

L'IMPACT D'UN PROJET DE RECHERCHE SUR LE DEVELOPPEMENT PROFESSIONNEL D'UN ENSEIGNANT : EXPLORATION DE LA NOTION DE FONCTION

Claire Vaugelade BERG*

Résumé – Le but de cet article est d'analyser l'impact d'un projet de recherche effectué au sein d'une université en Norvège sur le développement professionnel d'un enseignant en mathématique au niveau secondaire et plus particulièrement sur son approche documentaire. A travers sa participation à ce projet, l'enseignant est amené à questionner sa compréhension de la notion de fonction et son utilisation du logiciel GeoGebra. L'analyse montre que ce questionnement permet à l'enseignant d'élargir sa compréhension de la notion de fonction. Le cadre théorique utilisé dans cet article s'inspire de la théorie de l'activité et de l'approche documentaire.

Mots-clefs : Notion de fonction, utilisation de GeoGebra, théorie de l'activité, approche documentaire, développement professionnel

Abstract – The aim of this article is to analyse the impact of a developmental project conducted at a university in Norway on a teacher's professional development, and more specifically on his documentational approach. Through his participation to the project, the teacher started to question both his own understanding of the notion of function and his use of GeoGebra. Results from data analysis show that by engaging in this process, the teacher was able to develop his understanding further. The theoretical approach used in this article is elaborated both on activity theory and on documentational approach.

Keywords: Notion of function, the use of GeoGebra, activity theory, documentational approach, teachers' professional development

I. INTRODUCTION

Nous proposons, dans cet article, d'examiner l'influence d'un projet de recherche effectué en Norvège sur la pratique d'un enseignant en mathématiques au niveau du secondaire. Plus particulièrement, la participation de cet enseignant au projet de recherche *Teaching Better Mathematics* (TBM) lui permet de résoudre une tension éprouvée au niveau de son approche documentaire (Gueudet et Trouche 2009) liée à la notion de fonction et à l'utilisation du logiciel GeoGebra. L'utilisation et les mutations engendrées par différents programmes ont été largement examinées, par exemple Falcade, Laborde et Mariotti (2007) ainsi que Drijvers, Doorman, Boon, Reed et Gravemeijer (2010) ont analysé les différents challenges rencontrés aussi bien par les étudiants que par les enseignants. Dans cet article, je propose de suivre l'approche documentaire (Gueudet et Trouche 2008) comme cadre théorique et ainsi de pouvoir suivre le travail de préparation d'un enseignant et les difficultés qu'il rencontre lors de cette préparation. Le but de cet article en particulier est d'analyser la tension que l'enseignant éprouve entre sa propre compréhension de la notion de fonction et sa façon d'utiliser le programme GeoGebra. Cette tension sera mise à jour à la suite d'un atelier de travail, élément central du projet TBM, et résolue pendant un entretien avec le chercheur au cours duquel ces problèmes ont été discutés. La collaboration entre enseignants participant au projet de recherche et chercheurs est articulée suivant le cadre théorique de la théorie de l'activité développée par Engeström (1999).

La structure de l'article est la suivante : les principes de base du projet sont présentés dans la première partie de l'article et sont conceptualisés à l'aide de la théorie de l'activité. La deuxième partie explique le cadre méthodologique suivi pour l'articulation de la collaboration

* University d'Agder, Kristiansand– Norvège – claire.v.berg@uia.no

entre chercheurs et enseignants et le rôle central de l'approche documentaire dans le travail de l'enseignant. Après l'analyse des données, les différentes implications de cette recherche pour la collaboration entre enseignants et chercheurs sont discutées. Le but de cet article est de répondre aux questions suivantes : comment observer, conceptualiser et analyser une forme particulière de collaboration, celle développée au sein du projet *TBM*, entre enseignants et chercheurs ? Et quelle est la nature de la tension éprouvée par l'enseignant lors de son approche documentaire ?

