notions nous permettront de désigner et d'analyser, dans les *genèses documentaires*, les processus de transformation des ressources au cours de leur appropriation par les enseignants (instrumentalisation) et les évolutions professionnelles induites par le travail sur ces ressources (instrumentation). Nous voulons souligner le caractère essentiel de ces processus, que l'on peut retrouver décrits sous d'autres termes dans des études sur les

curriculum materials : ainsi Remillard (2005, p. 221), s'inscrivant dans une perspective vygotkienne de médiation par les outils, précise que « these tools, as products of sociocultural evolution, both shape and are shaped by human action through their affordances and constraints ».

Lors d'une école d'été où elle a été présentée, Rabardel (1999) développait cette approche en évoquant les *ensembles d'artefacts* avec lesquels un individu avait à faire, donnant matière à *des systèmes d'instruments*. De la même façon, nous essaierons de mettre en évidence ici, *des systèmes documentaires* pour les enseignants.

1.2 Les genèses documentaires : des processus qui se poursuivent

Les *genèses documentaires*, tout comme les genèses instrumentales, ne sont pas à considérer comme des processus ayant un début et une fin clairement identifiables, mais comme un *développement*.

Cette idée est présente dans la conférence de Folcher (ce volume), avec les notions de *conception pour l'usage, conception dans l'usage*. La rencontre de ces processus est généralement problématique (Folcher 2005). Le développement d'un document répond à un objectif (il s'agit de concevoir *pour*, par exemple réaliser un cours), mais ce développement se poursuit dans la réalisation de ce cours. Ce document donne naissance à son tour à des ressources (par exemple des copies d'élèves) qui pourront être mobilisées, avec d'autres ressources, dans de nouvelles genèses. L'expression de cycle de conception est parfois utilisée dans le cadre de l'approche instrumentale (Contamines *et al.* 2003). Il nous semble plus suggestif, pour rendre visibles simultanément la dialectique ressources/document et les évolutions temporelles associées, de proposer l'image d'une hélice s'enroulant autour de l'axe du temps.

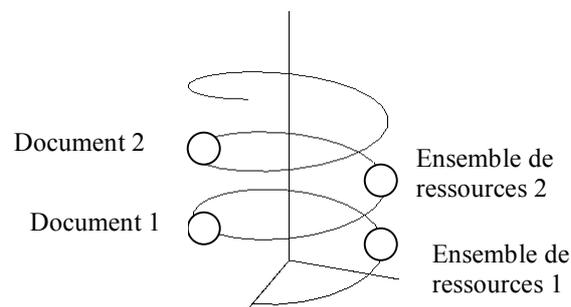


Figure 3. Dialectique ressources/document et évolution temporelle

Ainsi, dans le cas de Marie-Françoise (54 ans, lycée), qui pratique les narrations de recherche, une idée de problème ouvert peut constituer une ressource, qui, associée à d'autres ressources (supports matériels, par exemple), va être engagée dans le développement d'un document. Celui-ci va produire de nouvelles ressources, par exemple les productions d'élèves associées, qui seront engagées dans le développement d'un nouveau document. Notons que nous ne présentons pas ici l'idée de problème ouvert comme le point de départ d'un processus ; il faudrait, pour ce faire, identifier un instant initial, or l'idée de problème ouvert peut elle-même provenir de différentes sources.

Au-delà des nouvelles ressources produites, la genèse documentaire concourt au développement professionnel du professeur. Ceci est visible pour des professeurs stagiaires (Abboud-Blanchard *et al.*, ce volume), mais également pour des professeurs expérimentés, tout au long de leur carrière.

1.3 Niveaux, schèmes et usages

Nous poursuivons ici l'exposé de la notion de genèse documentaire, en nous penchant sur des concepts qui en sont constitutifs, en particulier celui de schème. Nous présentons au préalable un cas, issu des entretiens auquel nous avons recours pour éclairer ces concepts.

Marie-Pierre a 40 ans. Elle a enseigné 6 ans en lycée, et exerce depuis 8 ans en collège. Son collège est un petit établissement (150 élèves, milieu rural) qui participe à une expérimentation de cartable numérique. Les élèves et les professeurs sont munis d'ordinateurs portables et de clefs USB depuis 2003. Marie-Pierre dispose dans sa salle d'un Tableau Blanc Interactif (noté TBI par la suite) depuis 2004. Elle utilise couramment des logiciels de géométrie dynamique, des tableurs, MEP et d'autres ressources proposées par le site Sésamath (http – Sésamath), ou encore d'autres sites web. Elle a obtenu de l'éditeur Hachette une version électronique des manuels de ses classes pour elle-même et ses élèves. Elle emploie le TBI à tous ses cours. Elle prépare une trame de cours sur traitement de texte, et sélectionne des extraits de sites web ou du manuel électronique qui seront intégrés dans la trame sur le TBI au fil de son cours. En classe, elle note aussi sur le TBI des remarques formulées par les élèves, ou les envoie résoudre un exercice : le tout est conservé sous forme de « paperboard » (fichier formé d'une succession d'images reprenant les affichages du tableau que le professeur a enregistrés). Elle peut ainsi revenir au début d'une séance sur ce qui a été noté lors de la, ou des, séance(s) précédente(s).

The figure shows a screenshot of a digital workspace with several elements:

- Section I: Aire d'un parallélogramme :**
 - Text: "Pour calculer l'aire d'un parallélogramme, on multiplie la **côté** par la **hauteur** relative à ce côté :". Handwritten in red: "Longueur d'un côté" and "hauteur".
 - Equation: $A = b \times h$
 - Diagram: A green parallelogram with base b and height h .
- Application :** "calculer l'aire de ce parallélogramme".
 - Diagram: A parallelogram with a side of 12 cm and a height of 5 cm.
 - Text: "On repère la longueur d'un côté. On repère la hauteur relative à ce côté. On multiplie la longueur du côté repéré par la hauteur relative à ce côté : $A = 12 \times 5 = 60$. L'aire du parallélogramme vaut 60 cm²."
- À toi de jouer :** "Détermine l'aire des parallélogrammes MNOP et ABCD ci-contre :".
 - Diagram 1: Parallelogram MNOP with base 15 cm and height 8 cm.
 - Diagram 2: Parallelogram ABCD with base 9 cm and height 3 cm.
 - Handwritten calculations: $A_{MNOP} = 15 \times 8 = 120 \text{ cm}^2$ and $A_{ABCD} = 9 \times 3 = 27 \text{ cm}^2$.

Figure 4. Eléments descriptifs du travail de Marie-Pierre, avec extraits de paperboards (réalisés avec un TBI)

Niveaux constitutifs d'une ressource

La considération de tout *ensemble* de ressources, de tout *système* de documents nécessite selon nous de prendre en compte trois niveaux, dont nous souhaitons montrer la *codétermination* :

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

On retrouve ici les niveaux proposés par Chevallard (1992) pour l'étude de l'implémentation didactique des objets informatiques : le hardware didactique (les logiciels, les modes d'emploi), le software didactique (les situations mathématiques) et le *système d'exploitation didactique* (modes d'exploitation de ces situations dans l'environnement).

Pour toute analyse centrée sur la documentation, il nous semble pertinent de parler de *codétermination des OM, des OD et des supports*. Dans le cas de Marie-Pierre, la préparation

d'un cours mobilise des ressources qui au niveau des supports matériels comportent : un logiciel de traitement de textes, différents sites web, le logiciel du TBI, une fiche papier pour les élèves ... Dans l'exemple de la figure 4, extrait d'un cours portant sur aire et périmètre en classe de 5^e, on observe, par exemple, qu'il est question du type de tâches « calculer l'aire d'un parallélogramme », et d'un élément technologique : la formule de l'aire. Et l'on relève des traces d'organisations didactiques : un moment d'institutionnalisation de la formule de l'aire, un moment de travail de la technique pour appliquer cette formule.

Schéme d'utilisation d'un ensemble de ressources

On observe, dans ce que décrit Marie-Pierre pour la préparation d'un cours, différents *gestes documentés* : élaboration d'une trame sur traitement de texte, sélection d'extraits de sites et de manuels... Ces *gestes documentés* sont des actions observables, qui peuvent varier selon le contexte de l'activité, mais sont néanmoins organisés par une structure. La part invisible de cette structure organisatrice est constituée d'*invariants opératoires* ; et sa part visible correspond aux régularités observables dans l'activité du professeur, dans ses *gestes documentés*. Ce sont ces régularités que nous appelons un *usage*. Nous distinguons donc une *utilisation*, qui peut être ponctuelle, et un *usage* qui suppose une régularité des gestes documentés (Lagrange *et al.* 2007), qui peuvent se cristalliser en *routines* (Butlen *et al.* 2002).

Mais l'essentiel d'un schéma d'utilisation est un construit psychologique, un ensemble d'*invariants opératoires*, dont certains éléments vont pouvoir être inférés de l'*usage des ressources*. L'étude des trames de cours de Marie-Pierre est instructive de ce point de vue. Il s'agit de textes à trous, comportant donc des espaces vides destinés à être remplis en classe. Ainsi, pour un cours sur aire et périmètre en cinquième, la trame de cours comporte notamment :

« Pour calculer l'aire d'un parallélogramme, on multiplie la par larelative à ce côté. $A = \dots\dots$ ».

Ce texte est complété en classe, au cours d'un échange avec les élèves, par les expressions « longueur d'un côté », « hauteur », et par la formule « $b \times h$ ». Les choix mathématiques et didactiques que l'on observe sur cet exemple, mais qui se répètent dans diverses trames de cours de Marie-Pierre, et la conception du support associé par l'enseignante, nous permettent d'inférer l'existence d'un invariant opératoire relevant simultanément de l'*ostension* (Salin 1999) et de l'*effet Topaze* (Brousseau 1998). Il ne s'agit pas simplement de la présence d'un « texte à trous », mais aussi des choix faits dans ce texte même, entre ce qui est donné, et ce qui est à compléter. L'expression « La ... relative à ce côté » ne laisse guère place à l'incertitude. Cet invariant est lié aux connaissances de Marie-Pierre, aux conceptions qu'elle a des mathématiques et de leur enseignement. L'invariant dépend des connaissances, et en engendre. C'est ainsi que la généralisation de l'accès à des TBI, ou simplement à des vidéo-projecteurs peut faire supposer un renforcement de pratiques tournées vers l'ostension.

