

**RESSOURCES EN LIGNE ET TRAVAIL COLLECTIF ENSEIGNANT :  
ACCOMPAGNER LES ÉVOLUTIONS DE PRATIQUES**

**Ghislaine Gueudet\*, Luc Trouche\*\***

\* CREAD  
IUFM Bretagne UBO  
153 rue Saint Malo  
35043 RENNES CEDEX  
FRANCE  
Ghislaine.Gueudet@bretagne.iufm.fr

\*\* EducTICE  
INRP  
19 allée de Fontenay, BP 17424  
69347 LYON CEDEX 07  
FRANCE  
Luc.Trouche@inrp.fr

---

**Mots-clés :** Démarche expérimentale, Enseignement des mathématiques, Genèses documentaires, Ressources en ligne, Travail collectif enseignant.

**Résumé.** Le développement de l'Internet rend disponible pour les professeurs un foisonnement de ressources. Il amène des modifications dans leur travail, et contribue à l'essor du collectif dans l'enseignement. Cette communication expose une approche théorique, l'approche documentaire du didactique, visant à étudier ces phénomènes. Elle présente également l'exploitation de cette approche pour l'étude d'un dispositif innovant de formation continue : le programme Pairform@nce. Nous analysons, dans des collectifs de professeurs, les interactions entre usages de ressources et connaissances professionnelles. Nous étudions plus précisément le cas d'une formation destinée à des professeurs de mathématiques de collège, et visant la mise en œuvre de démarches expérimentales en classe, utilisant des logiciels de géométrie dynamique.

---

Le développement de l'Internet rend disponible pour les professeurs un foisonnement de ressources. Il amène des modifications dans le travail des professeurs, et contribue à l'essor du collectif dans l'enseignement. L'analyse de ces changements profonds nécessite de nouvelles approches théoriques, nous en proposons une dans la première partie de cette communication. Nous utilisons ensuite cette approche pour analyser un dispositif de formation continue reposant sur le travail collectif d'équipes de stagiaires, et exploitant une plate-forme distante permettant le partage de ressources. Nous présentons ce dispositif en partie 2, et considérons plus précisément, en partie 3, les processus à l'œuvre dans une formation donnée.

### **1. Une nouvelle approche théorique, sensible aux formes co-actives du travail des professeurs**

Les études didactiques s'intéressent en général au travail *du* professeur dans sa classe, utilisant un ensemble *circonscrit* et *stable* de ressources. A l'encontre de ce point de vue, le développement du numérique a mis en évidence deux phénomènes majeurs, le foisonnement des ressources et l'émergence du collectif, supposant un renouvellement théorique.

Le professeur est aux prises avec un ensemble de ressources, abondantes et en évolution rapide, qui ne s'imposent pas à lui, mais sont autant de *propositions* pour la production de son enseignement. C'est l'intérêt pour les conséquences de cette situation qui nous a amenés à développer une approche spécifique, l'*approche documentaire du didactique* (Gueudet & Trouche 2010a). Celle-ci s'appuie sur l'approche instrumentale, telle qu'elle a été développée par Rabardel

(1995) en ergonomie cognitive, puis intégrée en didactique des mathématiques (Guin & Trouche 2002). Rabardel distingue un *artefact*, disponible pour un sujet donné, et l'*instrument* que ce sujet construit, à partir de cet artefact, dans le cours de son action située. Ces processus de développement, les *genèses instrumentales*, reposent, pour un individu donné, sur l'appropriation et la transformation de l'artefact, pour réaliser une tâche ou résoudre un problème donné, à travers une variété de contextes d'usage. À travers cette variété de contextes se constituent des *schèmes* d'utilisation de l'artefact : un schème (Vergnaud 1996) est une organisation invariante de l'activité, qui comporte notamment des *règles d'action*, et est structurée par des *invariants opératoires* qui se forment au cours de, et qui pilotent, cette activité, dans différents contextes rencontrés pour la même classe de situations. Ces schèmes sont ainsi proches de ce que Grangeat (2009) définit comme savoirs-processus.

On peut représenter un instrument par l'équation synthétique :  $instrument = artefact + schème$ . Cette approche distingue aussi, au cœur des genèses instrumentales, deux types de 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).

L'approche documentaire prolonge cette perspective instrumentale. Elle considère que le cœur de l'activité du professeur est le *travail documentaire*, qui consiste à rechercher, associer, concevoir, partager, réviser les ressources de son enseignement. Au cours de ce travail, le professeur interagit avec des ensembles de ressources. Ces ressources peuvent être des artefacts ; elles recouvrent cependant une réalité plus large : ainsi la réaction d'un élève est une ressource essentielle pour le professeur. Au cours de ces interactions, le professeur développe ce que nous avons appelé un *document*, qui intègre à la fois les ressources recombinaisons et les schèmes d'utilisation, saturés d'expérience et de connaissances professionnelles. Ces processus de développement des ressources vers les documents, les *genèses documentaires*, combinent aussi instrumentation et instrumentalisation, et sont sensibles au contexte et aux formes de l'activité (Figure 1).