II. PRINCIPES DE BASE DU PROJET *TEACHING BETTER MATHEMATICS* ET CADRE THEORIQUE

Le projet *TBM* a été initié en 2007 et s'est terminé en 2010. Il s'organise autour d'une collaboration entre chercheurs appartenant à l'université d'Agder et enseignants travaillant à différents niveaux scolaires. Au sein de notre projet, nous travaillons avec des enseignants issus de 4 jardins d'enfants, 6 écoles primaires et secondaires, et 3 lycées. Notre collaboration avec les enseignants est articulée autour des axes suivants : d'une part, l'organisation d'ateliers de travail au cours desquels chercheurs et enseignants se réunissent pour explorer ensemble un thème particulier en mathématiques et d'autre part, la visite des différentes écoles participant au projet. Les ateliers de travail sont organisés autour d'une présentation en séance plénière d'un thème mathématique choisi à l'avance par les chercheurs en collaboration avec les enseignants, et ensuite de groupes de travail au cours desquels enseignants et chercheurs travaillent ensemble sur plusieurs tâches préparées à l'avance. La visite des différentes écoles participant au projet offre aux chercheurs la possibilité de discuter les impacts possibles du projet sur leur travail d'enseignants et ainsi suivre leur développement professionnel. Deux idées fondamentales constituent la base de notre projet : nous considérons notre collaboration avec les enseignants en termes de co-apprentissage (*co-learning agreement*, Wagner 1997), et l'établissement de « communautés d'*inquiry* » aussi bien au niveau des chercheurs au sein de l'université, des enseignants au sein de leur école respective, et aussi au niveau de la rencontre entre ces deux communautés. L'idée de communauté d'*inquiry* (Jaworski 2007) dérive de la notion de communauté de pratique (Wenger 1998) à laquelle s'ajoute la notion d'*inquiry*. Dans cet article, j'utilise la notion d'« *inquiry* », c'est une notion riche et complexe et il n'existe pas d'équivalent, ni en français ni en norvégien. Dans notre travail avec les enseignants nous utilisons le terme anglais d'*inquiry*, ce qui nécessite un travail d'exploration et d'explication de la signification de cette notion dans les pratiques enseignantes. Le terme le plus proche en français est probablement « investigation ». Le fait d'adopter la perspective théorique de « communauté d'*inquiry* » nous permet d'articuler la reconnaissance d'un groupe social, ce qui dans cet article signifie groupe de chercheurs, ou groupe d'enseignants, ou bien la collaboration entre ces deux groupes, comme formant une communauté ayant un objectif précis, l'amélioration de l'apprentissage mathématique des élèves, objectif partagé par les différents membres de la communauté en question. Ici le terme « communauté d'*inquiry* » implique une démarche de recherche et d'investigation suivant trois axes différents :

- 1) *inquiry* au niveau des tâches mathématiques proposées par les enseignants aux élèves ;
- 2) *inquiry* au niveau de la préparation des tâches mathématiques par les enseignants ;
- 3) *inquiry* au niveau de la recherche sur la dynamique de développement présentée en 1) et 2).

En adoptant la perspective offerte par la théorie de l'activité il est possible de conceptualiser les aspects systémiques d'une communauté d'*inquiry* de la façon suivante (voir Figure 1) : si l'on considère la communauté d'*inquiry* (*community*) constituée par les chercheurs (*subject*), un des buts de leur activité est de préparer les ateliers de travail (*object*) et de les organiser régulièrement (*outcome*).

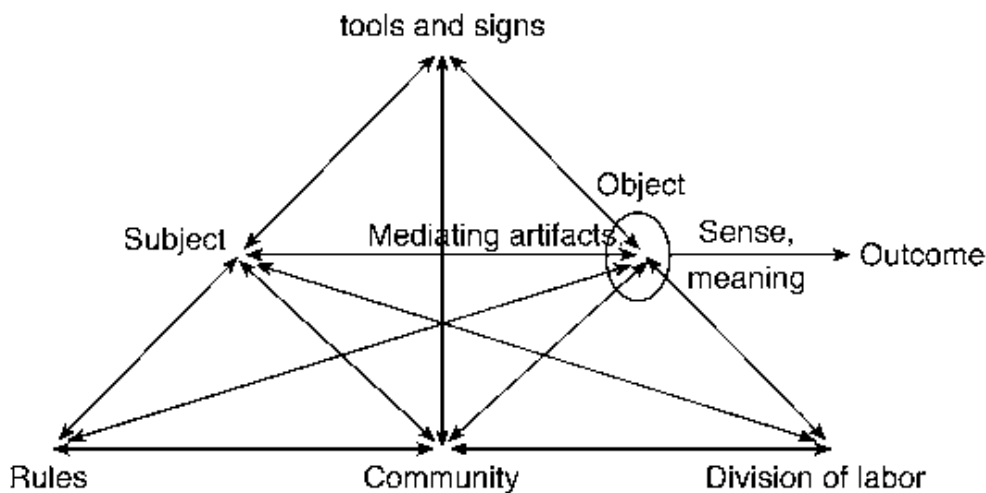


Figure 1 – The structure of a human activity system (Engeström 1987, p. 78)

Dans le cadre de cet article, je considère particulièrement la genèse de l'atelier de travail du mois d'avril 2009 au cours duquel la notion de fonction a été présentée et discutée. La présentation en plénière était sous ma propre responsabilité et je considère que la théorie de l'activité me permet, en tant que chercheur, de conceptualiser le processus de genèse de cet atelier. Dans ce cas précis, le terme communauté correspond à notre groupe de chercheurs comportant 6 à 7 personnes. Les décisions concernant la désignation du responsable du prochain atelier de travail ainsi que la préparation de cet atelier (*division of labor*) ont été prises au sein du groupe. Il s'agit maintenant d'étudier mon rôle (*subject*) dans la préparation de l'atelier de travail (*object*), ce qui constitue le but de l'activité du groupe. Lors de la préparation, j'ai effectué un travail documentaire, c'est-à-dire, consultation de différentes ressources :

- manuels utilisés par les enseignants au niveau collège de façon à recueillir des renseignements sur les méthodes utilisées par ces différents manuels pour introduire la notion de fonction ;
- manuels utilisés au niveau universitaire de façon à recueillir des renseignements sur les méthodes utilisées pour étudier cette notion dans les cours de Calculus ;
- informations sur internet sur différents sites norvégiens de ressources pour enseignants au niveau du collège ;
- ma propre expérience en tant qu'enseignante aussi bien au niveau collège qu'au niveau universitaire.