Nous retenons ici l'équation : *document = ressources + usages + invariants opératoires*, équation qu'il faut toujours penser en association avec un développement temporel. Le document n'est pas un résultat final, mais une production de l'activité du sujet, qui va à son tour documenter cette activité.

2. RESSOURCES POUR L'ENSEIGNEMENT DES MATHÉMATIQUES

Dans cette partie, nous allons centrer notre regard sur les ressources, en interrogeant en particulier les spécificités du numérique, mais sans nous y limiter. Nous nous situons dans la perspective adoptée par Pédaque (2006, p. 78) « L'important est bien de mieux cerner la notion de document en général, dont le numérique est à la fois un révélateur et un facteur d'évolution. »

2.1 De nouveaux ensembles de ressources

Ensembles de ressources numériques, lecture-réécriture, mise à disposition et indexation.

Le numérique permet l'intégration, dans un même support, de différents média (Bachimont 2004). Toute ressource devient ainsi un ensemble de ressources susceptible de multiples décompositions en fragments selon les sélections du lecteur, et pouvant également à l'inverse être inscrite par le lecteur dans un ensemble plus vaste, en particulier par l'emploi des liens hypertexte disponibles.

Toute lecture induit une appropriation par le lecteur, interprétable dans notre approche en termes de genèse documentaire. Cependant le numérique développe des formes particulières d'appropriation, ce qui a conduit les chercheurs spécialistes de lecture numérique à identifier cette appropriation comme une *réécriture* (Pédauque 2007, Souchier *et al.* 2003). Il y a ainsi création d'une nouvelle ressource, pour le lecteur-récrivain mais éventuellement aussi pour d'autres lecteurs. En effet, une autre des spécificités du numérique est le déplacement des frontières public/privé, avec la possibilité donnée à chaque sujet muni d'un matériel adapté de *mettre à disposition* ses compositions personnelles. Dans ce contexte numérique, la notion d'*original* et la notion d'*auteur* s'estompent ; les questions d'*appropriation* et de *traçabilité* deviennent centrales.

Ceci conduit également à poser des questions d'accessibilité des ressources. On parle, pour les utilisateurs, de nouvelles fonctions à assurer : classement, recherche, critique, identification des auteurs et des textes, qui nécessitent des savoirs et compétences très divers (Pédauque 2006). En même temps, dans le contenu numérique des ressources figurent des éléments d'indexation, plus ou moins accessibles à l'utilisateur (en particulier selon son degré de compétences informatiques). Des choix importants sont à faire pour l'indexation : quel grain de ressource indexer, quels détails donner dans une description ? Des standards internationaux sont en cours d'élaboration, on peut citer en France le schéma LOM-FR (<http://LOM-FR>). On peut associer à une ressource une fiche LOM-FR qui comporte un ensemble de méta-données : langue, auteurs, requis techniques, mais aussi caractéristiques pédagogiques : « activité induite », « temps d'apprentissage » par exemple. On peut supposer que ces méta-données, qualifiées de pédagogiques, sont susceptibles de poser problème d'un point de vue didactique.

Transmettre des usages ?

L'utilisateur, ou le collectif d'utilisateurs de ressources, construisent des documents dans des processus de *genèses documentaires*. Ces documents donnent matière à des ressources qui peuvent être *mises à disposition* ou *transmises* au-delà du lecteur, ou du collectif initial. Lorsque l'on comprend le document, selon ce que nous proposons, comme l'association d'un *ensemble de ressources* et d'un *schème d'utilisation* de ces ressources, on comprend que ce qui peut donner lieu à *mise à disposition* ou *transmission* est simplement la partie visible, c'est-à-dire l'ensemble de ressources et son *usage*. Le sujet ou le collectif qui met à disposition ou transmet, dans l'espoir de donner accès au document construit, sera peut-être tenté d'associer des descriptions d'usages à sa composition personnelle. Dans ses recherches sur les matériaux curriculaires, Remillard (2005) montre ainsi que les auteurs, qui produisaient traditionnellement des écrits à destination des élèves et ayant vocation à être transmis *à travers* le professeur (*speaking through the teacher*), ont tendance désormais à s'adresser en plus *au* professeur (*speaking to the teacher*), à propos d'idées mathématiques, de stratégies pédagogiques.

2.2 Spécificités des ressources pour l'enseignement des mathématiques.

Nous présentons dans cette partie une première réflexion sur ce qui peut apparaître comme spécifique aux mathématiques dans une étude de la documentation des professeurs. Nous avons choisi de porter notre regard sur des ressources numériques, d'en dégager quelques premiers constats et questionnements ; nous verrons qu'au moins certains de ceux-ci conduisent à une interrogation dépassant sans doute le numérique.

Quels types de ressources, d'ensembles de ressources en mathématiques ?

On peut d'abord s'interroger sur le type de ressources disponibles pour les enseignants de mathématiques. Il y a, bien entendu, des logiciels spécifiques : logiciels de géométrie dynamique, tableurs... qui sont amplement cités par les enseignants que nous avons interrogés, et référés par Educnet. Ces logiciels sont souvent associés à des ensembles de ressources permettant de les exploiter, proposés par des communautés d'utilisateurs. Comme ces logiciels sont particulièrement nombreux en mathématiques, les ensembles de ressources de ce type apparaissent comme une spécificité mathématique.

Certaines ressources apparaissent rarement en mathématiques. Ainsi, le lien direct avec l'actualité de la recherche scientifique ne semble pas présent en mathématiques sur Educnet, alors que l'on trouve, sur ce même site mais en SVT, des productions de chercheurs en biologie. De même, les enseignants de sciences interrogés par Ruthven *et al.* (2005) déclarent utiliser Internet pour se tenir au plus près de l'actualité de la recherche. Cette spécificité n'est sans doute pas liée au caractère numérique des ressources, c'est une difficulté plus large d'écart entre la recherche en mathématiques et l'enseignement des mathématiques.

Par ailleurs, il y a sur Educnet peu de productions d'élèves en mathématiques, contrairement à ce qu'on observe par exemple en arts plastiques. Ceci nous semble significatif de deux phénomènes. D'une part, en mathématiques, il est rare que des productions d'élèves soient données à voir publiquement, contrairement à ce qui a lieu en arts plastiques. D'autre part, les productions d'élèves proposées sur Educnet en arts plastiques sont des productions numériques, par exemple des montages de photographies numériques. Or il semble qu'en mathématiques les élèves soient peu amenés à produire sous forme numérique. La situation évoluera peut-être avec l'intégration de logiciels et plus généralement de dispositifs de composition de ressources numériques accessibles en classe aux élèves.

Quels critères de choix de ressources pour le professeur ?

En ce qui concerne la démarche de recherche et de sélection de documents par les enseignants, certaines spécificités peuvent apparaître « en creux » par rapport à ce qui est mentionné par Ruthven *et al.* (2005) pour l'histoire, la géographie, ou les sciences. Alors que, dans ces domaines, les enseignants signalent la nécessité d'un travail important sur l'authenticité des sources, leur fiabilité, aucun enseignant de mathématiques n'évoque ce problème dans nos entretiens. Cette remarque nous semble pointer un questionnement qui est loin d'être anodin. Qu'est-ce que la *fiabilité* d'une ressource mathématique, est-ce que la prolifération de ressources numériques pose des problèmes spécifiques de ce point de vue, et comment les professeurs jugent-ils de cette fiabilité ? On voit que la question se déplace de l'authenticité vers la rigueur, l'exactitude mathématique, et plus généralement, la cohérence épistémologique et didactique. Les ressources et ensembles de ressources numériques opèrent un découpage, une transformation du savoir : on retrouve ici les questions qui ont conduit Balacheff (1994) à l'introduction de la notion de *transposition informatique*.

Quelle est la place de la cohérence épistémologique et didactique dans le processus de recherche et de sélection de ressources par le professeur de mathématiques ? Des grilles

d'analyses de ressources en ligne ont été développées dans des travaux de didactique des mathématiques, on peut citer en particulier Artigue *et al.* (2006) et Cazes *et al.* (2007). Il serait certainement utile de passer de ces grilles, élaborées à des fins de recherche, à des grilles ou des critères pouvant aider les enseignants dans leur choix et leur analyse a priori d'une ressource. Il faut pouvoir comprendre et analyser comment le savoir est transposé dans une ressource, ou un ensemble de ressources. Une telle analyse de transposition, effectuée dans Haspekian (2007) à propos des ressources du site Educnet évoquant le tableur, montre par exemple un écart entre ce que l'institution propose pour accompagner les enseignants et ce qu'elle énonce comme attentes dans les programmes. De tels questionnements peuvent conduire également à étudier la possibilité, pour le professeur, de situer son action dans une dialectique des *médias* et des *milieux* (Chevallard 2005), c'est-à-dire de pouvoir soumettre à la critique des assertions obtenues par différents médias.

3. SYSTEMES D'ACTIVITE ET SYSTEMES DOCUMENTAIRES

Dans cette partie nous nous centrons sur les professeurs, leurs systèmes d'activité et leurs systèmes de documents. Comme le souligne Ruthven (2007) : « there is a big difference between a collection of resources and a coherent system ». Ruthven considère le système de ressources comme un élément de ce qu'il nomme « the structuring context of the classroom practice ». Ici nous adoptons un point de vue différent en portant notre regard en priorité sur les ressources et sur le développement de documents à partir de ces ressources. Ceci nous conduit à considérer un système cohérent de documents, développé par le professeur. Nous faisons l'hypothèse que les professeurs développent un système documentaire dont la structure suit celle de leur activité professionnelle. C'est l'observation des articulations, des régulations, des ruptures et évolutions de ce système documentaire qui nous permettra d'analyser les *genèses documentaires* pour un sujet, ou un groupe de sujets.

