

APPORT DE L'ERGONOMIE DES EIAH POUR L'ANALYSE ET LA CONCEPTION DE RESSOURCES

Jean-Philippe Georget

DIDIREM, Université de Paris 7, France

IUFM Centre Val de Loire

jean-philippe.georget@orleans-tours.iufm.fr

Résumé. Les concepts d'utilité, d'utilisabilité, d'adaptabilité, d'acceptabilité et d'évaluation empirique et par inspection, utilisés dans l'étude ergonomique des environnements informatiques pour l'apprentissage humain sont présentés et adaptés à l'analyse et la conception de ressources pour des enseignants. Une utilisation de ces concepts est proposée à l'aide d'une ressource consacrée à une activité de recherche et de preuve entre pairs issue d'une expérimentation menée dans l'enseignement primaire.

Mots-clés. ergonomie, ressources, utilité, utilisabilité, adaptabilité, acceptabilité, évaluation empirique et par inspection

Introduction

Notre contribution intéresse deux pôles du groupe *Technologie et enjeux de développement*, celui de la technologie et du développement de ressources et celui de la technologie et du développement professionnel. Elle présente en détail des concepts de l'ergonomie des environnements informatiques pour l'apprentissage humain (EIAH) que nous avons seulement évoqués dans (Georget, 2006) et qui sont utiles pour répondre à une première question du thème : « comment prendre en compte, dès la conception des ressources, les besoins des enseignants, les contraintes technologiques, les nécessités institutionnelles ? ». Elle constitue aussi un élément de réponse à une seconde question : « comment dépasser le rapport initial souvent d'imitation ou de rejet ? ». En effet, elle présente des outils permettant de tenir compte des différences entre la variété des pratiques existant au sein d'une communauté d'enseignants de mathématiques et les pratiques visées par des ressources. Plus globalement, notre contribution montre donc l'intérêt de l'approche ergonomique des EIAH, rarement rencontrée en didactique des mathématiques tout au moins sous une forme explicite, pour l'analyse et la conception de ces ressources. Nous illustrerons notre propos en nous appuyant sur une expérimentation qui visait à concevoir et à étudier les moyens de favoriser la pratique d'activités de recherche et de débats entre pairs dans des classes de l'enseignement primaire. Notre travail s'appuie largement sur la théorie des communautés de pratique (CoP), aspect que nous avons déjà développé dans (Georget, 2006).

Notre expérience de formateur en Institut Universitaire de Formation des Maîtres (IUFM) nous a montré combien nombre d'enseignants sont relativement réticents à consulter la littérature professionnelle et combien ils apprécient généralement, au moins dans un premier temps, de consulter des ressources relativement courtes et faciles d'accès. Ceci pose un problème d'autant plus important lorsque ces ressources cherchent à favoriser une pratique nouvelle et complexe, comme c'est le cas dans notre expérimentation. En effet, il est tentant, dans une première approche, de vouloir apporter un volume relativement conséquent d'information de manière à assurer au mieux la compréhension des activités par les enseignants. On se trouve alors devant un paradoxe d'incomplétude des ressources. En effet, si les ressources sont « trop incomplètes », les enseignants auront vraisemblablement du mal à en tirer profit et si, à l'inverse, les ressources

sont « trop complètes », les enseignants risquent de ne pas les utiliser du fait de la quantité d'information à traiter. Notre expérimentation visait en partie à vérifier cette hypothèse concernant la quantité d'information contenue dans les ressources et à trouver les moyens de dépasser le paradoxe que nous venons d'énoncer.

Notre contribution est centrée sur des concepts issus du champ de l'ergonomie des EIAH qui nous permettent de préciser certains de nos critères pour la conception des ressources. Nous présenterons ces concepts dans une première partie, ce qui nous permettra de mieux définir le paradoxe d'incomplétude des ressources. Nous présenterons ensuite brièvement le contexte de notre travail et enfin, nous illustrerons notre propos à l'aide d'une ressource consacrée à une activité de recherche, le problème *Golf*.

