

ANALYSE DE RESSOURCES COMME MOYEN DE DEVELOPPEMENT PROFESSIONNEL DES ENSEIGNANTS

Jana TRGALOVÁ* – Philippe R. RICHARD**

Résumé – Notre contribution explore l'implication des enseignants dans l'analyse de ressources de géométrie dynamique (GD) à l'aide d'un questionnaire comme un moyen de leur développement professionnel visant l'intégration de la GD. Ce questionnaire, élaboré dans le cadre du projet européen Intergeo, a pour but de permettre l'évaluation de la qualité des ressources déposées sur la plateforme i2geo par ses utilisateurs. Dans cette contribution, nous présentons deux expérimentations d'utilisation du questionnaire par des enseignants et nous en tirons des conclusions sur le potentiel de cet outil dans le développement de compétences professionnelles nécessaires pour un usage efficace de la GD en classe.

Mots-clefs : géométrie dynamique, ressource, qualité, genèse instrumentale, travail documentaire

Abstract – Our contribution explores the involvement of teachers in the analysis of dynamic geometry (DG) resources using a questionnaire as a means of their professional development aiming at the DG integration. This questionnaire, developed in the framework of the European project Intergeo, aims at enabling an assessment of quality of resources deposited on the platform i2geo by its users. In this contribution, we present two experiments of the use of the questionnaire by teachers and draw conclusions on the potential of this tool in the development of professional skills necessary for an effective usage of DG in classrooms.

Keywords: dynamic geometry, resource, quality, instrumental genesis, documentational work

I. INTRODUCTION

Ce texte propose une contribution au thème 2 du groupe de travail « ressources et développement professionnel des enseignants » qui porte sur les « dispositifs de formation ». Nous nous intéressons plus particulièrement aux « formes d'accompagnement que l'on peut envisager pour soutenir les enseignants dans leurs efforts d'intégration des technologies dans les classes à plus ou moins long terme ». Il s'agit ici de l'intégration de la géométrie dynamique.

Selon Robert et Rogalski (2005), le choix et la conception de tâches pour la classe relèvent de l'activité professionnelle des enseignants. Si l'utilisation efficace d'un outil technologique demande à concevoir de nouvelles tâches qui donnent du sens aux concepts mathématiques (Laborde 2001, Monaghan 2004), la conception de tâches authentiquement nouvelles est plutôt rare (Laborde 2008). Les enseignants préfèrent modifier et adapter des tâches existantes, ce qui exige la capacité de résolution avec l'outil des tâches et de leur analyse. Cependant, analyser une tâche qui intègre un outil technologique n'a rien d'immédiat. Au contraire, l'exercice est d'autant plus complexe que l'introduction de la composante technologique projette la dimension d'analyse sur toutes les autres, soit les dimensions épistémologique, didactique et institutionnelle. Alors que les enseignants doivent être capables de résoudre la tâche avec l'outil, ils doivent également analyser son rôle dans le processus de résolution et dans la définition même de la tâche. Il en est de même pour l'analyse de la pertinence pour les apprentissages et de la nécessité, voire du coût, d'introduction de nouvelles techniques instrumentées (ibid.). Pour la mise en œuvre de ces tâches en classe, les enseignants doivent avoir la capacité d'anticiper les techniques de

* S2HEP, Université Claude Bernard – Lyon 1 et Ecole Normale Supérieure de Lyon – France – jana.trgalova@univ-lyon1.fr

** Université de Montréal – Québec, Canada et Universitat Autònoma de Barcelona – Espagne – philippe.r.richard@umontreal.ca

résolution possibles, les apprentissages potentiels, ainsi que les orchestrations favorisant les apprentissages visés (Trouche et Drijvers 2010). Ils doivent encore être capables de gérer les relations entre les anciennes et les nouvelles connaissances (Assude et Gélis 2002), ainsi que les articulations entre les techniques instrumentées et les techniques traditionnelles en papier-crayon (Guin et Trouche 1999).

De nombreux dispositifs ont été mis en place pour soutenir les enseignants dans leurs efforts d'utilisation des technologies. Ces dispositifs varient en durée (de quelques jours en formation initiale ou continue, jusqu'à quelques années pour des dispositifs tels que SFODEM¹ en France ou ICTML² en Norvège), en modalités (en présence, à distance ou en mode mixte) et en contenu (de l'analyse de quelques ressources en formation continue par exemple, jusqu'à l'accompagnement du processus de conception collaborative de ressources, leur mise en œuvre et le retour réflexif sur les expériences dans SFODEM). Leur efficacité est tout aussi variable de par leur ponctualité et manque du suivi pour des formations courtes ou de par leur coût en temps et en ressources humaines pour des dispositifs tels que SFODEM où un groupe de chercheurs et de formateurs a travaillé avec un petit groupe d'enseignants pendant 6 ans.