3.1 Systèmes d'activité, structure des systèmes documentaires.

De nombreux travaux sur les pratiques des professeurs pointent la nécessité de démêler leur complexité, nous allons également dans cette direction. Nous questionnons la structure du domaine d'activité professionnelle des professeurs de mathématiques. Il ne s'agit pas pour autant d'effectuer un découpage en unités séparées ; nous distinguons certes des catégories, mais les articulations entre ces catégories sont nombreuses, nous le montrerons.

Familles d'activité

Rabardel et Bourmaud (2005) proposent plusieurs plans d'organisation du domaine d'activité professionnel. Les situations d'activité sont tout d'abord organisées en *classes de situations* : situations voisines en termes de tâches à accomplir et de conditions à prendre en compte, qui vont engendrer des modalités d'action voisines.. Les classes de situations sont ensuite regroupées en *familles d'activité* : ensembles de classes de situations qui correspondent à un même type de finalité générale de l'action. Les classes de situations et les familles d'activité sont des dimensions générales qui structurent le domaine d'activité, que nous nommons ici système d'activité pour suggérer cette structure.

Ici nous parlerons de *types de tâches didactiques* (Chevallard 2002) plutôt que de classes de situations. En effet l'activité du professeur est complexe, et se prête difficilement à la détermination de classes de situations. Le concept de type de tâches didactique, et l'idée que le type de tâche que le professeur doit accomplir est la mise en place dans sa classe d'une organisation mathématique donnée permet de clarifier l'analyse en tenant compte du rôle prédominant joué par les contenus de savoir en jeu.

Pour distinguer les différents types de tâches didactiques et les différentes familles d'activité pour les professeurs, nous nous sommes basés sur notre questionnaire (annexe C) et nos entretiens. Il ne s'agit pas d'élaborer des catégories générales à partir de ce petit échantillon, mais d'avancer quelques éléments de structure des systèmes d'activité permettant de progresser dans la compréhension de la structure des systèmes documentaires.

Il nous a semblé que l'on pouvait distinguer les trois familles d'activité suivantes :

- *organiser son propre enseignement* : adapter des organisations mathématiques, concevoir des organisations didactiques, évaluer et réviser l'enseignement ;

- *participer à l'organisation de l'enseignement à travers les institutions communes aux différentes disciplines scolaires* : élaborer des bulletins scolaires, participer aux conseils de classe, aux réunions parents-professeurs... ;

- *développer une réflexion sur sa propre pratique* (Vasquez-Bronfman 2000) : se former, se remettre en question, se cultiver, « rentrer » dans un logiciel ou un site, se les approprier ;

Il faut de plus mettre « du volume » dans ces familles d'activité, en considérant deux axes :

- *l'axe du temps*, dont nous avons déjà souligné l'importance. Par exemple l'organisation de l'enseignement peut se concevoir pour une séance, une année, etc. ;

- *l'axe individuel-collectif*, auquel nous allons accorder une importance croissante, prend en compte les possibilités de mutualisation pour chacune de ces familles d'activité.

Enfin, il est nécessaire de penser l'articulation des activités en classe et des activités hors classe, puisque *l'action conjointe* (Assude et Mercier 2007) du professeur et de ses élèves en classe documente évidemment le professeur.

Il apparaît clairement que ces catégories, ainsi que les types de tâches didactiques que nous aborderons ensuite, sont liées aux différents niveaux *de milieux et de situations* dans la théorie des situations (Margolinas 2002) qui permettent en particulier de considérer l'articulation entre le projet du professeur et l'action de celui-ci en classe. Elles seraient également à articuler avec les composantes didactiques et professionnelles des pratiques enseignantes distinguées par la *double approche* (Robert et Rogalski 2002). Ces articulations théoriques sont à travailler.

Notons que ces familles d'activité ne sont pas disjointes. L'activité d'un professeur qui élabore un sujet de devoir relève tout autant de l'organisation de son enseignement que de la participation aux structures communes, et peut conduire à développer une réflexion sur sa propre pratique.

Types de tâches didactiques

Nous donnons ici quelques exemples de types de tâches didactiques de la famille « organiser son enseignement » et de leurs articulations à partir d'une étude de cas.

Marie-Françoise a longtemps enseigné en collège, elle exerce en lycée depuis 2003. Cette année, elle a pour la première fois des Terminales S. Elle a donc élaboré, pour la première fois, un cours sur les nombres complexes. Elle s'est servie pour cela de sources historiques, collectées sur le site Gallica, d'un travail de l'IREM de Caen, qu'elle a connu en participant à une université d'été, et du site personnel de Gilles Costantini, qui propose en ligne un cours, des activités... pour le lycée et certaines classes préparatoires. Elle était guidée par l'idée de travailler le lien entre complexes et géométrie. Elle a composé son propre cours sur traitement de texte (et l'a ensuite imprimé et rangé dans le classeur correspondant). Pour les premières ES qu'elle a déjà eues, elle repart de ce qu'elle avait élaboré, en intégrant ce qu'elle a observé en classe et dans des productions d'élèves. Pour les secondes, elle élabore une progression commune et des activités avec son collègue Jean.

Figure 7. *Eléments descriptifs du travail de Marie-Françoise : types de tâches didactiques.*

On observe ici plusieurs types de tâches didactiques. Tout d'abord « *conception d'un cours nouveau* ». L'activité de Marie-Françoise commence par une recherche, avec une sélection et

un tri dans des ressources. Certaines de ces ressources ont été collectées lors d'activités de formation ; elles auraient pu aussi provenir de collègues. D'autres sont rencontrées lors d'une recherche effectuée sur le thème précis du cours, et même avec l'idée directrice d'articulation complexes-géométrie. Dans le cas où le cours a déjà été fait, il s'agit d'un autre type de tâches didactiques, que l'on peut nommer : « *révision d'un cours* ». Pour Marie-Françoise, le cours préparé les années précédentes, mais aussi les productions d'élèves en particulier constituent une ressource importante dans cette tâche. On observe également le type de tâche didactique : « *conception d'une progression* » ; pour Marie-Françoise en collaboration avec son collègue Jean pour sa classe de seconde. L'élaboration ou révision d'un cours et l'élaboration ou révision d'une progression/plan de cours sont fortement corrélées, et leurs évolutions dans le temps sont liées.

Ainsi de même que les *familles d'activité*, les *types de tâches didactiques* (dont nous n'avons donné ici que quelques exemples) ne sont pas à considérer comme des entités séparées, ils sont fortement *articulés*. Notre hypothèse est que le système documentaire est organisé suivant une structure dépendant de celles des types de tâches didactiques et des familles d'activité. Les sous-systèmes de documents associés à chaque type de tâches didactiques sont articulés : pour Marie-Françoise, le schème de conception d'un cours nouveau se développe à travers la conception du cours sur les complexes et des autres cours nouveaux qu'elle est amenée à préparer.

Des documents pivots

La question de la structure du système documentaire est cruciale, nous allons l'aborder en l'illustrant par un exemple issu de nos entretiens (figure 8).

Céline a 36 ans, elle enseigne depuis 10 ans en collège. Chez elle, elle est équipée d'un ordinateur connecté intégrant des logiciels (géométrie-tableur...), d'un scanner et d'une imprimante. Au collège, elle a accès d'une salle multimédia, avec un tableau numérique ; ses élèves de troisième sont équipés d'ordinateurs portables. Céline utilise les programmes scolaires (téléchargés sur Eduscol) pour composer une progression annuelle, écrite sur papier et une liste détaillée d'objectifs d'apprentissage, composée sur traitement de texte. Elle utilise beaucoup de brochures IREM, CRDP etc., achetées à la suite de stages de formation continue, pour préparer des activités. Elle utilise le manuel de la classe surtout pour donner des exercices à faire à la maison. Elle programme souvent des séances MEP pour ses élèves.

Elle élabore avec ses collègues des devoirs communs pour les classes de 3^e et des activités pour les Programmes Personnalisés de Réussite Educative³ (PPRE) (une note explicative ?). Céline garde des extraits de copies d'élèves photocopiées pour avoir des traces de procédures, ou d'erreurs. Elle enregistre aussi des traces d'élèves sur le TBI, mais ne s'en sert qu'à la journée portes ouvertes du collège, pour montrer aux parents ce qu'on peut faire avec le TBI.

Céline a un ou plusieurs classeurs par niveau de classe. Le classeur comporte la progression prévue, les objectifs détaillés ; les activités, cours, exercices, textes de contrôles élaborés par Céline ; des photocopies de brochures IREM qui ont été utilisées pour les activités ; certains documents de collègues. Sur l'ordinateur, les fichiers sont aussi organisés en dossiers par niveaux de classe. Dans un dossier, il y a une organisation par thèmes mathématiques ; ensuite des sous-dossiers comportent les listes d'objectifs, les activités, les cours, des fichiers Géonext, ou tableur...

Céline désigne les classeurs comme sa ressource la plus importante : « mes classeurs c'est extrêmement important, parce que c'est une évolution en plus du cours, où j'ai modifié d'année en année, donc il y a une réflexion dessus. »

Figure 8. *Eléments descriptifs du travail de Céline : existence de documents pivots.*

³ Dispositif d'accompagnement pour les élèves les plus en difficulté, mis en place à la rentrée 2006.

On peut distinguer, dans cet exemple, la présence des *trois familles d'activité*, la complexité des ressources employées, et la construction d'un *système documentaire personnel* articulé selon les activités. On remarque aussi, au cours du *temps*, la *révision* de documents. On observe un travail en *collaboration* avec les autres professeurs seulement pour le cas des devoirs communs ou des PPRE. Numérique et papier sont toujours associés, et lorsque Céline parle de ses classeurs, elle sous-entend toujours, au même moment, les fichiers associés aux traces papier.

