

Analyse de ressources pédagogiques pour la géométrie dynamique et évaluation de leur qualité : le projet Intergeo

Jana Trgalova (EducTice, INRP ; LIG, Grenoble, France), jana.trgalova@inrp.fr

Ana Paula Jahn (UNIBAN, São Paulo, Brésil), anapjahn@gmail.com

Sophie Soury-Lavergne (EducTice, INRP ; LIG, Grenoble, France), sophie.soury-lavergne@inrp.fr

Résumé

Cette communication est en relation avec les pôles 2 et 3, et moins directement avec le pôle 4 du groupe de travail. Nous présentons ici le projet européen Intergeo dont l'ambition est de développer un langage commun de description de figures géométriques rendant interoperables les principaux logiciels de géométrie dynamique existants et de mettre à disposition des enseignants, via une plate-forme spécifique, des ressources pédagogiques de qualité. Notre présentation est centrée sur la démarche qualité des ressources pour la géométrie dynamique dans le but de leur amélioration.

1. Introduction

Nous nous intéressons à l'intégration des technologies dans les pratiques des enseignants et aux moyens de la soutenir. Une des clefs est la mise à disposition des enseignants de ressources pédagogiques leur donnant les moyens de mettre en œuvre dans leur classe de nouvelles activités pour leurs élèves. Cependant, nous savons maintenant que cette mise à disposition n'est pas suffisante. D'une part, la profusion actuelle de ressources rend difficile le repérage des ressources pertinentes et de qualité (Guin et Trouche, 2008 ; Mahé et Noël, 2006). D'autre part cette offre de ressources ne résout pas la question de leur appropriation qui, elle, nécessite aussi une évolution des compétences des enseignants et de leur représentation du rôle de la technologie dans l'apprentissage et l'enseignement des mathématiques (Chaachoua, 2004).

Cela mène alors à la question de la formation des enseignants. De nombreux travaux ont montré l'intérêt des formations d'enseignants basées sur le principe de co-élaboration de ressources pour la classe (Krainer, 2003 ; Miyakawa et Winsløw, 2007 ; Jaworski, 2007). Différents dispositifs de développement professionnel sont apparus en France sur ce principe : SFoDEM¹ (Guin et al., 2008) et Pairform@nce² par exemple. Il est aussi à l'œuvre dans certaines formations de formateurs proposées par l'Institut National de Recherche Pédagogique (INRP), en particulier en mathématiques. Dans le contexte brésilien, citons le projet AProvaME qui a eu pour objectif d'étudier, chez les enseignants, les effets d'une conception collaborative de ressources intégrant les TICE sur leurs représentations initiales de la preuve et démonstration et sur leur enseignement, ainsi que plus généralement celles des apports des TICE en mathématiques (Jahn et al., 2007).

Cette communication propose une contribution au groupe de travail n°6 et aborde plus particulièrement les questions de l'enrichissement des ressources à partir de l'expérience de leurs utilisateurs (pôle 2) et du développement professionnel des enseignants à travers l'utilisation d'un dispositif technologique (pôle 3). Le rôle des réseaux, des viviers de ressources et des communautés d'enseignants (pôle 4) est également abordé dans le projet Intergeo, mais ne sera pas directement développé dans cette communication.

La problématique de développement de ressources pour le professeur et/ou l'élève et de l'enrichissement des ressources par l'expérience des utilisateurs (pôle 2) est traitée dans

¹ <http://educmath.inrp.fr/Educmath/parteneriat/rep-ressou/sfodem/>

² <http://www.pairformance.education.fr>

Intergeo grâce à la mise en place d'une démarche qualité concernant les ressources pour la géométrie dynamique. Elle vise une amélioration de différents aspects d'une ressource : les contenus mathématiques et instrumentaux, l'aspect technique, les potentialités de la géométrie dynamique et son rôle dans les activités proposées, la mise en œuvre didactique et pédagogique, les métadonnées associées.

Cette démarche qualité contribue également à la problématique de la formation des enseignants (pôle 3). En effet, la méthodologie de démarche qualité, qui inclut notamment l'utilisation d'un questionnaire, a été expérimentée dans le contexte d'une formation continue des enseignants. De cette étude empirique, nous avons obtenu des résultats prometteurs pour l'amélioration de dispositifs de formation sur la géométrie dynamique et plus largement relatifs à l'intégration des TICE.

2. Le projet Intergeo

La situation actuelle en ce qui concerne l'intégration dans les classes de TICE en général, et de logiciels de géométrie dynamique en particulier, pourtant préconisée par les textes officiels dans de nombreux pays, y compris la France et le Brésil, se caractérise par une résistance des enseignants à utiliser ces technologies (Artigue, 2000 ; Tapan, 2006). Dans le cas de la géométrie dynamique, qui a maintenant plus de 20 ans d'existence, plusieurs éléments expliquent cette résistance. Le plus important est sûrement le changement dans le rapport à l'activité mathématique et au métier d'enseignant que cela implique, pointé par tous les travaux sur l'intégration des technologies (Lagrange et Hoyles, 2006). Cependant, d'autres difficultés rencontrées par l'enseignant qui souhaite utiliser la géométrie dynamique avec sa classe ne sont pas non plus à négliger.