Un autre moyen de soutenir l'intégration des technologies est de mettre à la disposition des enseignants des ressources qui proposent des activités faisant appel à des outils technologiques, notamment via l'Internet. C'est le cas de banques de ressources éducatives, appelées aussi banques d'objets d'apprentissage. Cependant, l'accessibilité des ressources n'est pas suffisante, comme le souligne Robertson :

Dénicher des ressources utiles, crédibles, des contenus éducatifs de qualité mis à jour régulièrement relève bien souvent de l'utopie. En effet, l'utilisateur est souvent confronté à l'absence d'assistance à la recherche (métadonnées vs mots-clés), au manque d'assurance en ce qui a trait à la qualité des informations. De plus, il n'existe pas, actuellement, de « masse critique de contenu » [...], c'est-à-dire qu'il n'existe pas un nombre suffisant d'objets d'apprentissage correctement métaréférencés, aisément accessibles en ligne pour que les enseignants et les apprenants en viennent à consulter toujours plus souvent les référentiels. [...], nous avancerions que l'appropriation par les enseignants de matériel pédagogique et didactique complémentaire en soutien aux apprentissages des élèves et en complément aux ressources imprimées (manuels scolaires notamment) semble toujours difficile, même si les technologies sont disponibles à l'école depuis quelques vingt ans. (Robertson 2006, p. 13)

Le manque de métadonnées décrivant précisément le contenu des ressources, l'absence d'indications sur la qualité et la difficulté d'appropriation de ces dernières sont soulevés comme des principaux obstacles à la réutilisation de ressources existantes et, par conséquent, à l'intégration des technologies dans les pratiques des enseignants. Dans ce qui suit, nous explorons l'idée d'impliquer les enseignants dans l'évaluation de la qualité de ressources de géométrie dynamique comme un moyen de pallier aux deux derniers obstacles cités. L'évaluation de la qualité des ressources est cadrée par un questionnaire qui a été élaboré pour les besoins du projet européen Intergeo³ (Kortenkamp *et al.* 2009) et que nous présentons brièvement en section II. La section III est consacrée à la présentation du cadrage théorique des études empiriques décrites en section IV. Les conclusions tirées de ces études sont proposées en section V.

¹ Suivi de Formation à Distance pour les Enseignants de Mathématiques (Guin *et al.* 2008).

² ICT and Mathematics Learning (Fuglestad 2007).

³ Interoperable Interactive Geometry for Europe, co-funded by the European Union within the eContentPlus programme, 2007-2010.

II. QUESTIONNAIRE D’EVALUATION DE RESSOURCES DE GEOMETRIE DYNAMIQUE

La plateforme i2geo, retombée du projet Intergeo, a pour but de mettre à disposition des enseignants des ressources autour de l’usage de la géométrie dynamique dans des classes de mathématiques. La plateforme est fondée sur le principe du développement communautaire : c’est un environnement ouvert où tout utilisateur peut déposer des ressources pour les mutualiser avec d’autres utilisateurs. Il peut réutiliser les ressources disponibles, les commenter, de même que partager ses expériences avec leur mise en application auprès de ses élèves. Afin de permettre l’amélioration de la qualité des ressources disponibles sur la plateforme, nous avons mis en place une démarche qualité (Trgalová et al. 2011) qui s’appuie sur un questionnaire (cf. annexe). Celui-ci est organisé autour de neuf dimensions de ressources de géométrie dynamique jugées pertinentes pour évaluer sa qualité mathématique, didactique, pédagogique, technique et ergonomique. Ces dimensions sont les suivantes : (1) métadonnées, (2) aspect technique, (3) dimension mathématique du contenu, (4) dimension instrumentale du contenu, (5) valeur ajoutée de la géométrie dynamique, (6) implémentation didactique, (7) implémentation pédagogique, (8) intégration dans une progression, et (9) aspect ergonomique.

▶	●●●●	La description de la ressource est complète (thème, notions et compétence, niveau scolaire, pré-requis, mise en œuvre en classe, durée).
▶	●●●●	Les fichiers sont techniquement utilisables
▶	●●●●	Le contenu mathématique est valide et utilisable dans la classe pour travailler les notions et compétences annoncées
▼	●●●●	L’interaction avec les figures de géométrie dynamique est valide et cohérente avec l’activité mathématique prévue
	●●●●	Les figures de géométrie dynamique se comportent de manière cohérente par rapport à l’activité mathématique prévue
	●●●●	La figure se comporte de manière cohérente par rapport à l’activité
	●●●●	Poussée dans leurs limites, les figures “résistent bien”
	●●●●	Les valeurs numériques (mesures d’angles, de longueurs) ne remettent pas en cause le déroulement de l’activité
	●●●●	Les fonctionnalités avancées, comme l’usage du clavier ou de macro-constructions, sont bien décrites
Commentaires:		
<input type="text"/>		
▶	●●●●	Les activités mathématiques proposées bénéficient des apports de la géométrie interactive, elles ne peuvent pas être transposées telles qu’elles en activités papier-crayon
▶	●●●●	La description de cette activité en permet une utilisation efficace pour l’apprentissage des notions et compétences annoncées
▶	●●●●	La description de l’activité propose une mise en œuvre
▶	●●●●	L’activité s’inscrit facilement dans une progression pédagogique
▶	●●●●	La ressource est facile à prendre en main et adaptable

Figure 1 – Questionnaire de qualité

Un item général (en gras dans la Figure 1) et ensemble de critères plus détaillés sont associés à chaque dimension. Les items et les critères sont formulés comme des affirmations auxquelles les utilisateurs expriment leur degré de satisfaction sur une échelle quaternaire de « tout à fait d’accord » à « pas du tout d’accord ». Ces réponses peuvent être complétées par des commentaires qualitatifs rédigés librement dans des champs prévus à cet effet. Puisqu’ils doivent permettre d’identifier les faiblesses des ressources évaluées et d’y indiquer des pistes d’amélioration, les champs de commentaires sont déterminants pour l’évolution de la ressource évaluée, mais il n’y a pas de mécanisme particulier pour forcer les commentaires.