Dans chaque entretien que nous avons réalisé, nous avons rencontré, comme dans le cas de Céline, des documents privilégiés, dont l'aspect matériel pouvait prendre la forme d'un ou plusieurs classeurs, associés à des dossiers sur l'ordinateur. Cet ensemble classeur(s)+dossier(s) numérique(s) intervient dans de nombreux types de tâches didactiques. Nous considérons qu'ils jouent pour les professeurs le rôle de *documents pivots*, en reprenant à notre compte la notion d'*instrument pivot* (Rabardel et Bourmaud, 2005) :

- ils occupent une place centrale dans le système documentaire des professeurs ;
- ils jouent un rôle charnière, ils permettent l'articulation de beaucoup d'autres documents ;
- ils jouent aussi un rôle privilégié sur l'axe temporel. En effet ils concentrent la mémoire de ressources anciennes, qui peuvent avoir subi de nombreuses transformations, être entrées dans la constitution de documents successifs. Et ils interviennent aussi lors de l'intégration de ressources nouvelles (les modalités exactes de cette intervention sont à approfondir, on peut penser que les documents pivots sont porteurs d'invariants susceptibles à la fois de conditionner et de faciliter l'intégration de ressources nouvelles).

Les documents pivots sont au cœur de la documentation du professeur, ils sont composés de ressources et de schèmes d'utilisations, qui évoluent pour un individu au cours du temps. Cette évolution peut être observable au niveau du support. Lorsque Céline élabore un problème pour ses élèves, elle photocopie un extrait de brochure IREM qu'elle range dans un de ses classeurs. Depuis qu'elle utilise MEP, des fichiers reprenant les bilans MEP de ses élèves figurent dans ses dossiers informatiques. Mais l'évolution des documents pivots n'affecte pas nécessairement les supports. Ainsi Arnaud, qui avait élaboré, il y a quelques années, des fiches d'aide pour des élèves en difficulté, utilise toujours ces mêmes fiches mais pour tous ses élèves. Ici la trace dans le support est inchangée, ce sont les usages qui ont été modifiés. L'étude des documents pivots, on le voit, nécessite la prise en compte des trois niveaux codéterminés que nous avons introduits : supports, organisations mathématiques et organisations didactiques.

Peut-on parler d'un document pivot, pour un professeur donné ? Il nous semble que la réponse à cette question dépend de l'intégration numérique des ressources du professeur en question et de l'articulation entre ressources numériques et ressources papier :

- pour Arnaud, il existe un document pivot dont le support est un classeur papier, avec des relations plus ou moins lâches vers des fichiers « en vrac » dans un ordinateur ;
- pour Céline, il existe deux documents pivots, un premier sur support papier, le deuxième sur support numérique, avec des structures proches, des relations fortes, mais des contenus non identiques (les travaux d'élèves sont sur support papier) et évolutions différées (les évolutions sont sensibles d'abord sur les ressources papier, puis les plus importantes sont enregistrées sur support numérique) ;
- pour Marie-Pierre, la forte intégration des documents numériques pousse à considérer qu'il n'y a pour elle qu'un document pivot numérique.

Dernier point que nous voulons souligner : le système documentaire du professeur s'étend au-delà des documents pivots. Ainsi les paperboards de Marie-Pierre, qui sont dans son système documentaire, ne figurent pas dans son document pivot. De même pour Céline, les

brochures IREM qu'elle utilise sont dans son système documentaire mais hors du document pivot, qui contient seulement certains extraits de ces brochures et les activités qu'elle a élaborées à partir de ces extraits.

3.2 Développement professionnel, évolution du système documentaire et mondes.

L'analyse des évolutions du système documentaire du professeur fonde l'analyse des genèses documentaires, et plus largement, celle du développement professionnel du professeur.

Considérons un exemple issu des entretiens que nous avons menés. Benoîte, qui travaille en collège, a mis en place des séances de calcul mental en classe entière, s'appuyant sur des diaporamas qu'elle projette dans une salle équipée d'un vidéo-projecteur et d'un ordinateur. Il y a deux ans, dans les mêmes conditions, elle ne pratiquait pas ces séances. C'est une collègue, Sophie, qui lui a donné cette idée (Sophie a elle-même pris ces diaporamas à l'origine sur le site de Sésamath). Désormais Benoîte et ses élèves apprécient ces moments de calcul mental. Ceci conduit Benoîte à faire plus de calcul mental qu'auparavant, avec des diaporama qu'elle a construits en s'inspirant de ceux transmis par Sophie.

Cette brève description témoigne d'une genèse documentaire. Pour le type de tâches didactiques « faire pratiquer le calcul mental en classe » Benoîte a développé un document, à partir d'un ensemble de ressources comportant en particulier:

- au niveau matériel des fichiers informatiques, un ordinateur, un vidéo-projecteur ;
- au niveau mathématique, une liste de calculs possibles à effectuer mentalement ;
- au niveau didactique, la planification d'une séance avec une vidéo-projection minutée laissant le temps aux élèves d'écrire sur papier le résultat des calculs proposés.

Le développement de ce document comporte une part d'instrumentalisation (Benoîte s'approprie les ressources, en particulier le diaporama transmis par Sophie), et une part d'instrumentation (constitution d'un schème pour le type de tâche « faire pratiquer le calcul mental en classe »). Ce développement est porteur d'un développement professionnel à long terme : Benoîte porte désormais un nouveau regard sur le calcul mental, qui affecte peut-être encore plus généralement son approche des calculs avec les élèves.

Ceci renvoie à la dialectique du *productif et du constructif* (Rabardel 2005), à l'œuvre dans tout processus de développement : une activité est finalisée, elle a un objectif de production (réalisation d'une tâche donnée), Dans cette activité, le sujet se construit aussi lui-même et modifie donc les conditions de productions ultérieures. Ce lien entre genèses documentaires et dialectique productif/constructif est approfondi dans l'atelier de Cazes et Vandebrouck (ce volume).

Les ressources utilisées et les documents développés par le professeur évoluent selon différentes échelles de temps. Le temps de l'année scolaire joue un rôle important. Cependant, un temps plus court peut intervenir : parfois des compositions de collègues sont intégrées rapidement, si un décalage entre les progressions le permet ; souvent le déroulement en classe amène à des modifications de ce qui était prévu. Les supports numériques facilitent ces modifications rapides. Et, bien entendu, un temps plus long doit être pris en compte également : les changements de programmes, ou les évolutions de carrière vont entraîner des bouleversements importants, avec la nécessité d'engager une nouvelle conception. Par ailleurs, quelle que soit l'échelle de temps considérée, la question de l'intégration d'éléments nouveaux est cruciale et complexe.

Pourquoi certaines ressources nouvelles seront intégrées par le professeur dans la construction de son système documentaire et d'autres non ? Savoir répondre à cette question signifierait être capable de comprendre la complexité de l'intégration des TICE, nous n'avons pas cette prétention, mais nous voulons souligner ici quelques éléments qui nous semblent importants. Nous nous appuyons, pour cela, sur deux exemples.

Le collège de Sonia (50 ans) dispose d'un Environnement Numérique de Travail depuis deux ans. Lorsqu'un élève a été absent, Sonia dépose son cours et des exercices au format pdf sur l'ENT (tous deux extraits de son recueil). L'élève récupère le tout, fait les exercices de son choix et les renvoie à l'enseignante qui les corrige et les renvoie à son tour.

Céline utilise MEP, et connaît le site de Sésamath. Sur ce site, elle est déjà allée regarder les ressources proposées par Mathenligne. Les fiches Mathenligne sont des fiches d'exercices au format pdf. Céline déclare qu'elle n'utilise jamais Mathenligne « parce que je n'ai jamais trouvé quelque chose qui me satisfasse du début à la fin ».

Figure 9. Sonia et Céline : intégration dans le système documentaire, non intégration ?

Dans le cas de Sonia, on observe l'intégration de l'ENT du collège dans son système de documents. Cette intégration a été possible parce qu'il y a *compatibilité* entre les documents de Sonia constitués avant l'ENT et les documents que cet ENT permettaient de construire :

- compatibilité au niveau du support : les cours, exercices de Sonia sont composés sur traitement de textes ; elle utilise un tableur, Cabri et d'autres logiciels ;
- compatibilité aussi au niveau des schèmes : Sonia a pu développer un schème d'accompagnement à distance d'un élève absent, parce que ses conceptions incluaient la possibilité d'un travail à distance avec les élèves.

Dans le cas de Céline, on observe au moins deux raisons au rejet de Mathenligne. Premièrement, le contenu ne la satisfait pas totalement. Deuxièmement, les adaptations des fiches sont limitées par le format pdf et par leur contenu même (les listes d'exercices Mathenligne ont souvent une cohérence qui bloque les découpages). Or Céline travaille dans une démarche de composition personnelle, à partir de ressources qu'elle veut pouvoir adapter.