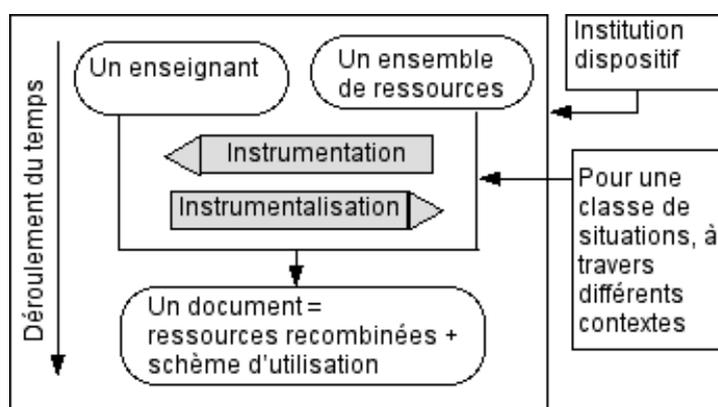


Figure 1. Représentation schématique d'une genèse documentaire

Comme le souligne Grangeat dans sa communication (ce symposium), pour comprendre l'individu au travail, il faut tenir compte du contexte de ce travail, et des interactions avec ce contexte. Ainsi nous considérons d'une part que les interactions en classe avec les élèves constituent des ressources essentielles pour le professeur ; d'autre part que l'ensemble des processus que nous étudions se déroulent dans un environnement institutionnel qui contribue à les façonner. Entre ces deux niveaux : l'intérieur de la classe, et l'environnement institutionnel général, nous portons une attention spécifique aux collectifs de professeurs.

L'approche instrumentale est enracinée dans la théorie de l'activité, telle qu'introduite par Vygotski (1978), et développée par Leont'ev (1979). Nous appuyant sur cette approche, nous considérons ainsi que l'activité du professeur doit être étudiée comme une activité sociale, en portant attention aux différents collectifs susceptibles d'y intervenir. Dans le même sens, la théorie

de l'activité, complétée par Engeström (1999), souligne la nécessité de considérer la communauté des professionnels.

Le professeur ne travaille pas que pour lui et il ne travaille pas seul. Tout professeur entretient nécessairement des relations de travail avec ses élèves et ses collègues, en lien avec son travail documentaire. Le numérique suscite, de plus, différentes formes de collectif plus ou moins diffuses, comme le relève Pédaque (2006, p. 12) : « Voilà donc ce que change la numérisation : elle fabrique des communautés virtuelles, flottantes, illimitées, insaisissables », ou, en ce qui concerne l'enseignement, Pochard (2008) qui souligne une « dynamique du collectif ». Ce sont des formes co-actives du collectif que nous considérerons ici, puisque c'est le travail documentaire collectif qui donne matière à leur développement. Ces formes sont très diverses : participation à des listes de diffusion, conception collaborative de ressources dans le cas d'associations d'enseignants (Gueudet & Trouche 2010b), interactions dans des espaces numériques de travail propres à des établissements scolaires, dispositifs de formation...

La prise en compte nécessaire de ces formes collectives de travail documentaire entraîne une complexification de l'étude des genèses documentaires : complexité des ensembles de ressources (pour un collectif donné, les ressources des professeurs impliqués sont plus ou moins communes), complexité des collectifs (un professeur donné est toujours partie prenante d'un ensemble de regroupements - ses classes, les équipes des professeurs de ses classes, etc.), complexité des temps (ils ne sont pas les mêmes, pour un professeur qui rencontre ses classes tous les jours, et pour des collectifs de professeurs qui se réunissent, en présence ou à distance, de façon moins réglée).

Parmi ces collectifs, nous nous intéressons plus particulièrement aux *communautés de pratique* (Wenger 1998). Les communautés de pratique (CoP) sont des collectifs, souvent professionnels, qui se caractérisent par un *engagement partagé* de leurs membres, *collaborant* à un projet commun. Cet engagement et cette *participation* active à une entreprise collective s'accompagnent 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). La théorie des communautés de pratique est une théorie sociale de l'apprentissage : les membres des communautés co-construisent le sens des objets qu'ils rencontrent. Ainsi la réification, selon Wenger, ne signifie pas simplement la cristallisation d'objets, mais également la construction de sens associé à ces objets. Dans le cadre de l'approche documentaire, nous préférons ainsi parler de documentation communautaire, pour souligner le caractère 'vivant' de ce processus et de ses résultats. La dualité participation/réification introduite par Wenger est vue ici comme l'émergence conjointe d'une communauté d'enseignants et de la documentation de cette communauté, dans des processus de genèses documentaires communautaires.