Tout d'abord la complexité du choix d'un environnement de géométrie dynamique fiable et facilement utilisable parmi la pléiade de logiciels existants et les contraintes que cela pose ensuite sur le choix de ressources (qui doivent alors être compatibles avec le logiciel retenu). Il est ensuite laborieux de trouver des ressources pédagogiques pour un contexte éducatif précis. En effet, il existe de nombreux serveurs qui proposent des ressources pour la géométrie dynamique (des serveurs institutionnels mais aussi des serveurs conçus à l'initiative d'associations d'enseignants, d'équipes de recherche ou d'utilisateurs de logiciels). Cependant, l'identification de ressources pertinentes pour une classe et une notion mathématique donnée prend du temps, justement en partie à cause de l'offre très variée, puis parce que souvent les contenus des ressources disponibles ne sont pas suffisamment bien décrits. Cette offre ne couvre pas non plus nécessairement l'ensemble des besoins des enseignants, en particulier au niveau primaire. Enfin, les ressources identifiées sont parfois difficilement utilisables en dehors des communautés qui les ont produites. Elles n'ont pas non plus forcément la qualité suffisante pour être utilisées en classe. Un frein à l'intégration effective de la géométrie dynamique en classe est alors la difficulté pour l'enseignant d'évaluer la qualité et l'adéquation d'une ressource pédagogique à son contexte d'enseignement particulier. Tout enseignant soucieux de mener à bien son projet d'enseignement se pose les questions suivantes avant de mettre en place une activité dans sa classe. Est-ce que cette ressource va fonctionner pour ma classe, combien de temps me faudra-t-il pour la mettre en place, est-elle bien adaptée au niveau de ma classe ? Que vont apprendre mes élèves ? La complexité de l'environnement informatique ne va-t-elle pas empêcher l'apprentissage des mathématiques ? C'est pourquoi des outils d'indexation et de recherche de ressources ainsi qu'une évaluation de leur qualité paraissent nécessaires.

Cela conduit aux trois grands objectifs du projet européen Intergeo³ : interopérabilité de nombreux logiciels de géométrie dynamique, mutualisation de ressources et démarche qualité

³ www.inter2geo.eu/fr

concernant ces ressources. Cette communication se propose de traiter seulement l'aspect démarche qualité des ressources pour la géométrie dynamique.

3. Eléments de cadrage théorique

3.1. Notion de ressource pédagogique

Il semble nécessaire tout d'abord de revenir sur la notion de ressource pédagogique qui est un élément central de cette recherche. En effet, Noël (2007) affirme que « *le problème de l'évaluation de la ressource pédagogique se retrouve tout de suite dépendant de celui de la définition de ce qu'est une ressource pédagogique* » (p. 2). D'après l'auteur cependant la définition de la notion de ressource pédagogique reste floue malgré de nombreuses tentatives. Le plus souvent, on utilise la définition, très large, tirée du standard LOM (Learning Object Metadata) : « *Toute entité (numérique ou non) utilisée dans un processus d'enseignement, de formation ou d'apprentissage* » (ibid.). Flamand (2004), en référence aux objets d'apprentissage (OA), précise que « *afin d'être significatif et promoteur d'apprentissage, l'OA doit posséder intrinsèquement une intention, mais pas n'importe laquelle : une intention pédagogique* ». Pour le projet Intergeo, seront donc considérées comme ressources des « entités » (figures de géométrie dynamique, textes...) pour lesquelles l'intention pédagogique est explicitée.

Par ailleurs, nous partageons le point de vue de Trouche et Guin (2006) qui, en se référant à l'approche instrumentale (Rabardel, 1995), considèrent une ressource pédagogique comme un *artefact* que l'enseignant doit s'appropriier par son usage dans sa classe, la transformant ainsi en un *instrument*. Pour les auteurs, l'usage d'une ressource est une condition même de son existence : « *une ressource n'existe donc pas tant qu'elle n'a pas été expérimentée dans des classes et validée par un groupe d'enseignants pour devenir un instrument partagé par la communauté* » (p. 78). Les ressources sont alors des entités vivantes qui évoluent à travers des usages et la collaboration des enseignants. Pour la démarche qualité que nous développons dans Intergeo, nous retenons alors que la finalité d'une ressource est d'être utilisée et que son usage passe par son appropriation par l'utilisateur.

3.2. Démarche qualité

L'objectif de la démarche qualité que nous mettons en place dans le cadre du projet Intergeo pour des ressources de géométrie dynamique est une amélioration continue de ces ressources plutôt que leur évaluation au sens de produire un jugement qualifiant ces ressources de « bonnes » ou « mauvaises ». En effet, la qualité d'une ressource dépend à la fois de ses caractéristiques internes mais aussi de son adéquation au contexte dans lequel elle sera utilisée. Une ressource peut être bonne dans un contexte et mauvaise dans un autre. L'explicitation des objectifs d'apprentissage possibles avec la ressource, du contexte scolaire pour lequel elle a été conçue sont donc également importants pour déterminer, voire améliorer la qualité d'une ressource.

La démarche qualité suppose de définir des critères qui permettront l'identification des aspects à améliorer : « *Cette démarche est relative à des objectifs, à des valeurs. C'est dans une certaine direction et selon certains critères que l'on souhaite une amélioration et c'est à l'organisme qui met en place la démarche qualité de définir ces objectifs et ces valeurs* »⁴. Les critères et les valeurs que nous avons définis pour la démarche qualité concernant les ressources de géométrie dynamique sont explicités dans la partie 4.