La notion de *monde* (Béguin 2005) fournit une piste pour la compréhension de ces phénomènes. Un monde est un découpage de la réalité, une structure propre à un métier. C'est une conceptualisation de la notion de *point de vue*, une saisie, par le sujet, de certaines propriétés du réel, dans le cadre de son activité historiquement et socialement située. Les *mondes* des enseignants que nous avons rencontrés (ou plutôt la partie de leur monde qu'ils nous ont donné à voir) sont tous très différents, produits d'une expérience professionnelle, personnelle, sociale. Leurs systèmes documentaires sont des révélateurs de ce monde. Derrière ces systèmes, il y a toute la profondeur de la genèse documentaire, inscrite dans la mémoire didactique du professeur, comme en témoigne l'échange avec Sonia : « *Quand tu récupères une ressource et que tu la modifies, est-ce que tu gardes la trace des modifications par rapport à l'année précédente, ou... avec des marqueurs ou des annotations...* Non, non, je n'écris pas, je fais confiance à ma mémoire, je me souviens de la façon dont je l'ai utilisée... ». Cette profondeur explique l'attachement de chaque enseignant à son propre système documentaire, ainsi que le révèle cet échange avec Ingrid : « *Qu'est-ce qui serait pour toi une ressource de rêve, qui serait en quelque sorte idéale pour ton travail d'enseignante ?* Une base d'exercices, d'activités. Je suis toujours à la recherche d'exercices un peu plus originaux et ce n'est pas toujours facile. Les activités doivent pouvoir être modulables, selon les élèves que l'on a en face de soi [...]. Pour un cours, par contre, je ne pense pas qu'il y ait de ressource idéale : chaque prof a sa propre *sensibilité* qu'il essaie de faire passer ». Cette *sensibilité*, constitutive de son monde, est à mettre en relation avec ce que Pastré (2005, p. 242) appelle le soi : « Pour se connaître, le soi doit se reconstituer à partir de ses œuvres, de toutes les traces de lui-même qu'il a laissées dans son vécu. C'est ainsi que certains événements, surtout quand ils revêtent une certaine importance, ne délivrent leur sens que bien longtemps après qu'ils soient survenus, à la suite d'une longue *perlaboration* de leur auteur dans un long travail de patience et de réflexion ». La possibilité d'intégration dans le *système documentaire* du professeur et la compatibilité avec le *monde personnel* sont synonymes.

Cette notion de monde invite également à se tourner vers le collectif ; il existe des *mondes communs*, qu'en est-il alors des documentations communes pour les professeurs ? C'est la question que nous allons aborder maintenant.

4. GENESES DOCUMENTAIRES COMMUNAUTAIRES

La dimension collective des genèses documentaires est fortement liée à l'une des définitions que Pédaque (2006) donne du document : *document = contrat entre les hommes*. Cette définition a une pertinence plus grande encore avec la numérisation : « C'est dans la communauté d'intérêts qu'il faut chercher le document et pas ailleurs. Voilà donc ce que change la numérisation : elle fabrique des communautés virtuelles, flottantes, illimitées, insaisissables, mieux qu'aucun livre. Le document numérique est bel et bien un objet, mais la communauté qui le consacre comme document est de plus en plus instable, éclatée, imprévisible, emportée dans les remous tumultueux des intérêts humains » (p. 12).

4.1 Une émergence d'aspects collectifs de la documentation

Il y a, traditionnellement, en collège et lycée, un travail documentaire commun, certes réduit⁴, des professeurs de mathématiques, lié à la préparation d'épreuves clés (le brevet des collèges ou le baccalauréat) ou à des évaluations d'établissement ou nationales. Cet aspect particulier est observable dans tous nos questionnaires et entretiens. Un élément nouveau, qui ressort aussi de notre matériau, semble être l'émergence d'aspects collectifs plus généraux du travail documentaire. Ceux qui pratiquent cette mutualisation documentaire signalent son *intérêt*, son caractère *coûteux en temps* et la *complexité* de sa mise en œuvre, dès que l'on dépasse le stade de l'échange entre deux ou trois professeurs.

Plusieurs facteurs peuvent contribuer à l'émergence de ces processus d'échanges :

- de nouveaux dispositifs institutionnels (Travaux Personnels Encadrés, PPRE) supposent un travail documentaire commun de professeurs de mathématiques et d'autres disciplines ;
- de nouveaux lieux permettent les échanges de ressources pour les professeurs ; Anaïs, Ingrid et Marie-Françoise évoquent ainsi les laboratoires de mathématiques de leurs lycées, équipés d'un ordinateur sur lequel des ressources sont stockées et consultées, parfois mutualisées, par les professeurs de mathématiques ;
- des espaces virtuels se développent aussi, soit à l'initiative des professeurs eux-mêmes (un professeur évoque dans ses réponses à notre questionnaire l'importance des *listes de diffusion*), soit à l'initiative d'une institution ;
- de nouveaux environnements de travail dans la classe permettent de nouveaux processus de conception de ressources (professeur-élèves, comme on l'a vu avec le TBI, ou professeur-professeurs) ;
- l'équipement même des professeurs évolue. Ceux-ci sont très largement pourvus d'ordinateurs connectés, parfois de portables ; ils utilisent couramment la messagerie pour leurs échanges personnels ou professionnels. Dans cet équipement, la clef USB semble prendre une importance spécifique, au moins pour les enseignants que nous avons interrogés. Ingrid situe ainsi la clé USB : « Et dans le fixe et le portable, tu as la même chose ? Oui, il y a une base commune, et maintenant j'ai trouvé la clé USB qui ballade de l'un à l'autre... » ;
- ces équipements nomades, dont disposent de plus en plus souvent les élèves et les professeurs, peuvent être le support de nouvelles relations. Sonia utilise ainsi les clés USB de ses élèves : « je les aide en général à récupérer les choses [les ressources conçues en classe, les adresses Internet intéressantes], ils ont des clés, ou des lecteurs MP3 qu'ils utilisent pour récupérer les choses qu'ils

⁴ Ce travail documentaire commun est réduit en France. L'atelier de Miyakawa et Winslow (ce volume) montre que la situation est, de ce point de vue, très différente au Japon.

veulent garder... » ;

- enfin, plus généralement, les notions de *mutualisation, de coopération et de collaboration* sont socialement associées à des valeurs positives.

C'est ainsi un ensemble de processus en interrelation, processus dans lesquels l'aspect numérique de l'information et de la communication apparaît important, qui peuvent expliquer une évolution plus collective des modes de documentation.

4.2 Communautés de pratique, viviers et systèmes documentaires communautaires

Les évolutions que l'on constate vers un travail de documentation plus collectif sont plus ou moins marquées selon les professeurs et leur *monde* propre. Dans ces différences, une variable semble jouer un rôle important : l'appartenance à un groupe donné d'enseignants : APMEP, utilisateurs de MEP... Partager un but commun, être dans un même réseau, n'est cependant pas une condition suffisante pour engager une documentation commune.

Les communautés de pratique, un concept utile pour analyser la documentation commune

Pour préciser la structure des groupes d'acteurs, leur dynamique, nous allons utiliser un concept, celui de *communauté de pratique* (Wenger 1998) qui, dans ce contexte de genèse documentaire, nous semble très utile. Les communautés de pratique sont des regroupements *naturels*, souvent professionnels, ils peuvent être relativement *informels*, mais correspondent à un *engagement partagé* de tous leurs membres, qui *collaborent* à un projet commun. Cet engagement partagé, cette *participation* active à une entreprise collective s'accompagne de la production d'objets qui *réifient* des éléments de pratique et du développement d'un *répertoire* partagé qui intègre les résultats de ce processus de réification. Il y a donc toujours dans ces communautés, sous des formes variées, une pratique de documentation. C'est cet aspect que nous considérons dans les communautés de pratique regroupant des enseignants, le travail autour des ressources permettant le jeu dual, essentiel pour Wenger, entre les processus de *participation* et de *réification*. La théorie des communautés de pratique est présentée plus en détail dans l'atelier de Georget (ce volume).

Les groupes de professeurs que nous avons évoqués sont-ils des communautés de pratique ?

- c'est le cas du regroupement suscité par Benoîte (nos entretiens), qui a mis en place, avec des enseignants de son collègue, des séances de travail en commun le mercredi après-midi, pour élaborer des fiches d'ATP (Aide au Travail Personnel des élèves) ;

- si l'on considère l'ensemble des enseignants de mathématiques d'un établissement scolaire, en général, ce n'est pas une communauté de pratique ;

- les communautés du SFoDEM sont, pour une part, artificielles. Ces communautés ne sont donc pas, au moment de leur constitution, des communautés de pratique, elles le deviendront dans le cours de processus complexes ;

- dans le cadre de MEP, il existe des groupes stables et limités qui correspondent aux critères des communautés de pratique (les auteurs, les membres de Sésamath). Mais il y a aussi des groupes d'utilisateurs sans engagement partagé.

Cette question des communautés est complexe, avec une dimension de *temps* à prendre nécessairement en compte (une communauté émerge, se constitue, peut aussi se déliter).

Communautés de pratique, viviers de ressources, recueil communautaire ?

L'introduction dans notre étude de ce concept de communautés de pratique permet d'enrichir, nous semble-t-il, l'approche instrumentale. Dans les communautés de pratique que nous

avons étudiées, le travail de documentation débouche sur la production d'objets (vocabulaire, méthodes, activités) qui le réifient, et le développement d'un répertoire partagé est à la fois le résultat de ce processus de réification et le ressort d'une participation plus active au processus commun de documentation. Une nouvelle extension de l'approche instrumentale consiste à considérer le jeu entre cette communauté émergente (sujet collectif) et cet ensemble de ressources partagées (artefact collectif) sous la forme de la *genèse d'un système documentaire communautaire* :

- une communauté de professeurs développe un répertoire commun de ressources enrichies d'usages variés. A la place de répertoire, nous utilisons le terme de *vivier*⁵ de ressources pour signifier le caractère évolutif de ses éléments fruit des processus *d'instrumentalisation* ;

- le *vivier de ressources* engendre un *système documentaire communautaire*, qui affecte la pratique, et donc la communauté, dans un processus *d'instrumentation* ;

- le processus de réification, processus dual de la participation à la communauté, concourt à la fois à l'alimentation du *vivier de ressources* et à celle du *système documentaire*.

Nous faisons l'hypothèse que la possibilité d'une telle genèse est soumise à des conditions : l'existence d'un projet collectif de conception/utilisation de ressources et, bien sûr, le temps nécessaire au développement de ces genèses. Pour introduire les concepts fondamentaux attachés aux systèmes documentaires communautaires, nous allons nous appuyer sur un cas où ces conditions étaient réunies : le SFoDEM.