III. CADRAGE THEORIQUE : APPROCHES INSTRUMENTALE ET DOCUMENTAIRE

Dans notre dispositif de recherche, nous nous intéressons à la manière avec laquelle les enseignants s’approprient le questionnaire comme outil d’analyse de ressources de géométrie dynamique et dans quelle mesure une telle analyse peut contribuer au développement de leurs compétences professionnelles. Nous adoptons deux points de vue, les perspectives instrumentale et documentaire.

L'*approche instrumentale* (Rabardel 1995) se fonde sur la distinction entre un *artefact*, disponible pour un utilisateur, et un *instrument* que cet utilisateur construit à partir de cet artefact, ou d'une partie de celui-ci, au cours de l'action qui met en jeu son usage. Un artefact devient ainsi un instrument pour cet utilisateur dans un processus, appelé *genèse instrumentale*, qui articule deux processus complémentaires (ibid., p. 111) :

- Les **processus d'instrumentalisation** concernent l'émergence et l'évolution des composantes artefact de l'instrument : sélection, regroupement, production et institution de fonctions, détournements et catachrèses, attribution de propriétés, transformation de l'artefact (structure, fonctionnement etc.) qui prolongent les créations et réalisations d'artefacts dont les limites sont de ce fait difficiles à déterminer ;
- Les **processus d'instrumentation** sont relatifs à l'émergence et à l'évolution des schèmes d'utilisation et d'action instrumentée : leur constitution, leur fonctionnement, leur évolution par accommodation, coordination combinaison, inclusion et assimilation réciproque, l'assimilation d'artefacts nouveaux à des schèmes déjà constitués etc.

Les schèmes d'utilisation de l'artefact

permettent la répétition de l'action en assurant son adaptation aux aspects variables des objets et des situations appartenant à une même classe. Ils ont des capacités accommodatrices pour s'appliquer à des objets, des classes de situations différentes. (Rabardel 1999, p. 209)

Le schème est une organisation invariante de l'activité et de la conduite pour une classe de situations donnée, composée de buts, de règles d'action, d'invariants opératoire ou théorèmes en acte et de possibilités d'inférence. Un instrument est donc une entité composée de l'artefact ou d'une partie de celui-ci, et d'un schème d'utilisation qui peut lui-même se composer de schèmes d'utilisation très élémentaires.

Nous nous appuyons sur cette approche pour étudier le processus par lequel un enseignant transforme le questionnaire, que nous considérons comme un artefact, en un instrument pour l'analyse de ressources.

Les principes fondateurs de l'approche instrumentale ont été repris et approfondis par Gueudet et Trouche (2008, 2009). L'*approche documentaire* ainsi développée permet d'étudier le travail documentaire des enseignants qui consiste à exploiter un ensemble de ressources données, les sélectionner, les adapter et les recombinaison pour concevoir de nouvelles ressources. Cette approche propose la distinction entre *ressource*, disponible pour l'enseignant, et *document* construit par l'enseignant dans un objectif précis. Le document résulte donc d'un processus, appelé *genèse documentaire* (figure 2).

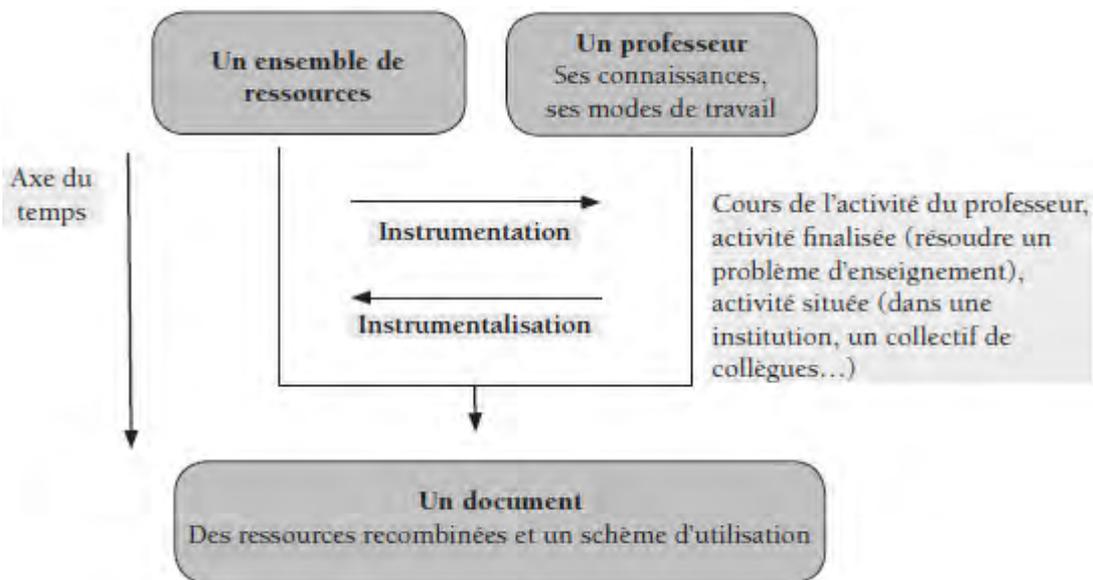


Figure 2 – Genèse documentaire (Gueudet et Trouche 2008, p. 10)

L'approche documentaire nous semble particulièrement pertinente pour étudier le travail documentaire des enseignants concerné par le choix, l'analyse et l'adaptation de ressources de géométrie dynamique.