Nous allons illustrer ces éléments théoriques par l'étude d'un dispositif de formation spécifique.

## 2. Parcours de formation continue et démarches expérimentales en mathématiques

### 2.1 Le programme national Pairform@nce et le projet INRP-Pairform@nce

Le programme Pairform@nce<sup>1</sup> du Ministère de l'Education nationale propose des parcours de formation continue, visant l'intégration des TICE à tous les niveaux scolaires et pour toutes les disciplines. Un parcours de formation continue donne la structure d'une formation à mettre en œuvre dans une académie ; cette formation, en partie à distance et exploitant une plateforme collaborative, repose sur un principe de conception collaborative<sup>2</sup>, par les stagiaires, de séquences de classe intégrant les TICE. Tous les parcours sont structurés selon 7 étapes : introduction, choix des thèmes et formation des équipes, auto-formation et co-formation, production collective d'une

---

1 <http://www.pairformance.education.fr>

2 Cette dimension collaborative est d'ailleurs affichée dans le nom même du dispositif, **Pairform@nce**, qui sous-entend ainsi que la collaboration entre pairs est une modalité de formation des enseignants.

séquence pédagogique, mise en œuvre de cette séquence, retour réflexif et évaluation. Le libellé de ces étapes montre bien que le programme Pairform@nce peut être ainsi considéré comme une prise en compte institutionnelle des apports possibles du travail collectif enseignant et de l'Internet comme outil susceptible de susciter ce travail et permettant de l'accompagner. De plus, les formations Pairform@nce sont en cohérence avec l'objectif de co-construction, par les stagiaires (ici des enseignants en formation continue), de significations communes.

Dans le cadre d'un partenariat recherche-développement avec la SDTICE<sup>3</sup>, plusieurs équipes<sup>4</sup> associées à l'INRP ont travaillé en 2007-2008 à la conception de trois parcours pour le second degré : deux en mathématiques, un en géologie/géographie (Gueudet *et al.* 2009). Ces parcours ont été simultanément conçus et testés, puis publiés sur la plate-forme nationale Pairform@nce. Ils ont donné lieu, en 2008-2009 et en 2009-2010, à des formations continues dans le cadre des Plans Académiques de Formation de Lyon, Montpellier et Rennes. Dans cette présentation, nous nous centrons sur un parcours intitulé "Travaux Pratiques avec un logiciel de géométrie dynamique" (noté TPGéom par la suite), qui vise un double changement de pratique, pour des professeurs de collège en mathématiques : l'intégration de logiciels de géométrie dynamique, et le développement d'une démarche expérimentale prenant appui sur ce type de logiciel. Nous précisons, dans la section suivante, ce que nous entendons par démarche expérimentale, dans le cadre des mathématiques, et en quoi les logiciels de géométrie sont susceptibles d'intervenir dans une telle démarche.

## 2.2 Démarches expérimentales en mathématiques et logiciels de géométrie dynamique

Depuis les années 2000, les programmes de mathématiques incitent au recours à une « approche expérimentale ». Les programmes de collège de 2008 proposent des démarches communes aux mathématiques et aux sciences expérimentales, sous l'appellation de « démarches d'investigation ». Il s'agit d'« identifier un problème, expérimenter sur des exemples, conjecturer un résultat, bâtir une expérimentation, mettre en forme une solution, contrôler les résultats obtenus et évaluer leur pertinence en fonction du problème étudié ». Ces démarches d'investigation sont supposées favoriser « la construction du savoir par l'élève ». Celles-ci peuvent d'ailleurs permettre de valider certaines compétences du socle commun, comme par exemple « Résoudre un problème », sans que la solution mathématique experte ne soit maîtrisée par les élèves. Il est par ailleurs indiqué que « tous les objets d'étude ne se prêtent pas également à [leur] mise en œuvre ». Ici nous retiendrons plutôt le vocabulaire de « démarche expérimentale », pour le cas des mathématiques, car celui-ci est plus couramment utilisé dans les recherches en didactique sur ce thème (Brousseau 1998, Perrin 2007 ; voir également Kuntz 2007 pour une synthèse).