Le SFoDEM s'est développé de 2000 à 2006 dans l'académie de Montpellier (Guin *et al.* 2008). Dispositif de formation continue, il reposait sur la constitution de plusieurs groupes de formation, coordonnés par une cellule de formation, rassemblant l'ensemble des formateurs et des pilotes (trois enseignants-chercheurs en didactique des mathématiques ou informatique). La formation n'était pas, a priori, une formation didactique : il s'agissait d'accompagner l'intégration des TICE pour l'enseignement des mathématiques, à partir d'un processus de conception collaborative de ressources. Les groupes de formation ont varié, quatre d'entre eux se sont maintenus pendant la plus grande partie de cette expérience : « numérique, algébrique et TICE » ; « vidéoprojection de figures animées » ; « résolution collaborative de problèmes ouverts » ; « intégration de MEP ». Le travail a été organisé de façon continue, partiellement en présence (3 jours de réunion pour chaque thème), essentiellement à distance via la plate-forme de formation. Ce travail est passé par plusieurs phases : *transmission*, des formateurs vers les stagiaires, dans chaque groupe, de ressources initiales issues de leur travail antérieur d'animateur de l'IREM ; *mutualisation* dans chaque groupe d'un ensemble de ressources, chaque participant mettant une ressource personnelle dans un pot commun. Toutes ces ressources sont expérimentées par les stagiaires. Ensuite de petits groupes de production se sont créés autour d'un projet commun de *co-élaboration* de ressource. Des phases de conception et de mise en œuvre sont systématiquement associées.

Sur la plate-forme à distance, s'élabore peu à peu un espace de travail de chaque communauté, avec les ressources conçues par la communauté (incluant, via des comptes-rendus d'expérimentation, des traces de leurs usages), mais aussi d'autres éléments constitutifs d'une pratique documentaire commune (journal de bord ou mémoire de travail du groupe, outils partagés, répertoire de sites web, forum sur des questions variées...).

Figure 10. Le SFoDEM, co-émergence de communautés de pratique et d'une documentation commune.

Les groupes du SFoDEM ont progressivement constitué dans le cours de processus entretenus de l'intérieur par les formateurs et les enseignants les plus motivés, et appuyés par des assistants extérieurs (les pilotes), des collectifs de travail très soudés, présentant toutes les caractéristiques de communautés de pratique. Les processus d'appropriation de *ressources transmises* sont restés modestes ; comme le dit Clot (2007) pour un genre d'activités, « pour le faire sien, il faut y mettre du sien ». Une réelle co-élaboration de ressources a été observée quand de petits groupes d'enseignants ont engagé un travail sur des « germes de ressources » (une animation en géométrie dynamique, une idée de problème permettant d'introduire une

⁵ Dénomination introduite dans le cadre du projet européen ARIADNE (Forte 1997).

nouvelle notion, etc.).

Un vivier de ressources pour chaque communauté s'est ainsi constitué, visible au niveau des espaces de travail de chaque groupe sur la plate-forme. Le travail à distance et les exigences de la communication ont entraîné une explicitation et une publication sur cet espace de faits et gestes accompagnant la conception et la mise en œuvre de chaque ressource. On a pu observer ainsi le développement *d'usages communautaires* et inférer le développement d'invariants communs. C'est ainsi que l'on peut parler de développement de documents communs dans chaque groupe.

Nous parlerons aussi de système documentaire *pour chaque communauté*, mais une étude plus approfondie serait nécessaire pour étudier ce système, sa structure en relation avec les familles d'activité de la communauté et celles de chacun de ses membres, les relations entre ce système et les systèmes documentaires de chacun des membres de la communauté.

Nous souhaitons approfondir ici un autre point, relatif à la structure commune des différentes ressources qui a émergé dans le SFoDEM.

4.3 Structure de ressources et modèle documentaire

Dans le cas du SFoDEM, la structure commune des ressources a évolué de façon itérative, par des allers-retours entre les ressources existantes dans chaque groupe et les ressources rencontrées par ailleurs, entre les besoins de chaque communauté et les besoins de l'ensemble du SFoDEM, entre les structures émergentes et les standards apparaissant au niveau international. Cette évolution a été le produit de l'activité constructive des communautés engagées dans le SFoDEM et de l'apport théorique des pilotes dans la cellule de formation.

L'émergence d'une structure commune de ressources

La figure 11 montre les grandes étapes de l'évolution de la structure des ressources. Au départ (2000) coexistaient différents modèles, suivant les groupes (par exemple une courte description de la ressource, une fiche pour l'élève et une fiche pour le professeur donnant quelques éléments de réflexion sur le problème posé). Peu à peu les modèles initiaux se sont enrichis, et la confrontation des différents modèles a permis l'émergence d'un modèle commun.

Dans chaque communauté, est apparue assez vite une réflexion sur les scénarios d'usage, (donnant des propositions de mise en œuvre de la ressource) et les *comptes-rendus d'expérimentation* (permettant de mutualiser les résultats de la mise à l'épreuve de la ressource). Certaines modifications de structure ont été suggérées par les pilotes (comme l'ajout d'une fiche d'identification, avec des métadonnées extraites du LOM-FR (<http://LOM-FR>)), d'autres sont apparues dans l'une des communautés (par exemple les *traces de travaux d'élèves*, apparues dans le groupe résolution de problèmes qui voulait intégrer dans chaque ressource certaines *narrations de recherche* des élèves), elles sont ensuite discutées dans l'ensemble du SFoDEM. Le dernier ajout à la structure de ressource est le CV (curriculum vitae de la ressource). il permet d'inscrire dans la ressource son histoire propre, ses auteurs successifs et les raisons de son évolution. La ressource est bien vivante, élément d'un vivier commun, et chaque nouvel utilisateur, en se l'appropriant, se constitue en nouveau maillon d'une chaîne d'utilisateurs/auteurs⁶.

⁶ Dans le cadre de ce cours, nous voulons mettre simplement en évidence quelques conditions et la dynamique de ce processus. On trouvera des exemples de ressources et d'histoires de ressources du vivier SFoDEM sur un cédérom qui a pour objectif de présenter et d'analyser cette expérience pour d'autres communautés (Guin *et al.* 2008).

Des fichiers satellites sont des éléments communs à plusieurs ressources : il peut s'agir d'éléments de mode d'emploi d'un logiciel, ou d'éléments théoriques produits de la réflexion d'une communauté⁷. Le vivier de ressources se nourrit peu à peu de cette activité.

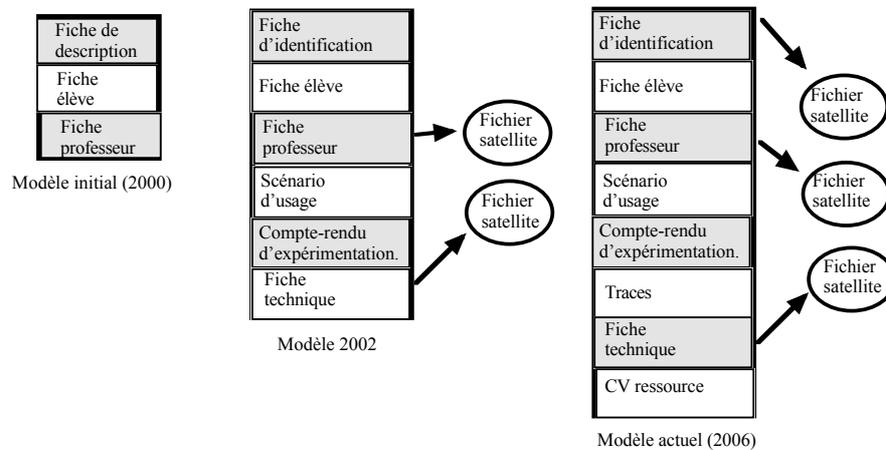


Figure 11. L'évolution de la structure des ressources SFoDEM

Structure des ressources, modèle documentaire, modèle générateur

Il apparaît clairement que cette structure de ressources, à la fois produit d'usages communs, et ressort pour la documentation commune, se constitue en document pour la communauté, ou plutôt méta-document, permettant de documenter les documents communs. Nous appelons ce document, en cohérence avec les choix fait dans le SFoDEM (Guin et Trouche 2007), *modèle de document*. Le modèle a évolué tout au long de l'histoire du SFoDEM, il est probable qu'il aurait évolué ensuite si le SFoDEM s'était poursuivi.

Ce que l'on observe, dans cette histoire du modèle, c'est que l'évolution des pratiques de documentation, dans la communauté, *conduit* l'évolution du modèle et l'évolution du modèle *conduit* l'évolution des pratiques. Du fait des relations fortes entre ce modèle de ressources et la documentation de la communauté, nous l'appelons *modèle documentaire communautaire*.

Un modèle documentaire communautaire est un *document générateur* :

- il facilite la conception de nouveaux documents au sein du système documentaire communautaire ;

- il est générateur d'un questionnement didactique. Ainsi la réflexion sur une structure permettant d'intégrer les nouveaux usages a rendu nécessaire de penser une diversité de scénarios et de justifier cette diversité en mettant en évidence des variables didactiques. De même, la réflexion sur la collecte de traces de travaux d'élèves a rendu nécessaire une réflexion sur des traces significatives de l'activité réelle des élèves, des apprentissages réalisés et des difficultés rencontrées. Marie-Françoise a été formatrice dans le SFoDEM, elle fait partie des professeurs que nous avons interrogés : « *le SFoDEM, si tu avais à en tirer les leçons pour toi, qu'est-ce que tu en dirais ?* Ah ben c'est sûr que ça nous a fait faire de sacrés bonds, je pense qu'on n'en serait pas du tout où on en est si on n'avait pas toute cette expérience... Parce que, là, on est en train de faire des modifications justement sur les fiches élèves [avec Jean], en particulier, parce qu'il y avait eu tout ce travail sur le SFoDEM, les modèles, etc. Maintenant, on a mis des points de cours à l'intérieur, on a mis des points, ce que les élèves doivent savoir faire, il y a des choses qui apparaissent, qui n'apparaissaient pas encore dans le SFoDEM, mais qui peuvent apparaître parce qu'il y a eu tout le travail du SFoDEM... » ;

⁷ On retrouve ces propositions d'approfondissement didactique dans le projet SESAMES Algèbre (Coppé, ce volume).