Mahé et Noël (2006) ont mis à jour plusieurs types d'évaluation à partir d'une analyse fine de circuits d'évaluation de différents sites proposant des ressources pédagogiques :

⁴ Introduction aux démarches qualité, Educnet
(http://www2.educnet.education.fr/educnet/sections/superieur/archives/campus/guide_de_preparation)

- « - une évaluation a priori, implicite : validation automatique de la ressource, car le dépôt est conditionné par certains critères (institution d'appartenance),
 - une évaluation par validation de la conformité (technique ou descriptive) : simple modération pour vérifier l'adéquation de la ressource pédagogique avec le contenu du dépôt,
 - une évaluation par comité scientifique (peer-review) : véritable évaluation menée par des enseignants experts,
 - une évaluation par les utilisateurs : commentaires ou notation par les utilisateurs,
 - une évaluation croisée, par peer-review et par les utilisateurs. »

La démarche qualité mise en place dans le projet Intergeo consiste en deux processus distincts d'évaluation de la qualité des ressources de géométrie dynamique : (1) une évaluation experte d'un nombre restreint de ressources, qui sera réalisée par une communauté d'enseignants pilotée par des chercheurs en didactiques des mathématiques et qui consistera en une analyse a priori de la ressource, son test en classe et une analyse à l'issue du test, et (2) une évaluation par les usagers. C'est donc le dernier type d'évaluation dans la liste ci-dessus qui sera mis en place, type d'évaluation rarement mis en place d'après les auteurs.

Mahé et Noël (ibid.) proposent également sur quels aspects critiques des ressources l'évaluation doit porter :

- aspect technique, qui concerne « l'analyse de la qualité de fonctionnement et d'exécution de la ressource pédagogique » ;
- aspect contenu, qui concerne « l'analyse du contenu de la ressource, sa validité et son apport » ;
- aspect design concernant « l'analyse de la fonctionnalité de l'interface et de son intérêt par rapport aux objectifs pédagogiques définis » ;
- aspect description concernant « l'analyse de la description de la ressource, surtout lorsque les informations sont renseignées directement par l'auteur ».

Comme nous verrons dans la partie 4, les critères que nous avons définis pour la démarche qualité des ressources de géométrie dynamique s'inspirent fortement de ces catégories.

3.3. Outils théoriques pour l'analyse de ressources

Le cadre théorique pour l'analyse des ressources de géométrie dynamique est constitué d'une part des apports des théories didactiques, notamment la théorie des situations didactiques (Brousseau, 1998) qui propose des outils d'analyse de l'activité de l'élève et du rôle de l'enseignant, et la théorie anthropologique du didactique (Chevallard, 1992) qui permet de questionner l'adéquation des ressources avec les attentes institutionnelles. D'autre part, l'approche instrumentale (Rabardel, 1995) offre un cadre pour l'analyse de l'activité instrumentée.

4. Evaluation de la qualité d'une ressource de géométrie dynamique par les usagers

Pour permettre l'évaluation de qualité d'une ressource de géométrie dynamique par les usagers, nous avons conçu un questionnaire. Nous avons commencé par lister les éléments d'une ressource qui contribuent à sa qualité d'un point de vue mathématique, didactique et pédagogique. Nous avons essayé d'obtenir une liste aussi complète que possible que nous avons ensuite organisée en neuf dimensions considérées comme pertinentes pour la qualité : (1) métadonnées associées à la ressource, (2) aspect technique, (3) dimension mathématique du contenu, (4) dimension instrumentale du contenu, (5) potentialités de la géométrie dynamique, (6) mise en œuvre didactique, (7) mise en œuvre pédagogique, (8) intégration de la ressource dans une progression d'apprentissage, (9) compte-rendu des usages. Dans la suite, nous donnons un aperçu des critères et des questions associées à ces dimensions qui

renvoient particulièrement à l'expertise mathématique et didactique. Le questionnaire complet ainsi que le processus d'élaboration sont décrits dans (Mercat et al., 2008).

4.1. La dimension mathématique du contenu d'une ressource

Il est indiscutable que, pour garantir l'utilisabilité d'une ressource, l'activité qu'elle propose doit être mathématiquement correcte. L'adéquation du contenu aux programmes permet d'en évaluer l'utilité. Le troisième critère retenu est l'adéquation des activités mathématiques proposées avec les objectifs annoncés. Ce critère contribue à l'évaluation des métadonnées de la ressource. Les critères relevant de cette dimension de la ressource et les questions associées sont présentés dans le tableau 1 ci-dessous :

<i>Critère</i>	<i>Question</i>
Validité	Les activités mathématiques proposées dans la ressource sont-elles correctes du point de vue mathématique ?
Adéquation aux programmes	Les activités mathématiques sont-elles en adéquation avec les programmes officiels et les attentes institutionnelles ?
Adéquation aux objectifs annoncés	Sont-elles en adéquation avec les objectifs annoncés dans la ressource ?

Tableau 1. Dimension mathématique du contenu d'une ressource de géométrie dynamique.