L'expérimentation, en mathématiques, prend des formes spécifiques. Il peut s'agir de tester une conjecture sur des exemples numériques ; il peut y avoir une nécessité de modélisation, comme dans le cas de la simulation en statistique (une forme d'expérimentation qui suppose le choix d'un modèle probabiliste). En géométrie, les élèves peuvent réaliser des figures, observer leurs propriétés, en inférer des résultats généraux ... Cependant la géométrie au collège est également le lieu de l'initiation à la démonstration et à l'établissement de raisonnements rigoureux. Ainsi le travail sur des démarches expérimentales en géométrie soulève des questions délicates pour les professeurs : quels énoncés choisir, quelles doivent être les exigences de rigueur ? Comment articuler investigation et démonstration ? Comment insérer cette démarche dans la progression annuelle ? Quels sont les apports en termes d'apprentissage pour les élèves et comment les évaluer ? Pour certains enseignants, la démarche expérimentale entre en contradiction avec leurs représentations de ce que sont les mathématiques, et la géométrie en particulier (Dias 2005) – ceci indique la nécessité de formations continues spécifiques.

---

3 Sous-direction des technologies de l'information et de la communication pour l'éducation, MEN.

4 Les IREM (Instituts de Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques) de Montpellier et de Rennes, l'IUFM de Bretagne et le CREAD (Université de Bretagne Occidentale).

Les logiciels de géométrie dynamique peuvent apparaître comme une composante utile à la mise en place de démarches expérimentales, permettant de construire et de déplacer à volonté les figures, ces déplacements respectant les propriétés géométriques qui ont été définies dans le processus de construction. Ces possibilités de varier les exemples facilitent à la fois la mise en place d'une conjecture par les élèves et un contrôle de la validité (ou de l'invalidité) de celle-ci. Cependant les logiciels de géométrie dynamique peinent encore à s'intégrer dans les classes, en dépit des incitations institutionnelles. De plus le recours à ces logiciels, pour appuyer des démarches expérimentales, amène de nouvelles questions : comment l'utilisation de logiciels peut-elle permettre aux élèves d'apprendre des mathématiques et dans quelles conditions ? Comment intégrer ces logiciels dans l'enseignement ? L'enseignant doit donc penser les situations choisies en fonction, non seulement des finalités d'apprentissage, mais aussi des compétences techniques des élèves et lui-même doit avoir développé ses propres aptitudes à l'usage de ces outils.

Ainsi le développement des démarches d'investigation, avec des logiciels de géométrie dynamique, représente une double difficulté pour l'enseignant. Parmi les questions abordées dans ce symposium, celles que nous étudions relèvent donc essentiellement de "la collaboration des enseignants d'un même domaine disciplinaire en vue de modifier des pratiques professionnelles". Selon la perspective théorique exposée ci-dessus, ces questions peuvent se formuler comme : "quelles ressources du parcours de formation sont susceptibles d'assister le travail documentaire collectif des professeurs, et les genèses associées ?".

### 2.3 Le parcours « Concevoir et mettre en œuvre des travaux pratiques en salle informatique avec un logiciel de géométrie dynamique »

Le travail prévu lors de la formation propose la réalisation, par chaque équipe de stagiaires, d'une séquence de classe qui sera testée par un ou plusieurs membres de l'équipe. Il alterne des périodes en présence (trois journées) et à distance (étalées sur treize semaines, hors vacances scolaires). Le principe même de la formation est donc tourné vers le travail documentaire collectif, qui est vu ici à la fois comme un moyen et un objectif de formation. Des temps de formation en présence permettent un travail à l'intérieur des équipes, ainsi que des échanges entre équipes. Pour faciliter la communication, à l'interne et à l'externe, un modèle commun de description de séquences de classe est proposé, il peut être modifié au cours de la formation en fonction des propositions des stagiaires. Il constitue une ressource essentielle pour qu'un stagiaire, ou une équipe, puisse formuler ou comprendre des propositions. Ce modèle comporte des rubriques spécifiques à la mise en œuvre d'une démarche expérimentale ; ainsi l'emploi même de cette ressource, dans un mouvement d'instrumentation, amène les stagiaires à développer une vigilance particulière à l'égard de cette démarche.



Figure 2. Le parcours TPGéom, étape 4.

Lors de la première journée présentielle, un problème est proposé ; les stagiaires sont invités à concevoir un scénario de classe pour la mise en œuvre de ce problème avec des élèves, intégrant une démarche expérimentale. Ce travail permet l'appropriation du modèle de description de séquence, et un premier questionnement sur ce qui caractérise une démarche expérimentale en mathématiques. Les scénarios sont achevés à distance par les équipes de stagiaires, et sont présentés et débattus lors de la deuxième journée présentielle (ceux-ci ne donnent pas nécessairement lieu à une mise en œuvre en classe). Au cours des échanges sur les scénarios proposés, il est demandé aux stagiaires de systématiquement souligner les aspects liés à une démarche expérimentale. C'est également lors de la deuxième journée que débute le travail de préparation de la séquence que réalisera l'équipe ; cette séquence, testée en classe, donne lieu à une observation par un membre de l'équipe, pour laquelle est proposé un modèle de grille d'observation. Elle est présentée et discutée lors de la troisième journée. Pour permettre les échanges lors des périodes distantes, un espace pour le dépôt de fichiers est proposé, et un forum est prévu sur la plate-forme. Le parcours propose ainsi un objectif de travail partagé, une organisation du travail collectif et différents espaces pour son déroulement, mais également des ressources pour assister le travail documentaire des équipes : ainsi le modèle de description est essentiel pour permettre la communication.