- dans la réponse de Marie-Françoise apparaît une autre fonction génératrice du modèle, outil pour l'émergence de nouveaux modèles au sein de nouvelles communautés de pratique ;
- l'histoire de la structure des ressources d'une communauté donnée constitue un élément important de ce que l'on pourrait appeler des CV des communautés, de leur identité, et pourraient constituer des instruments pour les échanges entre les communautés.

Ces questions de *structure* de ressources/*modèles* de documents sous semblent aussi essentielles pour tout projet de transmission ou de mutualisation de ressources⁸.

Documentation communautaire, documentation individuelle

Il serait sans doute très important d'étudier les relations entre la documentation d'une communauté et la documentation de ses membres, entre un système documentaire communautaire et des systèmes documentaires individuels. Dans le cas de Marie-Françoise, nous avons pu observer dans son système documentaire une partie relative à son travail dans le SFoDEM, très structurée. La partie de son système documentaire qui lui est propre est beaucoup moins structurée, on peut faire à ce sujet trois observations :

- des relations avec la structure des ressources SFoDEM existent ponctuellement ;
- la nécessité d'explicitier des usages est nettement moindre pour un documentation personnelle, la mémoire didactique joue un rôle essentiel ;
- les usages des ressources que raconte Marie-Françoise ressemblent beaucoup aux usages du groupe SFoDEM dans lequel elle était une formatrice active.

Nous n'avons fait qu'esquisser cette étude, elle reste à réaliser, en particulier du point de vue de l'articulation entre les schèmes documentaires communautaires et individuels.

CONCLUSION

Au terme de ce cours, nous voulons d'abord faire un rapide bilan de ce que nous avons souhaité montrer.

Nous avons proposé une extension de l'approche instrumentale à l'ensemble de la documentation des professeurs de mathématiques, nous amenant à développer ce que l'on pourrait donc nommer une *approche documentaire*. Cette approche nécessite d'introduire une distinction entre les *ressources* disponibles et les *documents* construits par les professeurs dans un processus de *genèse documentaire*. Nous avons résumé ceci sous la forme d'une première équation : $document = ressources + schème\ d'utilisation$. Mais cette construction se déploie dans le temps, le document devient une nouvelle ressource, d'autres schèmes sont élaborés : ceci nous a conduits à considérer les genèses comme un processus en hélice, qui s'enroule autour d'un axe temporel. L'essentiel des schèmes d'utilisation est invisible. Les régularités visibles de l'activité du professeur sont les *usages* d'un ensemble de ressources, qui vont nous permettre d'inférer certains éléments invisibles. D'où une nouvelle équation, qui précise la précédente : $document = ressources + usages + invariants\ opératoires$.

Un document n'existe pas isolément ; il est intégré dans le *système documentaire* du professeur. Ce *système documentaire* a une structure qui lui est conférée par le *système d'activité professionnelle* correspondant. L'analyse des *familles d'activité* et *type de tâches didactiques* du professeur montre en particulier un point crucial de la structure du *système documentaire* du professeur : l'existence de *documents pivots*. Ces *documents pivots* occupent une place centrale dans le système documentaire du professeur, ils jouent un rôle charnière

⁸ Il est intéressant de ce point de vue de considérer la structure des ressources proposée par le projet MAGI (Restrepo, ce volume).

pour les autres documents, rôle qui est à considérer avec toute l'épaisseur temporelle associée (mémoire, intégration de nouvelles ressources). L'évolution des *systèmes documentaires* se réalise par un processus de *genèse documentaire* qui est au cœur du *développement professionnel* du professeur, et est en étroite relation avec son *monde personnel*. Mais il existe également des *mondes communs*, et les genèses documentaires ne sont pas uniquement individuelles. Des *genèses communautaires* se développent au sein de *communautés de pratiques*, engendrant des *systèmes documentaires communautaires*. Nous avons montré, dans le cas du SFoDEM, comment, pour ces systèmes communautaires, un *modèle* peut jouer le rôle de *document générateur* pour la communauté mais aussi pour chaque individu membre de la communauté.

Il est nécessaire, bien entendu, de poursuivre les travaux qui ont été présentés ici, d'approfondir et de mettre à l'épreuve les concepts de cette approche documentaire. Il ne s'agit pas d'un simple prolongement de travaux engagés. Ce que nous proposons est un renversement de point de vue : au lieu de voir le fondement du métier comme face aux élèves, et la documentation pour préparer cela, on considère au contraire que le cœur du métier, c'est le développement professionnel, et donc en particulier le processus documentaire. En se plaçant dans une position extrême, on peut considérer qu'il serait intéressant de revisiter des travaux de didactique des mathématiques sur l'activité des professeurs en interrogeant la documentation et d'observer ce que cela amène en termes d'évolutions théoriques.

Sans adopter cette position extrême, nous voulons insister sur la nécessité pour la recherche en didactique des mathématiques de davantage prendre en compte la documentation du professeur. Reconnaître cette nécessité conduit à accepter un travail délicat ; étudier les questions de documentation et de développement professionnel associé pose en effet des problèmes méthodologiques sensibles. Il s'agit d'observer des phénomènes qui s'inscrivent dans la durée, mais qui de plus se déploient dans une multitude de lieux, en dehors de la classe et au domicile des professeurs en particulier.

En dépit de ces difficultés, il nous semble que les évolutions actuelles des ressources, disponibles pour et conçues par les professeurs de mathématiques, constituent une véritable métamorphose qui rend essentiel ce changement de point de vue. La communauté des chercheurs en didactique des mathématiques devrait se saisir de ces questions. Ceci suppose de développer des collaborations avec d'autres spécialités : didactiques d'autres disciplines, sciences de l'éducation, EIAH, ingénierie documentaire... Ceci conduit aussi à interroger la documentation de nos propres communautés.

REFERENCES

- Assude, T. (2007). Teachers' practices and degree of ICT integration, à paraître dans les *actes du colloque CERME 5*, Larnaca, Chypre.
- Artigue, M., Bardini, C., Behaj, D., Cazes, C., Eckert, M., Gelis, J.-M., Haspekian, M., Lucas, D., Missenard, D., Souchard, L. (2006). *Analyse de ressources en ligne pour l'accompagnement scolaire en mathématiques*. En ligne : <http://iremp7.math.jussieu.fr/projetregion.html> (consulté le 15 janvier 2008).
- Assude, T., Mercier, A. (2007). L'action conjointe professeur-élèves dans un système didactique orienté vers les mathématiques, in G. Sensevy, A. Mercier (dir.), *Agir ensemble. L'action didactique conjointe du professeur et des élèves* (pp. 153-185). Rennes : Presses universitaires de Rennes.
- Bachimont, B. (2004). *Arts et sciences du numérique : ingénierie des connaissances et critique de la raison computationnelle*, Habilitation à diriger des recherches, Université Technologique de Compiègne.
- Balacheff, N. (1994). Didactique et intelligence artificielle, *Recherches en didactique des mathématiques* **14** (1/2), 9-42.
- Baron, M., Guin, D., Trouche, L. (dir.) (2007). *Environnements informatisés et ressources numériques pour l'apprentissage : conception et usages, regards croisés*. Paris : Hermès.
- Béguin, P. (2005). Concevoir pour les genèses instrumentées, in P. Rabardel, P. Pastré (dir.), *Modèles du sujet pour la conception. Dialectiques activités développement* (pp. 31-52). Toulouse : Octarès.
- Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble : La Pensée Sauvage.