IV. EXPERIMENTATIONS

Dans cette section, nous présentons deux expérimentations menées respectivement en France et au Québec dans le but d'étudier les usages du questionnaire d'analyse de ressources de géométrie dynamique présenté en section II.

Notre objectif de recherche est double. Il s'agit d'abord d'étudier le travail documentaire des enseignants, et plus particulièrement les processus de tri, de sélection et d'adaptation de ressources, et ensuite d'analyser les processus de genèse instrumentale relatifs au questionnaire comme outil d'analyse de ressources.

Les deux expérimentations présentées ci-dessous diffèrent en de nombreux points, qui sont autant de variables dans notre méthodologie :

- *Expérience des enseignants.* En France, des enseignants expérimentés ont participé à l'expérimentation, au Québec, celle-ci a été menée auprès de futurs enseignants. La comparaison des observations devrait nous permettre de comprendre un peu mieux dans quelle mesure l'expérience professionnelle facilite ou non les genèses instrumentales du questionnaire et influence le travail documentaire des enseignants.
- *Durée.* En France, l'expérimentation s'est déroulée sur une courte durée – un temps de prise de connaissance individuelle par les enseignants de ressources proposées et un temps d'analyse de ressources par binômes. Au Québec, l'expérimentation s'est déroulée pendant un cours d'une quarantaine d'heures. Ce choix est dû aux contraintes organisationnelles des contextes dans lesquels ces expérimentations ont eu lieu – mémoire de Master⁴ dans le premier cas et formation initiale des futurs enseignants de mathématiques au secondaire dans le second cas.
- *Version du questionnaire utilisé.* L'expérimentation menée en France appartenait au cycle conception/test du questionnaire. Ainsi, une version intermédiaire du questionnaire a été utilisée. Au Québec, l'expérimentation a eu lieu lorsque le questionnaire avait déjà été implémenté sur la plateforme, c'est-à-dire que les étudiants ont utilisé la version actuellement disponible en ligne (cf. annexe).
- *Ressources proposées.* Dans l'expérimentation française, le choix des ressources proposées aux enseignants a été fait par le chercheur pour permettre l'émergence de critères utilisés spontanément par les enseignants lorsqu'ils trient et sélectionnent des ressources pour leurs activités d'enseignement. Au Québec, la plateforme i2geo a été utilisée avec l'ensemble de ressources disponibles, ce qui nous permet d'observer les processus de recherche de ressources par les étudiants, mais aussi l'adaptation de ressources existantes, la création de nouvelles ressources, l'évaluation de ressources par les pairs, la critique du processus d'évaluation et son à-propos relativement aux moyens d'évaluation souhaitables dans le contexte de l'expérimentation.

⁴ Cette expérimentation a été menée dans le cadre du travail de mémoire de Master 2 de J- M. Baudoin (Baudoin, 2009).

1. *Expérimentation courte avec des enseignants français*

Avec cette expérimentation nous cherchions à analyser la pertinence et la clarté des critères de qualité dans le questionnaire pour les enseignants, étudier les premiers usages du questionnaire pour l'analyse des ressources et identifier les représentations que les enseignants ont de ressources de « bonne qualité », dont les aspects des ressources qui déterminent leur sélection et ceux qui facilitent leur appropriation pour un usage en classe. Les deux premiers objectifs concernent les genèses instrumentales relatives au questionnaire considéré comme un artefact, tandis que le troisième porte également sur les genèses documentaires relatives aux ressources.

Au moment de l'expérimentation, le questionnaire ne comportait que huit dimensions, la neuvième sur l'aspect ergonomique des ressources a été ajoutée plus tard. Trois ressources ont été proposées aux enseignants, toutes portant sur un même objet de savoir mathématique, les quadrilatères particuliers (niveau 5^e de collège français, élèves de 12-13 ans). Les trois ressources étaient composées d'un fichier texte s'adressant soit à l'enseignant, soit aux élèves, soit aux deux accompagné d'un fichier de géométrie dynamique. De plus, les modalités d'utilisation de la géométrie dynamique suggérées par les ressources ont été les mêmes, c'est-à-dire en salle informatique où les élèves manipuleraient eux-mêmes les figures.