4.2. La dimension instrumentale du contenu d'une ressource

Si la ressource comporte une (ou des) figure(s) de géométrie dynamique, il faut qu'une cohérence entre l'activité proposée et la (ou les) figure(s) soit garantie. Précisément, les figures dynamiques doivent se comporter de la façon attendue, c'est-à-dire être cohérentes avec les théories mathématiques et les intentions didactiques. Une attention particulière doit être portée à la gestion des cas limites et des grandeurs numériques (telles que les mesures d'angle et de longueur) afin de garantir les apprentissages visés. Enfin, pour faciliter l'appropriation de la ressource par un usager, il est nécessaire de décrire le fonctionnement d'outils ou de fonctionnalités particulières, telles que les macro-constructions par exemple.

<i>Critère</i>	<i>Question</i>
Adéquation des figures	Les figures dynamiques correspondent-elles aux activités mathématiques proposées ?
Comportement des figures	Les figures dynamiques se comportent-elles de la manière attendue dans l'activité ?
Gestion de cas limites	La gestion des cas limites des figures dynamiques est-elle acceptable du point de vue mathématique ?
Gestion des valeurs approchées	La gestion des valeurs numériques est-elle acceptable, c'est-à-dire qu'elle ne remet pas en cause les intentions des activités mathématiques ?
Fonctionnalités particulières	Si la figure fait appel à des fonctionnalités particulières (ex. macro-construction), le fonctionnement de celles-ci est-il clairement décrit ?

Tableau 2. Dimension instrumentale du contenu d'une ressource de géométrie dynamique.

4.3. Potentialités de la géométrie dynamique

De nombreuses recherches sur la géométrie dynamique ont mis en évidence son apport pour l'apprentissage de la géométrie (Laborde 2002, Lins 2003). Cette dimension permet d'abord d'évaluer comment la ressource exploite effectivement les différentes possibilités offertes par la géométrie dynamique et, notamment, comment elle contribue à la transformation et l'amélioration des situations d'apprentissage par rapport à l'environnement papier-crayon. Elle permet également d'analyser la façon dont la ressource contribue à atteindre l'objectif d'apprentissage affiché. Cette dimension comporte deux critères : (1) identification des éléments spécifiques à la géométrie dynamique qui rajoutent de la valeur pédagogique à la ressource, (2) rôle et utilisation du déplacement dans la ressource, le déplacement étant une caractéristique fondamentale de la géométrie dynamique, pouvant être exploité de façon

variée pour l'apprentissage (Laborde 2002, Healy 2000, Mariotti 2000). Une ressource ne peut pas tirer avantage de tous les apports de la GD, mais elle doit en exploiter certains pour assurer une qualité minimum. Notre hypothèse est que les enseignants perçoivent la GD comme permettant principalement de déplacer des points pour observer des propriétés invariantes (Tapan 2006).

<i>Critère</i>	<i>Question</i>
Valeur ajoutée par la géométrie dynamique dans la ressource	La GD fonctionne-t-elle comme un amplificateur visuel du fait qu'elle améliore la qualité graphique et la précision des tracés de figures ?
	La GD est-elle utilisée pour obtenir rapidement plusieurs cas de la même figure ?
	La GD fournit-elle un champ d'expérimentation pour l'activité de l'élève, en particulier favorise-t-elle l'exploration et les stratégies par essai-erreur ?
	Les feedbacks permettent-ils à l'élève de valider par lui-même ses constructions ?
	Cette ressource utilise-t-elle la possibilité d'articuler différentes représentations du même problème mathématique offerte par la GD ?
	La GD permet-elle d'aider l'élève à dépasser les considérations sur les caractéristiques spatio-graphiques de la figure pour s'intéresser aux propriétés géométriques ?
	Le problème posé à l'élève est-il spécifique à la GD, i.e. il n'aurait pas de sens sans ?
	L'utilisation de la GD dans l'activité contribue-t-elle à atteindre les objectifs visés ?
Utilisation et rôle du déplacement	Le déplacement est-il utilisé pour illustrer une propriété géométrique, i.e. les élèves doivent observer si une propriété donnée est invariante au cours du déplacement ?
	Le déplacement est-il utilisé pour conjecturer une propriété géométrique, i.e. les élèves doivent observer si une propriété supposée est invariante au cours du déplacement ?
	Le déplacement est-il utilisé pour étudier les différents cas de figure ?
	Le déplacement est-il utilisé pour obtenir momentanément une configuration particulière qui satisfait des conditions imposées ?
	Le déplacement est-il utilisé pour identifier les relations de dépendance entre les objets ?
	Le déplacement des objets de la figure est-il utilisé pour illustrer le lien entre hypothèses et conclusion dans un théorème, i.e. les élèves déplacent pour satisfaire momentanément les hypothèses d'un théorème ou d'un problème (construction molle) et doivent observer les propriétés obtenues comme conséquences nécessaires de ces hypothèses ?
	Le déplacement des objets de la figure est-il utilisé pour étudier la trajectoire d'objets géométriques (lieu, trace...) ?
	L'utilisation du déplacement est-elle mentionnée dans les instructions pour les élèves ?

Tableau 3. Potentialités de la géométrie dynamique.

4.4. La mise en œuvre didactique de la ressource

Selon Trouche (2005), une intégration réussie d'outils technologiques nécessite une organisation particulière des interactions entre les apprenants et les outils qu'il appelle "orchestration" de la classe. Il souligne l'importance de la gestion des processus instrumentaux en relation avec les apprentissages mathématiques. Nous pensons qu'une ressource "de qualité" devrait fournir de l'assistance à l'enseignant sous forme d'éléments relatifs à l'orchestration de la classe, l'accompagnant dans l'organisation des conditions propices à l'apprentissage visé. Nous proposons les critères et les questions présentés dans le tableau 4 afin d'évaluer cet aspect de la ressource.