1. Concepts de l'ergonomie des EIAH et premières applications à l'analyse et à la conception de ressources

Les concepts d'utilité, d'utilisabilité, d'adaptabilité et d'acceptabilité sont couramment utilisés dans l'étude ergonomique des environnements informatiques pour l'apprentissage humain (EIAH) et nous pensons qu'ils sont utiles pour analyser et concevoir des ressources à destination des enseignants de mathématiques. Voici comment (Tricot et al., 2003) définissent l'utilité d'un EIAH : *L'évaluation de l'utilité relève du domaine général de la pédagogie, des didactiques, et plus généralement de l'évaluation telle qu'elle est habituellement conçue en enseignement et en formation. Il s'agit d'évaluer s'il y a bien adéquation entre l'objectif d'apprentissage défini par l'enseignant (ou le concepteur) et l'atteinte de cet objectif* (ibid., p. 393). L'évaluation de l'utilité d'un EIAH, et plus largement d'une ressource, consiste donc à évaluer son adéquation par rapport aux souhaits des auteurs. Notons qu'il peut y avoir divergence entre les souhaits du concepteur et de l'utilisateur final.

Quant à l'utilisabilité d'un EIAH : *[elle] désigne la possibilité d'utiliser l'EIAH : sa maniabilité. L'utilisabilité d'un EIAH se joue au niveau de son interface (sa cohérence, sa lisibilité, la façon dont elle représente les actions possibles, etc.), de sa navigation (la cohérence, la simplicité, l'exhaustivité des déplacements possibles, etc.) et de sa cohérence avec l'objectif et le scénario didactiques. Elle est aussi fonction de l'adéquation entre les objectifs du concepteur et ceux de l'utilisateur* (ibid., p. 393). L'utilisabilité d'une ressource pourrait s'évaluer en étudiant ses possibilités d'utilisation et sa capacité à présenter clairement des activités à mener en classe.

L'évaluation de l'utilisabilité comprend un critère qui nous semble particulièrement important pour l'étude des ressources à destination des enseignants, celui de l'adaptabilité. Dans le contexte des sites Web, Bastien et al. (1998) le définissent ainsi : *« l'adaptabilité d'un système concerne sa capacité à réagir selon le contexte, et selon les besoins et préférences des utilisateurs. Deux sous-critères participent au critère Adaptabilité : Flexibilité et Prise en compte de l'expérience de l'utilisateur »*. Les auteurs précisent que : *Le critère Flexibilité concerne les moyens mis à la disposition des utilisateurs pour personnaliser l'interface afin de rendre compte de leurs stratégies ou habitudes de travail et des exigences de la tâche. Le critère Flexibilité correspond aussi aux différentes possibilités qu'ont les utilisateurs pour atteindre un objectif donné. Il s'agit, en d'autres termes, de la capacité de l'interface à s'adapter à des actions variées des utilisateurs. [...] Le critère Prise en compte de l'expérience de l'utilisateur concerne les moyens mis en oeuvre pour respecter le niveau d'expérience de l'utilisateur* (ibid.). Il nous paraît essentiel de permettre à l'enseignant de personnaliser les ressources qu'on lui propose, de les adapter à

sa propre pratique et à ses contraintes (Robert, 2001). Les ressources destinées aux enseignants doivent élargir l'espace de liberté des enseignants (Robert et Rogalski, 2002) et non le réduire. À cet égard, l'usage des technologies informatiques semble davantage adapté à cet objectif que le support papier. Par exemple, il est possible de ne faire apparaître qu'une ressource réduite dans un premier temps, de proposer des développements dans un second temps, de permettre la création d'un document composite à partir d'autres pré-existants. Encore faut-il qu'un artefact facilite cette composition. Un enseignant, dès lors qu'il utilisera plusieurs fois une ressource pourra souhaiter marquer les problèmes déjà faits, ajouter diverses remarques ou notes le concernant, voire partager certaines de ces informations avec d'autres enseignants. Ainsi, si des ressources visent des changements de pratique, on peut s'interroger si celles-ci n'évoluent pas avec l'expérience de l'enseignant et en prenant en compte de cette expérience.