Cette formation vise le développement de communautés de pratiques de stagiaires, et la construction simultanée, au sein de ces communautés, du sens des démarches expérimentales avec un logiciel de géométrie dynamique. Nous en étudions ci-dessous une mise en œuvre.

### **3. Mise en œuvre du parcours, conception collaborative de séquences**

Nous nous basons ici sur des observations réalisées lors de la mise en œuvre du parcours dans l'académie de Rennes, en 2008-2009. Les données que nous avons recueillies sont les productions des stagiaires sur la plate-forme. Celles-ci comportent en particulier les grilles d'observation qui ont été remplies lors des séances observées. Nous avons par ailleurs demandé aux stagiaires de nous mettre systématiquement en copie lors de leurs échanges de mails, et nous leur avons proposé un questionnaire final à l'issue de la formation. Nous avons de plus participé aux formations (en tant que formateurs), et avons à cette occasion relevé l'essentiel des arguments échangés par les stagiaires. Neuf équipes de stagiaires ont suivi la formation ; pour quatre d'entre elles, au moins deux stagiaires travaillaient dans le même collège (selon les choix des concepteurs, ceci devrait être réalisé dans toutes les équipes, pour favoriser le travail collectif ; mais les conditions du plan académique de formation ne l'ont pas permis).

Les temps de travail en présence jouent un rôle essentiel dans la formation : ils permettent aux stagiaires de se rencontrer, et de rencontrer les formateurs, ce qui facilite ensuite les échanges distants ; ils permettent également que soient initiés des débats, qui contribuent à l'évolution du sens des démarches expérimentales.

Ainsi lors de la deuxième journée de formation, des échanges ont eu lieu au sujet de l'une des mises en œuvre proposées, pour un énoncé intitulé « la rivière ». Cette mise en œuvre recourait en particulier à une figure animée de type « boîte noire » (Dahan 2005, Clerc 2006), c'est-à-dire une figure construite par l'enseignant, et dans laquelle le procédé de construction a été caché. Il s'agit alors pour l'élève, non pas de trouver lui-même une idée de construction, mais de manipuler la figure dynamique proposée pour découvrir comment elle a été construite. Cet exemple a été choisi par les formateurs parce que les boîtes noires amènent des réactions parfois vives des stagiaires, et sont donc propices au débat. Nous donnons ci-dessous l'extrait d'un échange entre un stagiaire et le formateur présentant cet exemple (S est le stagiaire et F le formateur) :

S : Ici on les [les élèves] fait tâtonner, alors qu'en mathématiques on doit leur apprendre à avoir un raisonnement logique...

F : Le tâtonnement permet de justifier la démarche experte qu'on mettra en place après !

S : Oui mais l'ordinateur permet juste de manipuler. Les maths c'est pas la physique ! En physique on fait des observations. C'est ça là, on fait une observation. Ce n'est pas une démarche déductive. C'est pas ce que je ferais avec mes élèves, je les ferais travailler avec les outils qu'ils connaissent. C'est des enfants, c'est pas des adultes. Quand on parle de recherche, de quoi on parle ? Quand je leur dit chercher un problème de géométrie, c'est chercher à déduire.

Nous faisons l'hypothèse que cet enseignant a développé un invariant opératoire du type : « la résolution d'un problème de mathématiques par les élèves doit donner lieu à une démarche déductive ». Dans le même échange, d'autres enseignants ont souligné au contraire qu'il était intéressant d'introduire une démarche comme celle proposée avec la boîte noire, peu répandue en mathématiques. Ainsi le travail documentaire commun dans les équipes a nécessairement amené la confrontation de ces opinions diverses, dans une négociation du sens qui a amené certaines évolutions de connaissances professionnelles et de pratique des stagiaires. Nous nous penchons dans un premier temps sur l'intégration des ressources du parcours dans le travail documentaire des stagiaires et les genèses associées ; nous examinons ensuite les séquences conçues par les stagiaires, pour en inférer des évolutions de pratique et de connaissances professionnelles.