Le questionnaire ainsi obtenu comprend 9 dimensions regroupant un total de 59 questions. Il traite d'une grande variété d'aspects de la qualité d'une ressource de GD et tente d'être exhaustif. Cependant, les questions ne sont pas homogènes du point de vue de l'expertise requise à la fois pour comprendre les questions et pour produire une réponse valide. Nous pouvons faire l'hypothèse que chaque utilisateur ne va pas évaluer tous les aspects d'une ressource mais plutôt se concentrer sur les dimensions qui correspondent à son champ d'expertise et à ses attentes relatives à une ressource de qualité. Par ailleurs, la qualité d'une

ressource sera calculée à partir de l'évaluation de multiples utilisateurs, ainsi nous espérons que chaque dimension sera considérée par au moins quelques-uns d'entre eux.

<i>Critère</i>	<i>Question</i>
Gestion des apprentissages mathématiques	Les élèves entrent-ils facilement dans l'activité proposée ?
	L'activité laisse-t-elle suffisamment d'initiative à l'élève pour le choix de stratégies ?
	La ressource décrit-elle les stratégies et les réponses possibles des élèves, correctes et/ou erronées ?
	La ressource donne-t-elle des informations sur les interventions de l'enseignant pour gérer les erreurs des élèves ?
	La ressource donne-t-elle des informations sur les interventions de l'enseignant pour démarrer l'activité des élèves ?
	La ressource donne-t-elle des informations sur les interventions de l'enseignant pour faire évoluer les stratégies des élèves ?
	La ressource donne-t-elle des informations sur les interventions de l'enseignant aux moments de synthèse ?
	La ressource donne-t-elle des informations sur les moments de validation (qui valide ?, quand ?, comment ?) ?
	La ressource discute-t-elle des caractéristiques principales de l'activité, de leurs effets attendus sur les comportements des élèves et des autres choix possibles ?
Gestion des activités instrumentées	La ressource donne-t-elle des informations sur les rétroactions du logiciel ?
	La figure fournit-elle suffisamment de rétroactions permettant à l'élève d'avancer dans la résolution de l'activité ?
	La ressource donne-t-elle des informations sur les interventions possibles pour l'enseignant à propos des aspects instrumentaux de l'activité (ex. aide pour interpréter le feedback du logiciel, aide pour utiliser un outil) ?

Tableau 4. Mise en œuvre didactique d'une ressource de géométrie dynamique.

Etant donné la longueur du questionnaire obtenu, il a paru nécessaire d'en proposer une version allégée aux utilisateurs. Le questionnaire final comporte ainsi 9 questions générales, une par dimension, chaque dimension pouvant être traitée de façon globale. S'il le souhaite et en accord avec son expertise, l'utilisateur peut alors approfondir certaines de ses réponses en déployant les questions plus précises relatives aux dimensions qu'il voudrait et pourrait analyser plus finement. Il peut également réaliser son évaluation en plusieurs fois. Il faut noter que le processus de classement des ressources, en cours de développement, prendra en compte l'expertise déclarée de l'utilisateur pour attribuer un poids aux évaluations qu'il produit.

5. Expérimentation

Etant donné que notre questionnaire s'adresse essentiellement aux enseignants de mathématiques comme usagers de ressources de géométrie dynamique dont la qualité est à évaluer, nous avons souhaité vérifier la pertinence et la clarté des questions proposées auprès des enseignants. Dans ce but, nous avons mis en place une première expérimentation préliminaire avec un groupe d'enseignants, en utilisant une version simplifiée du questionnaire, élaborée spécialement pour cette expérimentation. Dans ce qui suit, nous présentons brièvement la ressource expérimentée, le questionnaire, l'expérimentation elle-même et les résultats les plus significatifs.

5.1. La ressource et le questionnaire

Nous avons élaboré une ressource spécifique pour l'expérimentation afin d'en contrôler ses caractéristiques (apport de la GD, présence de différents fichiers etc.). La ressource utilisée est constituée d'une fiche élève, d'une fiche professeur et de trois fichiers de géométrie dynamique ; elle concerne le thème quadrilatères et l'introduction d'un quadrilatère particulier, le cerf-volant (isocèle). L'activité mathématique proposée est du type boîte noire,

c'est à dire qu'elle propose l'exploration d'une figure dynamique et sa reconstruction. Dans cette ressource l'exploration de la figure pour la reconstruction est relativement orientée, afin d'amener les élèves à caractériser le cerf-volant par un maximum de ses propriétés (côtés, angles et diagonales), même si certaines ne sont pas forcément utiles pour la construction dans la suite. Cela résulte de l'expérience des formateurs du niveau scolaire auquel la ressource est destinée (6^{ème}/5^{ème}). Ils savent que l'exploration par déplacement et le « traitement de la figure » pour identifier les propriétés et les relations entre les éléments de la figure ne se font pas spontanément par les élèves et ne doivent donc pas être complètement laissés à leur charge.