Six enseignants français ont participé à cette expérimentation. Ils avaient tous une expérience professionnelle d'enseignement des mathématiques plus ou moins longue, entre 5 et 15 ans, et un niveau d'intégration de technologies très hétérogène. Le travail documentaire des enseignants a été cadré par le protocole suivant :

- 1) Dans un premier temps, chaque enseignant devait prendre connaissance, individuellement, des contenus des trois ressources.
- 2) Les enseignants analysaient ensuite les ressources en binômes en utilisant le questionnaire.
- 3) Enfin, chaque enseignant devait décider individuellement s'il choisirait chacune des ressources analysées pour l'utiliser dans sa classe, avec ou sans modifications, puis éventuellement suggérer des pistes d'amélioration des ressources.

Le choix de faire précéder l'analyse des ressources par une phase de prise de connaissance de leurs contenus avait pour but d'une part de permettre à ce que chaque enseignant puisse se faire sa propre opinion sur les ressources et d'autre part de gagner du temps pour leur analyse avec le questionnaire. Les enseignants ont ensuite été groupés par binômes afin de susciter des échanges et des confrontations de leurs points de vue sur les ressources. L'expérimentation, plus précisément les phases 2 et 3, a duré environ 3 heures. Un observateur a été présent lors du travail d'analyse des ressources pour aider les enseignants à lever d'éventuelles ambiguïtés dans les items du questionnaire ou pour demander davantage de précisions si cela s'avérait nécessaire.

L'analyse des données recueillies durant l'expérimentation a été basée sur la confrontation de l'analyse « experte » des ressources, réalisée par un chercheur en didactique des mathématiques, avec les analyses des ressources réalisées par les enseignants. Les résultats montrent que certains binômes d'enseignants éprouvaient des difficultés à se concentrer sur le strict contenu des ressources dans leur analyse. En effet, leurs réponses à certains items ne correspondaient pas aux informations fournies par la ressource, mais elles reflétaient plutôt des efforts d'interprétation de ces informations à la lumière de leurs propres expériences. Par exemple, à la question « *Les éléments permettant la prise en charge du problème par l'apprenant sont-ils explicites ?* », deux binômes ont répondu « *non pas du tout* » (réponse attendue), tandis que le troisième a répondu « *oui, tout à fait* ». Cette question interroge la

phase de dévolution dans l'activité proposée. Voici l'échange entre les enseignants du binôme :

E1 : « c'est trop directif ; il n'y a pas de prise en charge du problème par l'apprenant. »

E2 : « oui mais en même temps du coup ils font le problème ; moi, je vois la question... imagine quelque chose de très, très ouvert où l'élève n'entre même pas dedans. Là, il n'y a pas de soucis, il sait ce qu'il a à faire. »

Cet échange laisse supposer que l'enseignant E2 interprète la question comme « *Les élèves peuvent-ils facilement comprendre ce qu'il faut faire et s'engager dans la résolution du problème ?* ». E2 anticipe donc la manière dont la dévolution pourrait se faire lors de la mise en place de l'activité en classe au lieu de chercher simplement la présence d'indications à ce sujet dans la ressource, ce qui est demandé dans la question. Selon l'approche instrumentale, il s'agit d'une *catachrèse*, un écart entre le prévu et le réel dans l'utilisation de l'artefact (Rabardel 1999, p. 99), ici de la question donnée du questionnaire. Cette catachrèse n'est cependant pas considérée comme un détournement de l'artefact par rapport aux fonctions prévues, mais plutôt comme un indice du processus d'attribution à l'artefact « *de fonctions non anticipées ou prévues par les concepteurs* » (ibid., p. 101). Il s'agit d'un processus d'instrumentalisation de la question. D'autre part, cette interprétation particulière se traduit par la mise en œuvre de schèmes d'exploration nouveaux amenant l'enseignant à interroger le contenu de la ressource d'une certaine manière portant davantage sur son usage potentiel en classe que sur les informations fournies, ce qui témoigne d'un processus d'instrumentation.

Le questionnaire lui-même a été utilisé différemment par les binômes. Un binôme l'a utilisé dès le départ pour éliminer les ressources les moins pertinentes. Leur analyse avait ainsi pour but d'identifier les dimensions rédhitoires des ressources. Une fois de telles dimensions déterminées pour une ressource donnée, les enseignants en ont arrêté l'analyse, sans essayer de vérifier si les autres aspects constituent ou non sa force. Par exemple, une des ressources comprenait un fichier de géométrie dynamique défaillant. Les enseignants de ce binôme considéraient inutile de poursuivre l'analyse de la ressource après avoir identifié la faiblesse de la ressource résidant dans le fichier de géométrie dynamique erroné, puisque pour eux, « *la première des choses, c'est la figure* ». Les deux autres binômes ont, en revanche, réalisé une analyse détaillée des toutes les dimensions de la ressource. A la question s'ils auraient choisi cette ressource pour une éventuelle utilisation dans leurs classes, certains enseignants de ces binômes ont pu envisager son utilisation, à condition d'y apporter des modifications permettant d'améliorer les aspects considérés comme faibles. Ils ont été capables de faire abstraction de la défaillance du fichier de géométrie dynamique, comme en témoigne l'affirmation de certains : « *on fait comme si la figure était juste* ». Ainsi, même si tous les binômes ont trouvé cette faiblesse inacceptable, celle-ci n'a pas empêché certains de continuer l'analyse et identifier des points forts de la ressource.