Dans les quatre équipes comportant deux stagiaires du même collège, des observations de séances ont été réalisées ; en revanche pour deux des cinq équipes dont les membres appartenaient tous à des établissements différents, ces observations n'ont pas été possibles. Toutes les équipes ont utilisé le modèle de fiche de description de séquence ; certaines l'ont complété, dans un mouvement d'instrumentalisation, notamment en ajoutant une rubrique mentionnant les compétences du socle commun en jeu dans la séquence. Dans le questionnaire, tous les stagiaires déclarent que ce modèle est utile pour les échanges ; ceux qui ont réalisé des observations soulignent l'intérêt de ce dispositif, et du modèle proposé pour guider les observations. En revanche le forum a été peu utilisé : les stagiaires trouvaient plus simple d'échanger par mail, en s'envoyant les supports préparés comme fichiers attachés. Une équipe a utilisé le blog d'une de ses membres, qui permettait le dépôt de fichier et l'écriture de commentaires, plus soupagement que la plate-forme de la formation. Ce blog s'est ainsi constitué en ressource pour la formation ; de même, plusieurs stagiaires habitués à l'emploi des logiciels de géométrie dynamique ont déposé sur la plate-forme des fichiers qu'ils utilisaient usuellement avec leurs élèves (par exemple des activités de prise en main du logiciel pour les élèves). Les stagiaires se sont approprié la plate-forme, surtout comme lieu d'échanges entre équipes et avec les formateurs. Dans un mouvement d'instrumentalisation, certains ont alimenté les ressources disponibles sur la plate-forme, ressources que d'autres se sont appropriées. Il s'agit d'une forme essentielle de travail collectif : l'enrichissement des ressources de chacun, susceptible de donner lieu à des genèses faisant évoluer les connaissances professionnelles. Ce phénomène relève de l'extension du champ des éléments contextuels pris en compte par les professeurs pour réguler leur action, conséquence de l'organisation proposée par la formation (Grangeat & Gray 2007).

Du point de vue de l'émergence de communautés de pratique, les équipes partagent certes une entreprise commune, elles ont développé un répertoire partagé ; cependant dans les questionnaires, les stagiaires déclarent ne pas envisager de poursuivre un travail collectif, sauf dans le cas de groupes de collègues du même établissement. Cette observation souligne encore l'importance de *la présence* pour un tel travail : l'existence de moyens de communication distante ne suffit pas à la construction commune entre des professeurs qui n'ont pas par ailleurs l'occasion de se rencontrer. En termes d'évolutions de pratique, tous les stagiaires ont utilisé en classe avec leurs élèves, au cours de la formation, l'un des logiciels de géométrie dynamique proposés. Toutes ces utilisations ont de plus amené les élèves eux-mêmes à manipuler le logiciel, dépassant donc la simple observation d'une figure construite par le professeur et projetée au tableau, modalité d'emploi d'un logiciel de géométrie dynamique largement répandue.

En ce qui concerne les thèmes des séquences, pour 5 équipes sur les 9, il s'agit de l'introduction d'une nouvelle propriété du cours : aire du triangle ou du parallélogramme, cosinus, angle au centre. Dans ces équipes, les stagiaires considèrent que la démarche expérimentale peut être utile à

la découverte d'une nouvelle propriété. Les quatre autres équipes ont proposé des situations dans lesquelles les élèves réinvestissaient des connaissances du cours. Dans tous les cas, les démarches expérimentales étaient donc intégrées dans la progression normale des apprentissages. Doit-on en conclure que l'invariant opératoire « chaque élément de l'enseignement doit permettre d'avancer dans l'apprentissage des notions au programme » est partagé par les stagiaires à l'issue de la formation ? Il nous semble que ce choix résulte plutôt de compromis, dans une volonté de bonne entente dans les équipes, mais ne témoigne pas nécessairement du développement de nouveaux schèmes.

Les dimensions expérimentales proposées dans les séquences restent limitées. Pour deux équipes sur les neuf, une figure animée a été construite par le professeur avec le logiciel de géométrie, et il s'agit seulement pour les élèves de la manipuler, et d'observer les effets du déplacement pour formuler une conjecture. Dans cinq autres équipes, les élèves construisent eux-mêmes ou, au moins, complètent la figure dynamique, mais son emploi est encore limité à des phases de conjecture. Seules deux équipes prévoient une dimension empirique, soutenue par une intervention du logiciel, dans la validation d'une conjecture. Dans les questionnaires, les enseignants soulignent qu'ils ont plutôt centré leur attention sur l'appropriation de fonctionnalités du logiciel que sur les démarches d'investigation.

On peut considérer que, à l'issue de la formation, un invariant opératoire du type : « la construction et la manipulation d'une figure dynamique permettent aux élèves de formuler des conjectures en géométrie » est partagé par l'ensemble des stagiaires. Cet invariant était présent dès le début chez certains ; d'autres l'ont développé au cours de travail collectif. Il s'insère désormais dans un (ou plusieurs) schèmes pour ces stagiaires, par exemple pour la classe de situations : « concevoir et mettre en œuvre l'introduction d'un théorème de géométrie », ceux-ci devraient mobiliser une règle d'action du type « les élèves auront à leur charge la formulation de la conjecture, qu'ils identifieront à l'aide d'une figure dynamique ».