La fiche élève comprend deux activités : (1) la caractérisation et la construction d'un cerf-volant, (2) l'exploration de la figure à l'aide du déplacement pour la mise en relation de quadrilatères usuels – discussion de la possibilité d'obtenir d'autres quadrilatères (carré, losange, rectangle non carré) à partir du cerf-volant. Les trois fichiers de géométrie dynamique qui accompagnent ces activités sont deux figures dynamiques (cf. figure 1) et une macro-construction pour la validation de la construction du cerf-volant.

La fiche professeur présente une description rapide de la séquence et de son déroulement (cf. annexe).

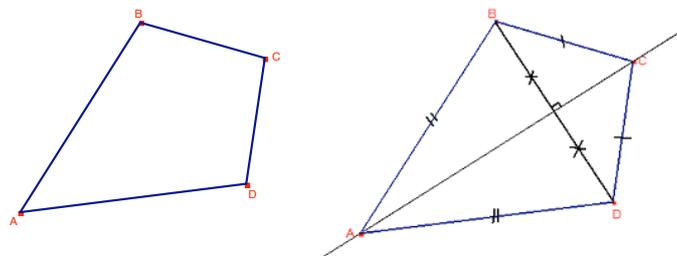


Figure 1. Figures dynamiques faisant partie de la ressource.

Pour l'expérimentation, nous avons retenu et adapté quelques questions du questionnaire initial présenté en section 4, celles concernant la qualité mathématique et instrumentale de la ressource, l'apport de la géométrie dynamique et les éléments de mise en œuvre présentés afin de satisfaire les conditions spécifiques de l'expérimentation, en particulier sa durée. De plus, quelques questions ont été présentées de façon plus ouverte, dans le but d'identifier les éléments considérés comme essentiels par les enseignants lorsqu'ils analysent une ressource et essaient de se l'approprier. Le questionnaire utilisé est présenté en figure 2. L'utilisation du questionnaire a eu pour objectif d'analyser la pertinence des critères d'évaluation retenus, de comprendre ce qu'est une ressource de qualité pour les enseignants et enfin de déterminer quels sont les éléments nécessaires à la mutualisation d'une ressource et à son appropriation par un enseignant. Dans la suite, nous décrivons les éléments de mise en œuvre de l'expérimentation ainsi que ses principaux résultats.

5.2. Expérimentation et quelques résultats

L'expérimentation s'est déroulée en une seule séance de 2h30, dans un module de « Géométrie » lors d'un stage de formation continue dans une université privée de São Paulo (Brésil). Le groupe des stagiaires était constitué de 22 enseignants de mathématiques de l'enseignement secondaire. Ils ont travaillé en binôme en salle d'informatique, avec quelques moments de mise en commun. Le groupe avait en moyenne 6 ans d'expérience professionnelle et les participants peuvent être considérés comme ayant un faible degré d'intégration des TICE en classe. La plupart débutaient en géométrie dynamique (ils ont eu 6h de formation en géométrie dynamique avec le logiciel Cabri).

Binôme : Date :

- Par rapport à la **fiche élève**
 1. Les énoncés des activités sont-ils :
 - a) clairement formulées ?
 - b) corrects du point de vue mathématique ?
 2. Les problèmes mathématiques que les élèves ont à traiter sont-ils facilement identifiables ?
 3. Les fichiers DGS qui accompagnent les fiches élèves sont-ils :
 - a) aisément accessibles ?
 - b) en adéquation avec les activités proposées ?
 - c) la figure se comporte-t-elle de manière attendue ?
 4. Utiliseriez-vous ce type de ressource en classe avec vos élèves ? Sans ou avec adaptation et/ou reformulation ? Lesquelles ?

- Par rapport à l'intégration de la **géométrie dynamique**
 1. Comment évaluez-vous le rôle de la géométrie dynamique ? A votre avis est-il envisageable de proposer cette séquence sans logiciel ?
 2. Si non, quels principaux aspects justifient l'usage du logiciel ?
 3. L'usage du déplacement peut-il contribuer à atteindre les objectifs annoncés ? Pourquoi ?

- Par rapport à la **fiche du professeur**
 1. Quels éléments de la fiche du professeur vous semblent-ils essentiels et les plus pertinents pour un usage pédagogique ?
 2. A votre avis, le matériel est-il suffisant pour une appropriation aisée de la séquence proposée ? Identifiez-vous des éléments manquants ? Lesquels ?
 3. Souhaiteriez-vous avoir d'autres types de matériels ou de « documents » ? Lesquels ?
 4. En supposant que d'autres collègues ont déjà expérimenté en classe ces activités, quels éléments ou informations considérez-vous importants d'être mis à disposition pour partager/échanger cette expérience avec vous ?

Figure 2. Questionnaire d'évaluation de la ressource

La séance a été organisée en trois phases : (1) résolution des activités proposées dans la fiche élève, (2) analyse a priori de ces activités, (3) analyse de la ressource guidée par le questionnaire modifié (cf. figure 2). Nous ne présentons que les résultats les plus significatifs de la phase 3.