- Bueno-Ravel, L., Gueudet, G. (2007). Online resources in mathematics: teachers' genesis of use, à paraître dans les *actes du colloque CERME 5*, Larnaca, Chypre.
- Butlen, D., Masselot, P., Robert, A., Vandebrouck, F. (2002). Deux exemples de routines : la gestion du tableau en seconde, la gestion par un professeur des écoles en première nomination d'une séance en CP. in J.-L. Dorier, M. Artaud, M. Artigue, R. Berthelot, R. Floris (dir.) *Actes de la XIème Ecole d'été de didactique des mathématiques, Corps* (pp. 221-230). Grenoble : La Pensée Sauvage.
- Cazes, C., Gueudet, G., Hersant, M., Vandebrouck, F. (2007). Using e-Exercise Bases in mathematics: case studies at university, *International Journal of Computers for Mathematical Learning* **11**(3), 327-350.
- Cecconi, S. (2007). Site personnel du dessinateur Serge Cecconi (IREM de Grenoble) dont certains dessins ont illustré la présentation du cours. <http://perso.orange.fr/serge.cecconi/cariboost2/index.html> (consulté le 17 janvier 2008).
- Clot, Y. (2007). De l'analyse des pratiques au développement des métiers. *Education et didactique* **1**(1), 83-93.
- 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. (1998). Familiale et problématique, la figure du professeur. *Recherches en Didactique des Mathématiques* **17** (3) 7-16.
- Chevallard, Y. (2002). Ecologie et régulation, in J.-L. Dorier, M. Artaud, M. Artigue, R. Berthelot, R. Floris (dir.) *Actes de la XIème Ecole d'été de didactique des mathématiques, Corps* (pp.41-56). Grenoble : La Pensée Sauvage.
- Chevallard, Y. (2005). Steps towards a new epistemology in mathematics education, *Actes du colloque CERME 4*, San Feliu de Guixols, Espagne.
- Contamines, J., George, S., Hotte, R. (2003). Approche instrumentale des banques de ressources éducatives, *Sciences et Techniques Educatives, Hors série, XML et éducation*, 157-178.
- Crozat, S. (2007). Bonnes pratiques pour l'exploitation multi-usages de contenus pédagogiques : la raison du calcul est toujours la meilleure, in M. Baron, D. Guin, L. Trouche (dir.), *Environnements informatisés et ressources numériques pour l'apprentissage : conception et usages, regards croisés* (pp. 255-286). Paris : Hermès.
- Educnet, site du Ministère de l'Éducation National français pour les technologies de l'information et de la communication, <http://www.educnet.education.fr/> (consulté le 15 janvier 2008).
- Folcher, V. (2005). De la conception pour l'usage au développement de ressources pour l'activité, in P. Rabardel, P. Pastré (dir.) *Modèles du sujet pour la conception* (pp. 189-210). Toulouse : Octarès.
- Forte E., Wentland M., Duval E. (1997). The ARIADNE Project: knowledge pools for computer based and telematics supported classical, open and distance education, *European Journal of Engineering Education* **22**, (1), pp. 61-74.
- 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. (2007). Une approche multidimensionnelle pour la conception collaborative de ressources pédagogiques, in M. Baron, D. Guin, L. Trouche (dir.), *Environnements informatisés et ressources numériques pour l'apprentissage : conception et usages, regards croisés* (pp. 197-228). Paris : Hermès.
- Guin, D., Joab, M., Trouche L. (2008). *Conception collaborative de ressources pour l'enseignement des mathématiques, l'expérience du SFoDEM (2000-2006)*, cédérom. Lyon : INRP et Montpellier : IREM, Université Montpellier 2.
- Haspekian, M. (2007). Intégration d'outils informatiques dans l'enseignement des mathématiques. Etude du cas des tableurs, in G. Gueudet, Y. Matheron (dir.) *Actes du séminaire national de didactique des mathématiques 2006*, (pp. 245-269). IREM Paris 7.
- Lagrange, J.-B., Bessières, D., Blanchard, M., Loisy, C., Vandebrouck, F. (dir.) (2007). *Genèses d'usages professionnels des technologies chez les enseignants*, rapport intermédiaire de l'ACI GUPTEN, <http://gupten.free.fr> (consulté le 15 janvier 2008).
- LOM-FR, présentation du schéma LOM sur le site Educnet, <http://www.educnet.education.fr/dossier/metadata/lom2.htm> (consulté le 15 janvier 2008).
- Margolinas, C. (2002). Situations, milieux, connaissances. L'activité du professeur, in J.-L. Dorier, M. Artaud, M. Artigue, R. Berthelot, R. Floris (dir.) *Actes de la Xème Ecole d'été de didactique des mathématiques, Corps*, (pp.141-155). Grenoble : La Pensée Sauvage.
- Margolinas, C., Canivenc B., de Redon, M.-C., Rivière, O., Wozniak, F. (2007). Que nous apprend le travail mathématiques hors classe des professeurs pour la formation des maîtres ? *31^{ème} colloque Inter-IREM des formateurs et professeurs chargés de la formation des maîtres*, pp. 1-19.
- Mathenpoche, site de la base d'exercices, <http://mathenpoche.sesamath.net/> (consulté le 15 janvier 2008).
- Pastré, P. (2005). Genèse et identité, in P. Rabardel, P. Pastré, *Modèles du sujet pour la conception. Dialectiques activités développement* (pp. 231-269). Toulouse : Octarès.
- Pédaque, R. T. (coll.) (2006). *Le document à la lumière du numérique*. Caen : C & F éditions.
- Pédaque, R. T. (coll.) (2007). *La redocumentarisation du monde*. Toulouse : Cépadiués éditions.
- 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.), *Xème école d'été de didactique des mathématiques* (pp. 202-213). Caen : IUFM.
- Rabardel, P. (2005). Instrument subjectif et développement du pouvoir d'agir, in P. Rabardel, P. Pastré (dir.), *Modèles du sujet pour la conception. Dialectiques activités développement* (pp. 11-29). Toulouse : Octarès.

- Rabardel, P., Bourmaud, G. (2005). Instruments et systèmes d'instruments, in P. Rabardel, P. Pastré (dir.), *Modèles du sujet pour la conception. Dialectiques activités développement* (pp. 211-229). Toulouse : Octarès.
- Remillard, J.T. (2005). Examining key concepts in research on teachers' use of mathematics curricula, *Review of Educational Research* **75** (2), 211-246.
- Robert, A., Rogalski J. (2002). Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques : une double approche, *Revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies* **2** (4), 505-528.
- Ruthven, K., Henessy, S., Deaney, R. (2005). Incorporating Internet resources into classroom practice: pedagogical perspectives and strategies of secondary-school subject teachers, *Computers & Education* **44**, 1-34.
- Ruthven, K. (2007). Teachers, technologies and the structures of schooling, à paraître dans les *actes du colloque CERME 5*, Larnaca, Chypre.
- Salin, M.-H. (1999). Pratiques ostensives des enseignants, in G.Lemoyne et F.Conne (dir.) *Le cognitif en didactique des mathématiques* (pp.327-352). Les presses de l'Université de Montréal.
- Sésamath, site de l'association Sésamath, <http://www.sesamath.net/> (consulté le 15 janvier 2008)
- Souchier, E., Jeanneret, Y., Le Marec, J. (dir.). (2003). *Lire, écrire, récrire. Objets, signes et pratiques des médias informatisés*. Paris : Bibliothèque publique d'information.
- Vasquez Bronfman S. (2000). Le practicum 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.), *École d'été de didactique des mathématiques* (pp. 174-185). Clermont-Ferrand : IREM, Université Clermont-Ferrand 2.
- Wenger, E. (1998). *Communities of practice. Learning, meaning, identity*. New-York: Cambridge University Press.

ANNEXE A : GUIDE UTILISÉ LORS DES ENTRETIENS

Les professeurs sont interrogés chez eux, là où sont tous leurs documents, dans leur bureau, près de leur ordinateur connecté - méthodologie inspirée de (Margolinas et al. 2007) ; l'entretien est enregistré, et des photos sont prises au cours de l'entretien.

Premier temps : inventaire en termes de production et tri.

On demande aux professeurs ce qu'ils ont utilisé comme document pour préparer la classe et/ou faire la classe depuis le début de l'année, sous la forme :

Pour faire la classe, depuis le début de l'année, vous vous êtes appuyé sur des documents (livre, document personnel, site...), pouvez-vous nous dire lesquels ?

- - le plus important, cela a été
- - ensuite il y a ...

Deuxième temps, visite guidée

On demande aux professeurs de faire la visite de trois documents (livre, site, fiche) les plus importants pour eux cette année

- d'abord, on laisse le professeur proposer ces documents ;
- ensuite, s'il n'a pas proposé de documents qu'il a lui-même élaboré, on lui en demande.

Pour chacun des documents présentés, on demande alors :

- si c'est un document non personnel (livre, site), on demande comment il a été trouvé, choisi et comment il est utilisé (annoté pour un livre, recomposé, photocopié, etc.
- si c'est un document conçu personnellement, on demande :
 - quelles sources ont été utilisées
 - comment il a été élaboré : seul ou à plusieurs, avec qui
 - où il est rangé
 - comment il a été utilisé: par qui, combien de fois, est-ce qu'il a été changé a posteriori, utilisé seul ou en association avec d'autres documents
 - son avenir prévu, diffusion en particulier

Troisième temps

On pose deux questions sur le passé :

- il y a 10 ans, vos réponses auraient été différentes ? En quoi ?
- est-ce qu'il y a des ressources pour le professeur qui vous ont particulièrement marqué ? Pouvez-vous en citer deux ?

On pose deux questions sur le futur :

- La ressource de vos rêves pour le professeur, ce serait quoi ?
- qu'est-ce que vous pensez que seraient vos réponses dans 10 ans ? Quel genre de sources vous utiliserez, comment est-ce que vous aurez accédé à ces sources, quels genres de documents vous élaborerez, est-ce que ces documents seront diffusés, et comment ? Est-ce que le travail correspondant (recherche de sources, élaboration de documents) sera fait seul, ou à plusieurs ?

ANNEXE B : RECAPITULATIF DES PROFESSEURS INTERROGES

Professeur	Age	Etablisst	Communautés Position institutionnelle Degré d'intégration des TICE.
Arnaud	47	Lycée	Formateur en formation continue. Degré faible.
Anaïs	57	Lycée	Stagiaire SFoDEM, responsable APMEP. Jury CAPES Interne. Degré moyen.
Benoîte	52	Collège	Inscrite MEP. Degré moyen
Céline	36	Collège	Animatrice IREM, inscrite MEP. Ex-conseillère TICE. Degré fort
Frédéric	50	Collège	Animateur IREM. Degré faible.
Ingrid	27	Lycée	Animatrice IREM, testeuse 3DGeom. Degré fort
Marie-Pierre	40	Collège	Animatrice IREM, membre APMEP, inscrite MEP. Degré fort
Marie-Françoise	54	Lycée	Ex-formatrice SFoDEM, testeuse e-Colab, responsable IREM. Formatrice formation continue. Degré fort.
Sonia	50	Collège	Professeur associé INRP. Ex-mission TICE. Degré fort.

ANNEXE C : TEXTE DU QUESTIONNAIRE (JUN 2007)

Petites questions dans le cadre d'une étude sur le travail enseignant (collège, lycée)*G. Gueudet et L. Trouche*

Une grande partie du travail du professeur se déroule hors de la classe : préparation de cours et correction de copies sont les tâches les plus connues, mais il y a aussi beaucoup d'autres choses, et cela dépend des habitudes professionnelles de chacun : consultation de documents (sur papier ou sur Internet), concertation avec des collègues, appropriation de nouveaux outils (logiciels, calculatrices...), élaboration d'une progression, communication avec les parents, l'administration, etc.

Pouvez-vous lister ce que sont, pour vous, les principales activités professionnelles hors classe, en les rassemblant par groupes d'activités de même type ?

Par exemple (le regroupement d'activités ci-dessous est purement indicatif : pour certains collègues, un devoir maison n'entre pas dans le cadre de l'évaluation, etc.) :

Groupes d'activités	Activités
Evaluation des élèves	Choix des devoirs maison, correction des devoirs maison, choix des interrogations en classe, correction, choix collectif des devoirs commun avec d'autres collègues, etc.

Et pour vous ? (merci de remplir le tableau ci-dessous et d'utiliser le verso de la feuille si besoin !)