Enfin, Tricot et al. (op. cit.) définit l'acceptabilité comme : *[...] la valeur de la représentation mentale (attitudes, opinions, etc. plus ou moins positives) à propos d'un EIAH, de son utilité et de son utilisabilité. Cette représentation mentale peut être individuelle ou collective. La valeur de cette représentation conditionnerait la décision d'utilisation de l'EIAH. L'acceptabilité peut être sensible à des facteurs très divers comme la culture et les valeurs des utilisateurs, leurs affects, leur motivation, l'organisation sociales et les pratiques dans lesquelles s'insère plus ou moins bien l'EIAH* (ibid., p. 393). L'évaluation de l'acceptabilité consiste en quelque sorte à étudier si un utilisateur trouve un intérêt dans un EIAH ou une ressource du point de vue de son utilité et de son utilisabilité. En proposant des ressources à des enseignants, le chercheur se positionne souvent en tant qu'auteur. Même s'il souhaite collaborer avec des enseignants pour concevoir ces ressources, on se doute que les souhaits du chercheur et des enseignants risquent d'être bien différents. Le chercheur souhaitera, par exemple, des ressources en adéquation avec les résultats des recherches sur l'enseignement des mathématiques et avec ses propres conceptions de ce que doivent être ces ressources. Les enseignants souhaiteront plutôt des ressources rapidement et facilement exploitables pour préparer la classe. Les différentes attentes risquent donc d'être inconciliables. Le chercheur, connaissant le décalage entre des pratiques qu'il veut promouvoir et les pratiques existantes voudra détailler les tenants et les aboutissants alors même que l'enseignant souhaitera, lui, limiter la quantité du texte pour s'approprier la ressource plus rapidement et, peut-être, plus facilement. C'est le paradoxe d'incomplétude d'une ressource : trop complète, c'est son acceptabilité qui est remise en cause, trop incomplète, c'est son utilité qui risque de l'être. On voit ici que les concepts d'ergonomie présentés nous ont permis de mieux définir le paradoxe d'incomplétude déjà présenté plus haut.

Dans (Tricot et al., op. cit.), les auteurs questionnent les relations qui existent entre les différentes dimensions utilité, utilisabilité et acceptabilité. Ces relations peuvent être des relations de dépendance et d'indépendance. Voyons un exemple adapté à notre utilisation des concepts d'utilité et d'acceptabilité. Une ressource peut être acceptée par des enseignants car perçue comme utile par les enseignants. La ressource devient alors effectivement utile, elle remplit les objectifs de ces concepteurs. Néanmoins, il est aussi possible qu'elle soit acceptée et ne pas être utile. C'est le cas, par exemple, si l'information présentée dans la ressource est mal interprétée par les enseignants ou bien si elle n'est pas pertinente pour l'utilisation prévue par les concepteurs. Une ressource peut aussi être utile et ne pas être acceptée par des enseignants. C'est le cas, par exemple, si la pratique qu'elle préconise est trop éloignée des

pratiques traditionnelles ou bien si l'information est difficilement interprétable par les enseignants ce qui conduit au rejet de la ressource.

Selon (Tricot et al., op. cit.), l'utilisation des concepts présentés plus haut peut intervenir dans deux types d'évaluation, l'évaluation par inspection et l'évaluation empirique : *L'évaluation par inspection est réalisée par un « expert » qui applique de façon plus ou moins explicite des critères d'évaluation. Par exemple, un ergonome va réaliser une évaluation par inspection de l'utilisabilité d'un site Web présentant des cartes géographiques, un spécialiste de didactique des mathématiques va réaliser l'évaluation d'un Tuteur Intelligent pour l'enseignement des mathématiques au CP. L'évaluation empirique, quant à elle, consiste à interpréter les performances des usagers, à qui l'on prescrit une tâche, et plus généralement à interpréter leurs comportements, attitudes, opinions* (ibid., p. 392). Les auteurs ajoutent qu'ils admettent que : [...] ces deux types d'évaluations sont strictement distincts et complémentaires. *L'évaluation par inspection permet de repérer rapidement les erreurs grossières et de diagnostiquer « pourquoi » tel ou tel aspect de l'EIAH est défaillant. L'évaluation empirique permet de voir moins rapidement l'ensemble des erreurs mineurs et majeurs, et de diagnostiquer ce qui ne va pas dans l'EIAH, sans nécessairement en expliquer les raisons* (ibid., p. 392).