Ces constats se limitent à ce qui a été réalisé durant la formation, et sont basés sur l'analyse des séquences conçues. Il faudrait les compléter par des observations réalisées en classe, et par un suivi à plus long terme des pratiques des professeurs, en particulier pour déterminer si, une fois les difficultés techniques dépassées, l'attention des professeurs aux démarches expérimentales évolue.

#### **4. Discussion et perspectives**

L'approche documentaire a été développée à la suite de travaux portant essentiellement sur les ressources numériques. Comme on a pu le constater ici, elle va toutefois largement au-delà de ces seules ressources. Elle souligne au contraire la nécessité de prendre en compte toutes les ressources du professeur, de considérer l'ensemble de son activité professionnelle et du contexte de cette activité. Avec cette perspective, les différents collectifs dans lesquels est impliqué le professeur sont essentiels. Ces collectifs sont susceptibles d'amener au professeur de nouvelles ressources; de plus les interactions au sein de ces collectifs modifient les ressources de chaque membre, elles peuvent donner lieu à l'élaboration commune de ressources nouvelles.

Nous n'avons évoqué ici que les concepts élémentaires de l'approche documentaire. Prenant notamment appui sur des travaux plus récents en ergonomie cognitive (Rabardel & Pastré 2005), nous avons montré que l'étude approfondie du développement professionnel d'un professeur passe par celle de son système documentaire (Gueudet & Trouche 2010a). Dans le cas de collectifs, l'approfondissement conceptuel est encore plus complexe : il convient de distinguer les genèses communautaires, donnant lieu au développement de schèmes partagés, et un travail collectif engendrant des schèmes différents, pour un objectif éventuellement partagé. Le travail conceptuel est à poursuivre ; il pourra notamment concerner la mise en regard de la notion de schème et de celle de savoir-processus.

L'élaboration conceptuelle dépend de, et nourrit, l'élaboration méthodologique. Le développement de l'approche documentaire est ainsi allé de pair avec une réflexion sur les questions

méthodologiques, dont on trouve la trame sur le site dédié à cette approche<sup>5</sup>. La méthodologie issue de cette réflexion, que nous avons appelée *investigation réflexive*, repose sur l'étude continue, sur un temps suffisamment long, du travail documentaire du professeur en classe et hors classe. Elle combine donc, nécessairement, l'étude « de l'extérieur », et la mobilisation du professeur lui-même pour décrire son propre travail. De ce point de vue, un *journal de bord* joue un rôle central. Le suivi du travail documentaire collectif présente un niveau de complexité supérieur : le prolongement de l'investigation réflexive, du regard d'un professeur sur lui-même, au regard d'un collectif sur lui-même, pose des problèmes délicats, que nous étudions dans différents contextes : le contexte de Pairform@nce, évoqué ici et qui se prolonge au sein du projet S-TEAM, des contextes associatifs (Sabra 2009) ou des contextes associant chercheurs et enseignants de terrain (Hammoud 2009).

Le développement d'une méthodologie appropriée à l'étude du travail documentaire collectif, et la mise en œuvre d'une telle méthodologie, constituent des enjeux essentiels de notre travail en cours, déterminants en particulier pour l'élaboration de dispositifs de formation continue. En effet l'approche documentaire indique que le travail documentaire collectif peut amener, via les genèses associées, des modifications de pratiques. Ainsi un dispositif de formation continue, prenant acte de ce constat, devra, comme Pairform@nce, reposer sur un principe de conception collaborative de séquences de classe, accompagné par un ou des formateurs. Mais préciser le rôle de ce formateur, la manière dont il peut accompagner efficacement des genèses, orchestrer (Trouche 2004) une formation (utilisant ou non des moyens de collaboration distants), nécessite des travaux spécifiques prolongeant ce que nous avons exposé ici.