Ces résultats permettent d'anticiper différents usages possibles du questionnaire qui correspondent aux différentes genèses instrumentales conduisant au développement de différents schèmes d'utilisation et, par conséquent, de différents instruments d'analyse de ressources, comme les suivants :

- ne considérer que quelques dimensions essentielles d'une ressource qui seront analysées à l'aide de critères détaillés et analyser les autres seulement à l'aide de l'item général ;
- analyser en détail une dimension importante : si celle-ci est satisfaisante, en analyser une autre, si non, arrêter l'analyse et conclure que la ressource est de « mauvaise » qualité ;
- n'utiliser que les items généraux pour analyser toutes les dimensions de la ressource ;
- utiliser les critères détaillés pour réaliser une analyse approfondie de la ressource.

La manière dont le questionnaire est utilisé, ou, en termes de l'approche instrumentale, la nature du questionnaire comme instrument d'analyse de ressources, est façonné par l'expérience de l'utilisateur. Cependant, la finalité de l'analyse de ressources joue également un rôle important dans la genèse instrumentale. Par exemple, si l'analyse doit permettre l'identification de points faibles de la ressource pour pouvoir l'améliorer, une analyse approfondie de la ressource à l'aide de critères détaillés du questionnaire serait pertinente. Si le but de l'analyse est de mieux comprendre le contenu de la ressource et les intentions didactiques de ses auteurs en vue de la mise en œuvre de la ressource en classe, l'utilisateur pourra se concentrer sur les dimensions jugées importantes et laisser de côté les autres. Si le but de l'analyse est de faire le choix de la ressource la plus appropriée dans un ensemble de ressources, on pourra se concentrer sur les dimensions considérées comme importantes et rejeter les ressources pour lesquelles ces dimensions seraient jugées insatisfaisantes.

Concernant les critères déterminant les choix de ressources pour une éventuelle utilisation en classe, il apparaît que le contenu mathématique valide est une condition nécessaire. Les enseignants accordent aussi une grande importance à la valeur ajoutée de la géométrie dynamique dans les activités proposées dans la ressource. D'autres dimensions sont considérées comme plus ou moins importantes en fonction de l'expérience des enseignants. Par exemple, les enseignants peu familiers avec l'usage des technologies jugent la dimension relative à l'implémentation didactique de la ressource, c'est-à-dire présence d'indications sur la gestion par l'enseignant des apprentissages des élèves, comme l'une des plus importantes.

Cette étude a également permis de reformuler certains critères afin de lever des ambiguïtés qui étaient parfois à l'origine de réponses contradictoires de la part des binômes.

Les résultats de cette expérimentation montrent que les deux processus, genèse instrumentale portant sur le questionnaire et genèse documentaire portant sur les ressources, s'entremêlent comme, d'une part, le questionnaire est supposé orienter l'analyse des ressources en pointant les dimensions sur lesquelles elle doit porter et, d'autre part, l'analyse des ressources façonne la manière dont le questionnaire est utilisé.

2. Expérimentation longue avec des étudiants québécois

Cette expérimentation a eu lieu dans le cadre d'un cours semi-intensif d'environ 6 heures par semaine pendant 7 semaines consécutives, avec des étudiants d'un programme de formation initiale des enseignants de mathématiques au secondaire dans une université québécoise. L'objectif général visait à étudier la manière dont la plateforme i2geo, avec sa collection de ressources et ses outils, peut être mise à profit pour le développement de compétences professionnelles des enseignants, comme porter un regard critique sur les ressources existantes, adapter des ressources conçues pour un système d'enseignement étranger au contexte québécois, concevoir de nouvelles ressources ou encore améliorer des activités suite à des rétroactions des pairs.

Trente-cinq étudiants, groupés par équipes de deux, mais avec une équipe de trois, ont participé à cette expérimentation. Ils ont dû réaliser un dossier comportant la description des activités correspondant aux objectifs mentionnés, des copies d'écran montrant les analyses des ressources réalisées sur la plateforme i2geo à l'aide du questionnaire en ligne, ainsi que leur point de vue argumenté sur l'utilité du questionnaire pour l'analyse de ressources.

Les données recueillies, riches et volumineuses, sont en cours d'analyse. Nous présentons dans la suite seulement quelques éléments concernant le regard critique des étudiants sur le questionnaire.

Treize équipes sur dix-sept ont donné leur avis sur l'utilité du questionnaire, ses points forts et ses points à améliorer. Parmi ces binômes, 11 considèrent le questionnaire d'une grande utilité permettant de réaliser une analyse approfondie de ressources de géométrie dynamique, et 8 équipes soulignent que grâce au questionnaire, ils ont pu réfléchir sur les aspects des ressources auxquels ils n'auraient pas pensé sans le questionnaire. Parmi les points forts du questionnaire, les étudiants relèvent les questions bien élaborées, faciles à comprendre, bien structurées dans de grandes catégories permettant ainsi une analyse rapide et complète des ressources. Certains binômes affirment que le questionnaire leur a été utile également pour concevoir de nouvelles activités et ressources, d'autres soulignent encore son utilité pour l'amélioration des ressources existantes grâce aux avis des évaluateurs. Quelques points à améliorer sont aussi mentionnés : éviter la répétition et la redondance de certains critères, le fait que certains critères ne s'appliquent pas à toutes les ressources et qu'il n'y a pas la possibilité de le signifier. De plus, 4 binômes trouvent que l'évaluation finale réalisée à l'aide du questionnaire ne correspond pas toujours à leur opinion globale sur la qualité de la ressource. Malgré tout, ils trouvent que l'évaluation à l'aide du questionnaire mène à une meilleure évaluation de la ressource que ce qu'ils lui auraient attribué sans le questionnaire.