En didactique des mathématiques, l'évaluation par inspection (resp. empirique) des ressources présente donc des similitudes avec leur analyse a priori (resp. a posteriori). Ces similitudes sont donc favorables à l'utilisation des concepts de l'ergonomie dans les recherches sur l'enseignement des mathématiques et particulièrement celles consacrées aux ressources des enseignants.

Dans notre présentation, nous avons vu que des concepts d'ergonomie des EIAH permettaient d'adresser des questions relativement générales sur l'analyse et la conception des ressources à destination des enseignants et notamment ceux de mathématiques. Voyons maintenant plus précisément l'usage que l'on peut faire de ces concepts avec un exemple de ressource destinée à des enseignants de mathématiques de l'école primaire.

2. Ergonomie de ressources à destination d'enseignants de mathématiques de l'école primaire

2.1 Contexte de l'expérimentation et approche de la question des ressources

Jusqu'en juin 2008, les programmes français de l'école primaire demandaient explicitement aux enseignants de proposer des activités de recherche à leurs élèves et notamment des activités de recherche ayant pour objectif principal de permettre aux élèves de travailler leur capacité à résoudre des problèmes nouveaux et à échanger entre pairs sur les résultats obtenus. Ces activités portaient alors le nom de *problèmes pour chercher*. Cependant, si elles peuvent exister dans les programmes récents, elles existent beaucoup plus rarement dans les pratiques des enseignants. Pour l'expliquer, nous avons déjà évoqué (Georget, 2006, 2007) l'accompagnement nécessaire à l'instauration de nouvelles pratiques de classe. Ici, nous allons nous concentrer sur des problématiques concernant les ressources documentaires des enseignants dont on sait déjà qu'elles proposent généralement peu d'activités de recherche (Coppé et Houdement, 2002). Nous allons montrer une manière peu fréquente de le faire en analysant un exemple de ressource issue de notre expérimentation à l'aide des concepts de l'ergonomie.

Dans le contexte présenté ci-dessus, comment alors présenter une activité à un enseignant qui ne pratique pas d'activités de recherche et de preuve entre pairs avec ses élèves ? Comment favoriser son adoption ? Comment aussi favoriser une « bonne » pratique c'est à dire une pratique qui, par exemple, ne transforme pas cette activité en simple exercice d'application ?

Une première approche de cette question invite, par exemple, à présenter aux enseignants un certain nombre d'éléments à propos de l'intérêt et de la pratique de ces activités. On peut, par exemple, le faire en intégrant cette activité dans un ensemble plus vaste d'activités du même type. Dans les deux cas, on voit rapidement que la quantité de texte à consulter par l'enseignant va rapidement augmenter ce qui risque de nuire fortement à l'acceptabilité de la ressource. On l'a vu avec le paradoxe d'incomplétude des ressources, d'une certaine manière, l'information tue l'information.

Une deuxième approche peut s'appuyer sur une communauté d'enseignants ou une communauté plus large afin que les grandes lignes de ce type d'activités puissent y être discutées de manière plus souple avec l'enseignant qui souhaite s'y initier avec ses élèves. La nécessité de lire une grande quantité d'information se réduit ce qui est susceptible d'augmenter l'acceptabilité de la ressource. Le partage potentiel d'informations entre enseignants peut aussi accroître l'utilisabilité de la ressource puisque des usages différents de la même ressource peuvent être évoqués. On peut reprocher à cette approche son côté aléatoire puisqu'elle est basée sur des interactions difficilement contrôlables. On peut même imaginer que l'utilité des ressources risque d'être mise à mal puisque des usages « parasites » non souhaités risquent de se développer. Pour notre part, nous considérons que les interactions entre enseignants et les usages « parasites » sont les révélateurs même de l'utilité de la ressource, autrement dit ils sont les critères d'une évaluation empirique et non des défauts de cette deuxième approche.