L'analyse de la ressource portait sur la fiche professeur, la fiche élève et les fichiers informatiques. Dans la fiche professeur, les enseignants ont particulièrement apprécié la description brève de la séquence qui constitue pour eux une sorte de "carte de visite" de la ressource, ainsi que la description synthétique de l'organisation de la séquence : « *très bien comme ça, on a directement toutes les informations essentielles* », « *on comprend tout de suite comment organiser la séquence* ». Pour une meilleure appropriation de la ressource, les enseignants ont exprimé le besoin de comprendre comment la macro-construction a été construite et comment elle fonctionne. Ils auraient également souhaité trouver plus d'informations sur le rôle de l'enseignant : quelles interventions et à quel moment ? quel accompagnement du travail des élèves ? Plusieurs enseignants considèrent qu'un document contenant les solutions et les réponses attendues, mais également des difficultés prévisibles des élèves avec propositions d'orientations didactiques (ex. fiche élève "commentée" à l'attention du professeur) contribuerait à une meilleure appropriation de la ressource.

Concernant la fiche élève, tous les enseignants ont trouvé les tâches facilement identifiables, mathématiquement correctes et clairement formulées. Une attention particulière a été portée sur le vocabulaire dans le souci de rendre les énoncés accessibles aux élèves. Les enseignants ont utilisé cette fiche également pour mieux comprendre l'organisation de la séquence et sa progression : « *la fiche élève nous permet de bien comprendre la séquence entière et d'identifier les contenus et objectifs* », « *la fiche élève est très bien faite [...] on voit clairement la progression de la séquence : observation des côtés, symétrie entre sommets et angles. Puis, la construction est proposée et enfin, étude de quelques cas [...]* ».

Enfin, concernant la géométrie dynamique, pour tous les enseignants, son apport paraît incontestable : « activités spécifiques à Cabri », « le logiciel est indispensable », « impossible sans Cabri ». Ceci n'est pas étonnant car la ressource a été conçue de manière à proposer une activité spécifique à la géométrie dynamique. Les enseignants ont précisé que « le logiciel favorise la vérification de propriétés », « il serait difficile de visualiser les propriétés sans déplacement et la possibilité de modifier les figures ». Ils ont spontanément évoqué la possibilité de manipuler la figure et d'identifier ainsi ses propriétés, d'utiliser le déplacement pour vérifier les propriétés des figures, de traiter plusieurs cas de la même figure, de réaliser plus aisément et avec plus de précision les constructions.

Cependant, tous ces critères n'ont pas été formulés spontanément par les enseignants en formation. Ils ont reconnu qu'ils n'auraient pas été capables de le faire sans avoir été guidés par le questionnaire et sans avoir fait auparavant une analyse a priori de la ressource. Le questionnaire a orienté leur attention sur les aspects importants de la ressource et ils ont ainsi réussi à l'analyser de manière plus profonde que ce que nous avons prévu. Ainsi, les critères du questionnaire semblent accessibles aux enseignants et pertinents pour évaluer la qualité d'une ressource. Le questionnaire apparaît ainsi non seulement comme un moyen de caractériser la qualité d'une ressource et d'établir des pistes pour l'améliorer, mais aussi comme un moyen de former les utilisateurs de la ressource, de les rendre plus conscients de ses apports et ses manques et donc plus capables de l'exploiter correctement.

6. Conclusion

En ce qui concerne la problématique de la formation des enseignants (pôle 3), les résultats de l'expérimentation, associés à quelques témoignages des participants, montrent l'intérêt de former les enseignants à l'analyse des ressources. En effet, certains éléments mis en évidence par le questionnaire ont attiré l'attention des enseignants qui affirment savoir plus précisément quels sont les aspects pertinents à prendre en compte lors du choix d'une ressource, aspects qu'ils n'avaient que rarement considérés avant la formation. Parmi ces éléments, il y a notamment la fiche professeur comportant les informations sur la mise en œuvre et les aspects relatifs à l'apport de la géométrie dynamique, en particulier l'analyse du rôle du déplacement, qui deviennent pour eux des sortes de « repères » importants lors du choix d'une ressource.

D'autre part, cette démarche qualité concernant les ressources peut avoir des retombées en termes d'amélioration des ressources elles-mêmes mais aussi de leur indexation, en mettant en relief les informations permettant leur repérage plus aisé et notamment celles de meilleure qualité. En effet, les critères de qualité peuvent être considérés comme des clefs permettant l'amélioration de ressources existantes mais aussi pour la conception de nouvelles ressources satisfaisant dès le départ à ces critères. L'association d'un questionnaire qualité à une ressource est donc un moyen de faire participer l'utilisateur à l'évolution de la ressource et de son indexation, et de ce fait au processus même de sa conception. A terme, ce processus pourrait donner lieu à un modèle qui servirait de guide aux concepteurs de ressources, mettant en évidence les éléments nécessaires et fonctionnant comme un repère méthodologique les explicitant de manière compréhensible et accessible aux usagers potentiels.

Références bibliographiques

Artigue M. (2000), *Instrumentation issues and the integration of computer technologies into secondary mathematics teaching*, Paris, (http://webdoc.gwdg.de/ebook/e/gdm/2000/artigue_2000.pdf).

Artigue M. (2002), Learning mathematics in a CAS environment: the genesis of a reflection about instrumentation and the dialectics between technical and conceptual work, *International Journal of Computers for Mathematical Learning* 7, 245–274.

Brousseau, G. (1998), *Théorie des situations didactiques*, La Pensée Sauvage éditions.