V. CONCLUSION

L'analyse du travail documentaire des enseignants avec des ressources et des genèses instrumentales relatives à leur usage du questionnaire présentée dans ce texte tend à montrer un impact positif de l'implication des enseignants dans l'analyse des ressources sur le développement de leurs compétences professionnelles visant l'intégration de la géométrie dynamique dans leurs pratiques.

Une première conclusion concerne l'imbrication des genèses instrumentales et documentaires chez les enseignants dans l'analyse des ressources à l'aide du questionnaire. Le questionnaire a pour but d'aider les enseignants à analyser les ressources pour qu'ils puissent choisir celles qui leur conviennent pour une mise en œuvre en classe. De ce point de vue, la genèse instrumentale du questionnaire pour l'analyse des ressources soutient la genèse documentaire. Pourtant, le questionnaire a été utilisé de manière différente, ce qui a conduit au développement de différents instruments menant à de diverses analyses de ressources. Ainsi, l'analyse des ressources et ses différentes finalités ont façonné l'utilisation du questionnaire et, par conséquent, l'instrument qui en résulte pour l'analyse des ressources. De ce point de vue, la genèse documentaire influence à son tour la genèse instrumentale du questionnaire. Cette relation étroite entre les genèses documentaire et instrumentale est l'une des clés du développement professionnel, mais, en même temps, elle présente une grande complexité pour les enseignants.

Les études empiriques menées avec les enseignants ont produit de nombreux résultats significatifs. Nous avons observé par exemple que l'analyse des ressources de géométrie dynamique passe par une vérification explicite de la valeur ajoutée de la géométrie dynamique en comparaison avec l'environnement traditionnel de papier - crayon et une attention particulière est accordée au rôle du déplacement. Il s'agit d'une compétence professionnelle nécessaire pour une analyse efficace des ressources de géométrie dynamique. Son développement a été évidemment visé dès la conception du questionnaire, et les résultats des expériences montrent que le questionnaire permet en effet d'atteindre cet objectif.

Les résultats montrent aussi que les enseignants apprécient l'utilisation du questionnaire leur permettant de faire une analyse complète et détaillée des ressources. Il faudra cependant se pencher à nouveau sur les points critiqués afin de repenser certains critères qui apparaissent

redondants et surtout sur les raisons pour lesquelles le résultat de l'évaluation ne correspond pas toujours à l'avis global des évaluateurs sur la qualité de la ressource.

Bien que ce travail montre que l'évaluation de la qualité des ressources de géométrie dynamique peut soutenir le développement professionnel des enseignants, il apparaît également que la complexité d'une telle activité pour les enseignants nécessite un soutien spécifique et à long terme. De nouveaux moyens et outils d'accompagnement de genèses instrumentales et documentaires des utilisateurs de la plate-forme doivent donc être pensés, ce qui ouvre la voie à d'autres projets.

REFERENCES

- Assude T., Gélis J.-M. (2002) La dialectique ancien-nouveau dans l'intégration de Cabri-géomètre à l'école primaire. *Educational Studies in Mathematics* 50, 259-287.
- Baudoin J.-M. (2009) *Une proposition de grille d'analyse pour l'évaluation de la qualité des ressources de géométrie dynamique*. Mémoire de Master 2 IC2A. Université de Grenoble.
- Fuglestad A. B. (2007) Teaching and teachers' competence with ICT in mathematics in a community of inquiry. In Woo J. H. et al. (Eds.) (pp. 249-256) *Proceedings of the 31st Conference of the Int. Group for the Psychology of Mathematics Education*. Seoul : PME.
- Gueudet G., Trouche L. (2008) Du travail documentaire des enseignants : genèses, collectifs, communautés. Le cas des mathématiques. *Education et didactique* 2(3), 7-33.
- Gueudet G. Trouche L. (2009) Towards new documentation systems for mathematics teachers? *Educational Studies in Mathematics* 71, 199-218.
- Guin D., Joab M., Trouche L. (Ed.) (2008) *Conception collaborative de ressources pour l'enseignement des mathématiques, l'expérience du SFoDEM (2000-2006)*. Cédérom, INRP et IREM (Université Montpellier 2).
- Guin D., Trouche L. (1999) The complex process of converting tools into mathematical instruments. The case of calculators. *International Journal of Computers for Mathematical Learning* 3, 195-227.
- Kortenkamp U., Blessing A. M., Dohrmann C., Kreis Y., Libbrecht P., Mercat C. (2009) Interoperable interactive geometry for Europe – First technological and educational results and future challenges of the Intergeo project. In Durrand-Guerrier V. et al. (Eds.) (pp. 1150-1160) *Proceedings of the 6th CERME conference*. Lyon, France.
- Laborde C. (2001) Integration of technology in the design of geometry tasks with Cabri-geometry. *International Journal of Computers for Mathematical Learning* 6(3), 283-317.
- Laborde C. (2008). Multiple dimensions involved in the design of tasks taking full advantage of dynamic interactive geometry. In Canavarró A. P. et al. (Eds.) (pp. 29-43) *Tecnologias e Educação Matemática*. Lisboa: SEM/SPCE.
- Monaghan J. (2004) Teachers' activities in technology-based mathematics lessons, *International Journal of Computers for Mathematical Learning* 9, 327-357.
- Rabardel P. (1995) *Les hommes et les technologies : Approche cognitive des instruments contemporains*. Paris : Armand Colin.
- Robert A., Rogalski J. (2005) A cross-analysis of the mathematics teacher's activity. An example in a French 10th-grade class. *Educational Studies in Mathematics* 59, 269-298.
- Robertson A. (2006) *Introduction aux banques d'objets d'apprentissage en français au Canada*, Rapport pour le Réseau d'enseignement francophone à distance du Canada. <http://www.refad.ca/>
- Trgalová J., Soury-Lavergne S., Jahn A. P. (2011) Quality assessment process for dynamic geometry resources in Intergeo project. *ZDM* 43, 337-351.
- Trouche L., Drijvers P. (2010) Handheld technology for mathematics education, flashback to the future. *ZDM* 42, 667-681.