La troisième approche que nous avons retenue pour notre expérimentation est médiane entre les deux précédentes. Elle consiste à la fois à proposer un ensemble de ressources relativement satisfaisantes ou complètes du point de vue d'une évaluation par inspection, nous y reviendrons, et à s'appuyer sur une communauté afin de faciliter leur adoption. L'exemple que nous avons choisi pour illustrer plus précisément notre discours est celui d'une ressource consacrée spécifiquement au problème *Golf* (ERMEL CE2, 1999).

2.2 Exemple de la ressource *Golf*

Dans le problème *Golf*, il s'agit d'additionner des multiples de deux nombres donnés (par exemple 3 et 8) pour retrouver un nombre cible donné lui aussi (par exemple 41). Il s'agit alors de trouver toutes les manières possibles d'obtenir le nombre cible (deux solutions dans l'exemple proposé). À l'école primaire, ce problème permet principalement de travailler la démarche de recherche en mathématiques. Il demande aux élèves de trouver une méthode pour s'assurer de l'exhaustivité des solutions et de convaincre leurs pairs que cette méthode est efficace.

Voyons maintenant la ressource que nous avons imaginée pour présenter le problème *Golf* sans évoquer de généralités sur les activités de recherche et de débats entre pairs. Dans notre expérimentation, cette ressource était présentée sur un site Web pour en faciliter l'accès mais aussi pour simplifier sa mise à jour. Notre utilisation du potentiel lié au support Web est restée relativement faible et ceci est davantage dû au contexte de notre expérimentation qu'à un manque de potentialités du média. La ressource se compose de quatre rubriques qui

s'intitulent présentation, exemples, solutions et preuves, éléments de recherches et de débats possibles. Commençons par la rubrique *Présentation*.

Présentation

Le problème

Le problème consiste à atteindre un nombre à partir de multiples de deux autres nombres

Un exemple

Atteindre 23 à l'aide de multiples de 2 et de 5.

On trouve par exemple $2 \times 4 + 3 \times 5 = 23$.

Cet exemple est proposé dans le ERMEL CE2.

Le texte de la présentation est conçu pour être rapide à consulter et l'exemple donné vise à favoriser la compréhension du problème général. L'énoncé du problème n'est pas forcément adapté aux élèves. Dans notre expérimentation, il s'adresse à l'enseignant. On suppose par là que ce dernier est le plus à même de proposer des versions adaptées à ses propres élèves. Par ce moyen, nous voulons donc implicitement favoriser l'adaptabilité de cette ressource. La référence bibliographique permet à l'enseignant d'accéder indirectement à d'autres informations ce qui accroît l'ergonomie de la ressource notamment du point de vue de la prise en compte de l'expérience de l'utilisateur.

La rubrique suivante vise à fournir des exemples d'instanciation du problème pour mener cette activité qui sont autant d'options pour l'enseignant pour la proposer dans sa classe.

Exemples

Exemple 1

Atteindre 41 avec 8 et 3

Il y a plusieurs solutions (2 exactement) :

- $4 \times 8 + 3 \times 3$

- $1 \times 8 + 11 \times 3$

Exemple 2

Atteindre 97 avec 8 et 3

Ici le nombre de solutions est plus grand :

- $11 \times 8 + 3 \times 3$

- $8 \times 8 + 11 \times 3$

- $5 \times 8 + 19 \times 3$

- $2 \times 8 + 27 \times 3$

On peut demander aux élèves de chercher le plus de solutions.