- Chaachoua H. (2004), *Usage des TICE dans l'enseignement : Quelles compétences pour un enseignant des mathématiques ?* Grenoble (<http://edutice.archives-ouvertes.fr/docs/00/00/31/56/PDF/Chaach.pdf>).
- Chevallard, Y. (1992), Concepts fondamentaux de la didactique : perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherches en Didactique des Mathématiques* 12/1, 77-111.
- Flamand, P. (2004), Les objets d'apprentissage : au-delà de la technologie, la pédagogie. *CLIC* 54 (<http://clic.ntic.org/cgi-bin/aff.pl?page=article&id=1100>).
- Guin D., Joab M., Trouche L. (Dir.) (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. (2008), Un assistant méthodologique pour étayer le travail documentaire des professeurs : le cédérom SFoDEM 2008, *Repères-IREM* 72.
- Jahn A. P., Healy L., Coelho S. P. (2007), Concepções de professoras de matemática sobre prova e seu ensino: mudanças e contribuições associadas à participação em um projeto de pesquisa. *Anais da 30ª Reunião Anual da ANPEd*, Caxambu/MG, 7-10 de outubro de 2007.
- Jaworski, B. (2007), Theory and Practice in Mathematics Teaching Development: Critical Inquiry as a Mode of Learning in Teaching. *J. of Math. Teacher Education* 9(2), 187-211.
- Krainer, K. (2003), Teams, communities&networks. *J. of Math. Teacher Educ.* 6(2), 185-194.
- Lagrange J. B., Hoyles C. (2006), *Digital Technologies and Mathematics Teaching and Learning: Rethinking the Domain*. 17th ICMI Study, 2006.
- Mahé, A., Noël, E. (2006), *Description et évaluation des ressources pédagogiques : Quelle évaluation des ressources pédagogiques ?* (http://isd.m.univtln.fr/PDF/isd25/mahe_ticemed2006.pdf).
- Mercat C., Soury-Lavergne S., Trgalova J. (2008), *Quality Assessment Plan*. Intergeo, Deliverable N° D6.1, March 2008 (http://www.inter2geo.eu/files/D6.1_060508.pdf).
- Miyakawa T., Winsløw C. (2007), Etude collective d'une leçon : un dispositif japonais pour la recherche en didactique des mathématiques, in I. Bloch, F. Conne (dir.), *Actes de l'Ecole d'Eté de Didactique des Mathématiques*. Grenoble : La pensée sauvage, 2007.
- Noël, E. (2007), *Quelle évaluation des ressources pédagogiques ?* Journée d'étude des URFIST « Evaluation et validation de l'information sur Internet », 31 janvier 2007, Paris.
- Rabardel, P. (1995), *Les hommes et les technologies : Approche cognitive des instruments contemporains*. Armand Colin.
- Restrepo A. (2007), *A propos du projet MAGI*. Atelier animé à la 14ème Ecole d'été de didactique des mathématiques, Sainte Livrade, Août 2007.
- Tapan S. (2006), *Différents types de savoirs mis en œuvre dans la formation initiale d'enseignants de mathématiques à l'intégration de technologies de géométrie dynamique*. Thèse de Doctorat de l'Université Joseph Fourier, Grenoble, 2006.
- Trouche L. (2005), Construction et conduite des instruments dans les apprentissages mathématiques : nécessité des orchestrations. *Recherches en Didactique des math.* 25(1).

ANNEXE : Fiche professeur

Date	23 mars 2008
Fiche élaborée par	Groupe GEOFIB

<i>Descriptif rapide de la séquence</i>	
Thème	Propriétés des quadrilatères usuels
Niveau	6 ^{ème} / 5 ^{ème}
Objectif mathématique visé	Caractérisation du cerf-volant (isocèle) et classification (mise en relation avec d'autres quadrilatères usuels) Référence au programme officiel : voir annexe
Pré-requis	Propriétés des quadrilatères usuels (losange, carré, rectangle) ; notion de symétrie axiale et d'axe de symétrie
Matériel à utiliser (outils TICE et autres)	Fiches papier, environnement de géométrie dynamique (TEP, Cabri, p. ex.) avec fichier figure
Nombre de séances	2 (environ 1h30 chacune)

<i>Déroulement de la séquence et descriptif de chaque séance</i>					
Type de séance		Situation : structure pédagogique	Description des tâches		Contenu : documents-supports et outils utilisés
			de l'enseignant	des élèves	
S1	Observation et découverte Construction	Travail en binôme (salle informatique)	Seule la page 1 de l'activité 1 est distribuée et l'enseignant circule dans les groupes. Il distribue ensuite la page 2 aux groupes qui ont terminé la page 1.	Les élèves manipulent la figure proposée et complètent les fiches en même temps.	Fiche élève (Activité 1) Fichiers informatiques (figure dynamique, macro pour Cabri)
S2	Classification Synthèse	Travail en binôme (salle informatique) Classe entière	Seule la page 1 de l'activité 2 est distribuée. L'enseignant circule dans les groupes. Il s'assure que chaque groupe a obtenu un losange et un carré. Puis il distribue la page 2. L'enseignant distribue le tableau synthèse. Il organise un bilan pour extraire les informations importantes des deux activités	Les élèves manipulent la figure et complètent les fiches. Ils appellent le professeur lorsque la figure manipulée est bien un losange ou un carré pour valider la manipulation. Les élèves participent à la discussion et remplissent le tableau synthèse.	Fiche élève (Activité 2) Fichiers informatique (figure dynamique) Fiche élève (tableau synthèse)