ANNEXE

	<p>La description de la ressource est complète (thème, notions et compétence, niveau scolaire, pré-requis, mise en œuvre en classe, durée).</p> <p>Le thème mathématique est clairement indiqué Les pré-requis mathématiques sont clairement indiqués Les prérequis techniques sont clairement indiqués Les compétences visées sont indiquées Les notions en jeu sont indiquées Une mise en œuvre de la ressource est proposée (utilisation en salle informatique, en salle ordinaire avec vidéoprojection...) Une durée est proposée</p>
	<p>Les fichiers sont techniquement utilisables</p> <p>Je peux accéder aux différents fichiers Je peux ouvrir les fichiers de géométrie dynamique avec le logiciel de mon choix Il n'y a pas de "bugs" informatiques dans les fichiers</p>
	<p>Le contenu mathématique est valide et utilisable dans la classe pour travailler les notions et compétences annoncées</p> <p>Les mathématiques sont valides Le thème, les notions et les compétences indiqués sont conformes au programme pour le niveau annoncé Les activités mathématiques proposées sont en adéquation avec le thème, les notions et les compétences annoncées</p>
	<p>L'interaction avec les figures de géométrie dynamique est valide et cohérente avec l'activité mathématique prévue</p> <p>Les figures de géométrie dynamique se comportent de manière cohérente par rapport à l'activité mathématique prévue La figure se comporte de manière cohérente par rapport à l'activité Poussée dans leurs limites, les figures "résistent bien" Les valeurs numériques (mesures d'angles, de longueurs) ne remettent pas en cause le déroulement de l'activité Les fonctionnalités avancées, comme l'usage du clavier ou de macro-constructions, sont bien décrites</p>
	<p>La description de cette activité en permet une utilisation efficace pour l'apprentissage des notions et compétences annoncées</p> <p>L'activité est conçue de manière à ce que les élèves s'y engagent facilement Des conseils sont donnés à l'enseignant pour lancer l'activité L'activité est conçue de manière à laisser des initiatives aux élèves Des traces de production d'élèves sont disponibles Des stratégies prévisibles des élèves, correctes ou erronées, sont décrites Les rétroactions du logiciel essentielles pour l'activité sont décrites Les rétroactions du logiciel permettent aux élèves d'avancer dans la résolution de l'activité Des suggestions pour sortir les élèves de stratégies sans issues sont proposées Des actions pour faire évoluer les stratégies de élèves sont proposées Des conseils sur les interventions aux moments de synthèse sont donnés Des suggestions sur comment, quand et qui valide les productions des élèves sont données Les caractéristiques principales de l'activité et les effets de leurs modifications sur les stratégies et les apprentissages des élèves sont décrits</p>
	<p>La description de l'activité propose une mise en œuvre</p> <p>Une configuration matérielle possible est décrite (un ordinateur par élève, ou classe entière avec vidéoprojecteur) L'activité est décomposée en différents rôles et phases Une gestion des mises en commun et de la conclusion de l'activité est proposée Un déroulement temporel est proposé</p>
	<p>L'activité s'inscrit facilement dans une progression pédagogique</p> <p>Les apprentissages réalisés peuvent être réinvestis Les notions et compétences pré-requises sont cohérentes avec l'activité Cette activité contribue à l'avancement des apprentissages prévus dans la progression pédagogique Leur réflexion lors de l'activité les introduit à la notion suivante dans ma progression</p>
	<p>Le contenu mathématique est valide et utilisable dans la classe pour travailler les notions et compétences annoncées</p> <p>Les mathématiques sont valides Le thème, les notions et les compétences indiqués sont conformes au programme pour le niveau annoncé Les activités mathématiques proposées sont en adéquation avec le thème, les notions et les compétences annoncées</p>
	<p>La ressource est facile à prendre en main et adaptable</p> <p>La quantité d'information est satisfaisante La présentation de l'information est claire On peut modifier les éléments de la ressource pour l'adapter à ses besoins.</p>
<p>Commentaires:</p>	