Exemple 3

Atteindre 92 avec 5 et 3

Les solutions :

- $16 \times 5 + 4 \times 3$

- $13 \times 5 + 9 \times 3$

- $10 \times 5 + 14 \times 3$

- $7 \times 5 + 19 \times 3$

- $4 \times 5 + 24 \times 3$

- $1 \times 5 + 29 \times 3$

On peut demander aux élèves de prouver qu'ils obtiennent toutes les solutions.

Exemple 4

Atteindre 23 à l'aide de multiples de 2 et de 5.

Les solutions :

- $4 \times 2 + 3 \times 5 = 23$

- $9 \times 2 + 1 \times 5 = 23$

Cet exemple est proposé dans le ERMEL CE2.

Avec les exemples proposés, on voit qu'une progression possible est suggérée mais, notamment à cause de leur nombre, l'enseignant est aussi laissé libre de choisir le ou les exemples qu'il souhaite exploiter. La présentation suggère aussi qu'il peut en choisir d'autres ce qui accroît l'adaptabilité de la ressource.

La section suivante concerne la résolution du problème. Dans notre expérimentation, nous avons fait là aussi le choix d'adresser cette rubrique à l'enseignant. Ainsi, les solutions et preuves ne sont pas destinées aux élèves. Même s'il n'y a pas forcément contradiction avec le fait de proposer une solution adaptée à des élèves, il s'agit avant tout de permettre à l'enseignant de mieux maîtriser le problème, à son niveau, afin de se sentir à l'aise dans sa résolution. Ceci lui permet notamment de mieux contrôler les solutions proposées par les élèves. Voyons la rédaction de cette section pour le problème *Golf*.

Solutions et preuves

Prenons l'exemple « Atteindre 41 avec 8 et 3 », ce problème revient à chercher deux nombres entiers x et y qui vérifient l'équation à deux inconnues : $3x + 8y = 41$

Pour trouver la ou les solutions, on peut tester successivement des valeurs de x et déduire la valeur d' y (ou l'inverse). Par exemple, on essaye successivement $x=0, 1, 2, \text{ etc.}$ et on cherche l'éventuelle valeur de y correspondante.

Inversement, si on commence par choisir des valeurs de y , on peut voir plus rapidement si le complément à 41 est un multiple de 3 ou non. En effet, il y a moins de multiples de 8 inférieurs à 41 que de multiples de 3.

Essais

y	$8y$	compl. à 41	x (si possible)
0	0	41	-
1	8	33	11
2	16	25	-
3	24	7	-
4	32	9	3
5	40	1	-

On peut aussi utiliser l'égalité $y = \lfloor \frac{41 - 3x}{8} \rfloor$. En remplaçant x par la valeur choisie, on peut calculer directement y . L'utilisation d'un logiciel de type tableur facilite le listage des solutions avec cette formule. Il suffit de ne garder que les solutions entières.

Sacrifiant la généralité d'une preuve, l'explication est ici basée sur un exemple. L'objectif est de faciliter sa compréhension sachant que la formation mathématique des enseignants est limitée du fait de cursus universitaires variés. Le lecteur voit ici mieux ce que nous entendions plus haut par « ensemble de ressources relativement satisfaisantes ou complètes du point de vue d'une évaluation par inspection ». Plusieurs formulations ou cadres sont proposés pour comprendre le problème, élaborer d'autres cas et trouver les solutions : texte, tableau, algébrique et numérique, même si cette dernière option est ici seulement évoquée au lieu d'être opérationnalisée comme elle aurait pu l'être par exemple avec un lien vers une feuille de tableur. Dans notre expérimentation, il s'agit de favoriser l'adoption des activités de recherche proposées en soignant l'ergonomie des ressources pour mieux contrôler le

paradoxe d'incomplétude, contrôle qui s'effectue par le biais de l'activité globale de la CoP (essentiellement réunions et comptes-rendus de séances). Ainsi, en limitant la quantité d'information et en ne développant pas certains aspects tels le scénario ou l'utilisation possible d'un tableur ou même d'une calculatrice en classe, nous posons cependant des jalons susceptibles de permettre le développement de la CoP et de son activité à plus ou moins long terme.