## 5. Références et bibliographie

- Brousseau, G. (1998). *La théorie des situations didactiques*. Grenoble : La pensée sauvage.
- Clerc, B. (2006). Boîte noire en géométrie dynamique, *MathemaTICE*, 2. <http://revue.sesamath.net/spip.php?article13>
- Dahan, J.-J. (2005). *La démarche de découverte expérimentalement médiée par Cabri-Géomètre en mathématiques. Un essai de formalisation à partir de l'analyse de démarches de résolutions de problèmes de boîtes noires*. Thèse de l'Université Joseph Fourier Grenoble 1.
- Dias, T. (2005). La dimension expérimentale en mathématiques : mythe ou réalité ? *Actes des 4èmes rencontres de l'ARDIST*, Lyon <http://www.inrp.fr/ardist2005/ressources/contributions/21.pdf>
- Engeström, Y. (1999). Activity Theory and Individual and Social Transformation, in Y. Engeström, R. Miettinen, & R.L. Punamäki (Eds.), *Perspectives on Activity Theory (Learning in doing: Social, Cognitive, and Computational Perspectives)* (pp. 19-38). New York: Cambridge University Press.
- Grangeat, M., & Gray, P. (2007). Factors influencing teachers' professional competence development. *Journal of Vocational Education & Training*, 59(4), 485-501.
- Grangeat, M. (2009). Analyser le travail enseignant pour concevoir l'intervention éducative : est-ce utile et pour quoi faire ? *Nouveaux cahiers de la recherche en éducation*, 12(1), 31-46.
- Guin, D., & Trouche, L. (dir.) (2002). *Calculatrices symboliques : transformer un outil en un instrument du travail mathématique, un problème didactique*. Grenoble : La pensée sauvage.
- Gueudet, G., Soury-Lavergne, S., & Trouche, L. (2009). Soutenir l'intégration des TICE : quels assistants méthodologiques pour le développement de la documentation collective des professeurs ? Exemples du SFoDEM et du dispositif Pairform@nce, in C. Ouvrier-Bufferet & M.-J. Perrin-Glorian (dir.) *Approches plurielles en didactique des mathématiques* (pp. 161-173). Paris : Laboratoire de didactique André Revuz, Université Paris Diderot.
- Gueudet, G., & Trouche, L. (2010a). Des ressources aux documents, travail du professeur et genèses documentaires, in G. Gueudet, & L. Trouche (dir.), *Ressources vives. Le travail documentaire des professeurs en mathématiques* (pp. 57-74). Presses Universitaires de Rennes et INRP.

---

5 [http://educmath.inrp.fr/Educmath/recherche/approche\\_documentaire](http://educmath.inrp.fr/Educmath/recherche/approche_documentaire)

- Gueudet, G., & Trouche, L. (2010b). Genèses documentaires, genèses communautaires, histoires en miroir. In G. Gueudet, & L. Trouche (dir.), *Ressources vives. le travail documentaire des professeurs en mathématiques* (pp. 129-145). Rennes: Presses Universitaires de Rennes et INRP.
- Hammoud, R. (2009). *Penser les rapports entre conception et usages des ressources en ligne. Etude dans le cas du site Pégase dédié à l'enseignement de la physique et de la chimie*, mémoire de master HPDS (dir. Trouche L.), Université de Lyon.
- Kuntz, G. (coord.) (2007). Démarche expérimentale et apprentissages mathématiques, *Dossier de synthèse de la Veille Scientifique et Technologique de l'INRP*, [http://www.inrp.fr/vst/Dossiers/Demarche\\_experimentale/sommaire.htm](http://www.inrp.fr/vst/Dossiers/Demarche_experimentale/sommaire.htm)
- Leont'ev, A.N. (1979). The problem of activity in psychology, in J.V. Wertsch (ed.), *The concept of activity in Soviet psychology* (pp.37-71). New York: M.E. Sharpe.
- Pairform@nce, répertoire de parcours de formation continue en ligne, Ministère de l'Education nationale <http://www.pairformance.education.fr/>
- Pédaque, R. T. (coll.) (2006). *Le document à la lumière du numérique*. Caen : C & F éditions.
- Perrin, D. (2007). L'expérimentation en mathématiques, *Petit x*, 73, 6-34
- Pochard, M. (2008). *Livre vert sur l'évolution du métier d'enseignant*. Ministère de l'éducation nationale, <http://lesrapports.ladocumentationfrancaise.fr/BRP/084000061/0000.pdf>
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies, approche cognitive des instruments contemporains*. Paris : Armand Colin.
- Rabardel, P., & Pastré, P. (dir.) (2005). *Modèles du sujet pour la conception. Dialectique activités développement*, Toulouse : Octarès.
- Sabra, H. (2010). Entre monde du professeur et monde du collectif : réflexion sur la dynamique de l'association Sésamath. *Petit x*, 81, 55-78.
- Trouche, L. (2004). Managing the complexity of human/machine interactions in computerized learning environments: guiding students' command process through instrumental orchestrations. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 9, 281-307.
- Vergnaud, G. (1996). Au fond de l'apprentissage, la conceptualisation, in R. Noirfalise & M.-J. Perrin (dir.), *Ecole d'été de didactique des mathématiques* (pp. 174-185). Clermont-Ferrand : IREM, Université Clermont-Ferrand 2.
- Vygotski, L. (1978). *Mind in society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.