Enfin, la dernière rubrique vise à favoriser le repérage d'éléments intéressants au cours d'une mise en oeuvre effective. Pour cela, elle donne de brèves indications sur certains éléments de déroulements possibles en classe.

Éléments de recherches et de débats possibles

Selon les cas envisagés, il n'y a pas le même nombre de solutions. Les élèves, sans forcément les trouver toutes dans un premier temps, peuvent en trouver au moins quelques-unes. Ceci peut permettre d'envisager la question de l'exhaustivité des solutions après une première phase de familiarisation.

Les élèves peuvent donc successivement aborder les aspects suivants :

- trouver une solution ;
- trouver le maximum de solutions ;
- trouver toutes les solutions.

Une sorte de scénario global est donc présenté mais, là aussi, le choix est laissé à l'enseignant. Il pourra ainsi tenir compte de sa classe, de son expérience, du déroulement effectif de la ou des séances. De par sa conception, la ressource garantit son adaptabilité et son utilisabilité car elle prévoit, plus ou moins implicitement, qu'il y a plusieurs manières de l'utiliser. Elle prévoit notamment que, si la recherche exhaustive des solutions est un objectif possible de la mise en oeuvre de cette activité, il y a aussi d'autres moyens de l'exploiter. Autrement dit, il n'y a pas un scénario unique et bien défini pour exploiter le problème *Golf*. Alors même qu'il serait tentant de préciser dans les détails plusieurs éléments pour que l'enseignant ne se « trompe » pas et exploite le problème de manière optimale, nous avons fait le choix de réduire la quantité d'information pour faciliter l'adoption de cette ressource. Pour les détails, nous renvoyons implicitement l'enseignant à l'activité de la CoP.

La présentation des différentes rubriques de la ressource consacrée au problème *Golf* montre certains choix que nous avons faits dans le cadre de notre expérimentation. Ces choix visent à favoriser l'adoption de ce problème par les enseignants et à permettre une mise en oeuvre exploitant autant que possible le potentiel du problème en fonction du contexte de mise en oeuvre pour qu'au final les élèves puissent chercher et débattre entre pairs. Pour cela, nous avons principalement mobilisé les concepts d'utilisabilité et d'adaptabilité dans une évaluation par inspection. Quels effets avons-nous observés au long des trois années de notre expérimentation ? Le premier effet, peut-être le plus notable, est la continuité de la participation de la majorité des enseignants. Cette participation a revêtu différents aspects que nous ne pouvons développer ici mais dont il faut préciser qu'elle s'effectuait de manière bénévole, sur la base du volontariat et hors de tout cadre hiérarchique ou de formation institutionnelle. Pour mieux se convaincre de la valeur de ce résultat, donnons aussi quelques-unes des contraintes relativement fortes auxquels étaient soumis ces enseignants : usage d'Internet nécessaire (qui peine à se répandre dans l'enseignement primaire au début de notre expérimentation), gestion d'activités de classe relativement difficiles à gérer et qui ne sont pas répandues dans les pratiques habituellement observées, et enfin, enregistrements vidéo des séances

avec présence du chercheur en classe. Le deuxième résultat est la confirmation de l'intérêt des enseignants pour notre approche ergonomique. En effet, ceux-ci ont plusieurs fois renouvelé leur souhait de préserver l'aspect « minimaliste » du site Web contenant les ressources, notamment quand des ajouts et des modifications ont été effectués. Il faut aussi noter qu'aucun des enseignants n'a souhaité avoir la description d'un scénario alors même que certains rencontraient des difficultés lors des mises en œuvre des activités de recherche dans leur classe, principalement dans la gestion des débats entre pairs.

Conclusion

Dans un premier temps, nous avons présenté des concepts issus du domaine de recherche sur l'ergonomie des EIAH en cherchant à les généraliser dans le domaine des ressources proposés à des enseignants de mathématiques. Nous avons ainsi évoqué les concepts d'utilité, d'utilisabilité, d'acceptabilité, d'adaptabilité et d'évaluation empirique et par inspection. Cette présentation nous a déjà permis d'illustrer leur intérêt pour les recherches sur l'enseignement des mathématiques. Dans un second temps, nous les avons mobilisés pour l'étude d'une ressource consacrée au problème *Golf* ce qui nous a permis de montrer que leur intérêt ne se limitait ni à des considérations générales, ni même au contexte d'environnements informatisés et de ressources numériques (Baron et al., 2007). Il s'agit là d'une première exploitation des concepts présentés et cette ressource pourrait encore être améliorée. Enfin et au-delà du contexte de notre expérimentation lié aux activités de recherche et de preuve entre pairs, les contributions de Aldon et Durand-Guerrier et de Weiss et al. au groupe *Technologie et enjeux de développement* participent à montrer, elles aussi, l'intérêt des concepts de l'ergonomie pour l'analyse et la conception de ressources à destination des enseignements de mathématiques.

Bibliographie (exemple)

Baron, M., Guin D., Trouche L. (dir.) (2007). Environnements informatisés et ressources numériques pour l'apprentissage : conception et usages, regards croisés. Paris : Hermès.

Bastien, J. M. C., Leulier, C., et Scapin, D. (1998). *L'ergonomie des sites web*. In Le Moal, J-C., et Hidoine, B.. Chapitre rédigé dans le cadre du projet européen Commerce & Interactions (EP 22287). INRIA.

Coppé, S., et Houdement, C. (2002). *Réflexions sur les activités concernant la résolution de problèmes à l'école primaire*. In Grand N 69. 53-62.

ERMEL (1999). *Apprentissages numériques et résolution de problèmes, CE2*. Hatier.

Georget, J-P. (2006). *Favoriser la pratique des activités de recherche dans les classes de cycle 3 de l'enseignement primaire : communauté de pratique, pratiques d'enseignants et échanges autour de ces pratiques*. In Bednarz, N., Mary, C. (dir.). *L'enseignement des mathématiques face aux défis de l'école et des communautés. Colloque EMF*. Sherbrooke: Éditions du CRP.

Georget, J-P. (2007). *Outils de la théorie des communautés de pratique et conception de ressources à destination de professeurs des écoles expérimentés pour la mise en œuvre de « problèmes pour chercher »*. In Bloch, I., et Conne, F. (dir.). Actes de la xiv^e école d'été de didactique des mathématiques (17-24 août 2007). Grenoble : La pensée sauvage.

Ministère de l'Éducation Nationale (2008). *Horaires et programmes de l'enseignement de l'école primaire*, <ftp://trf.education.gouv.fr/pub/edutel/bo/2008/hs3/hs3.pdf>

Robert, A. (2001). *Les recherches sur les pratiques des enseignants et les contraintes de l'exercice du métier d'enseignant*. In *Recherches en didactique des mathématiques* 21(1.2). 57–80.

Robert, A., et Rogalski, J. (2002). *Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques : une double approche*. In *Revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et de la technologie* 2(4). 505–528.

Tricot, A., Plégat-Soutjis, F., Camps, J-F., Amiel, A., Lutz, G., et Morcillo, A. (2003). *Utilité, utilisabilité, acceptabilité : interpréter les relations entre trois dimensions de l'évaluation des EIAH*. In *Environnements informatiques pour l'apprentissage humain. ATIEF INRP*. 391–402. <http://hal.ccsd.cnrs.fr/docs/00/00/16/74/PDF/n036-80.pdf> (visité le 12/09/2008).

Wenger, E. (1998). *Communities of Practice, Learning, Meaning and Identity*. Cambridge University Press.

Wenger E. (2005). *La théorie des communauté de pratique, apprentissage, sens et identité*. Les presses de l'Université Laval.

Jean-Philippe Georget

DIDIREM, Université de Paris 7, France

IUFM Centre Val de Loire

jean-philippe.georget@orleans-tours.iufm.fr