Afin de tenir compte de la variété des niveaux scolaires des enseignants participant au projet TBM (de la maternelle jusqu'au lycée), j'ai cherché à introduire dans ma présentation des exemples tirés de la vie de tous les jours. Mon but était de pouvoir offrir à tous les enseignants, indépendamment de leur niveau, une présentation qui pourrait être intéressante et pertinente pour leur enseignement. Je considère l'utilisation de ces différentes ressources (livres, informations sur internet, ma propre expérience) comme correspondant aux « *tools*

and signs » de la théorie de l'activité. Ce travail m'a permis de proposer un premier document à mes collègues chercheurs. Leurs commentaires ont portés sur les aspects suivants :

- les avantages et inconvénients de commencer ma présentation de façon pragmatique, c'est-à-dire par des exemples de tous les jours ;
- quels exemples choisir, et dans quel ordre les présenter compte tenu de la variété des niveaux des différents enseignants ;
- les avantages et inconvénients de présenter la notion de fonction de plusieurs façons différentes.

A partir de leurs commentaires, j'ai eu la possibilité de développer un second document, plus élaboré, et considéré comme pouvant constituer une base pour l'élaboration de l'atelier de travail, c'est-à-dire objet de notre activité (*object*). L'un des buts de ma présentation était d'introduire la notion de fonction comme correspondance entre deux ensembles, c'est-à-dire entre le domaine de la fonction et son image, et créer ainsi une approche différente permettant d'éviter la réduction de la notion de fonction à seulement une expression algébrique (ce qui est très souvent le cas dans les manuels scolaires en Norvège au niveau du collège). Il me semblait aussi important de souligner qu'une expression algébrique constitue l'une des différentes représentations de la notion de fonction (Duval 1995) et qu'il est nécessaire de différencier un concept mathématique de sa représentation.

J'ai ensuite présenté ce document (présentation PowerPoint) pendant la séance plénière d'avril 2009 (*outcome of the activity*). Je considère que le fait de rendre visible les différentes étapes du processus d'élaboration de ce document illustre le caractère de processus en cours et ainsi la nature dialectique de la relation entre ressources et documents est soulignée (Gueudet et Trouche, 2009). Ainsi la séance plénière au cours de laquelle la notion de fonction a été présentée et discutée peut être conceptualisée comme le résultat (*outcome*) du système d'activité (*activity system*) me comprenant comme sujet (*subject*) au sein du groupe de chercheurs (*community*), et dans lequel l'approche documentaire joue un rôle crucial. Je considère que cette approche théorique permet de mettre en valeur la complémentarité de la théorie de l'activité et de l'approche documentaire, en ce sens que la seconde permet d'appréhender de façon plus approfondie le processus d'élaboration de l'objet de l'activité (*object*).

Comme il n'est pas possible d'évoquer dans cet article toute la complexité de l'interaction entre ces deux systèmes d'activité (chercheurs au sein de l'université, enseignants au sein de leur école respective), je propose d'étudier plus particulièrement les difficultés rencontrées par un enseignant (Richard) lors de son approche documentaire au sujet de la notion de fonction et de la résolution de cette tension suite à un atelier de travail et d'une discussion entre Richard et un chercheur (moi-même). Un des aspects central de l'approche documentaire est la reconnaissance de l'importance du processus en cours :

A documental genesis must not be considered as a transformation with a set of resources as input, and a document as output. It is an ongoing process. (Gueudet et Trouche 2009, p. 206)

Le but de cet article est d'illustrer la nature de ce processus, de montrer la genèse de l'atelier de travail d'avril 2009 et l'influence de celui-ci sur la façon dont Richard cherche à créer un document pertinent pour son enseignement de la notion de fonction. Il s'agit donc de suivre une des étapes du processus de l'approche documentaire de Richard liée à l'utilisation du logiciel GeoGebra.

Le processus d'élaboration d'un document nécessite la combinaison de différentes ressources et de schèmes d'utilisation (*scheme of utilization*) de la part de l'enseignant

(Gueudet et Trouche 2009). Ce document résulte d'un processus d'instrumentalisation et d'instrumentation entre l'enseignant et un ensemble de ressources. Certains aspects systémiques de la communauté d'*inquiry* constituée par les enseignants et les chercheurs peuvent influencer ces processus et c'est dans cette perspective que s'inscrit cet article (Figure 2).

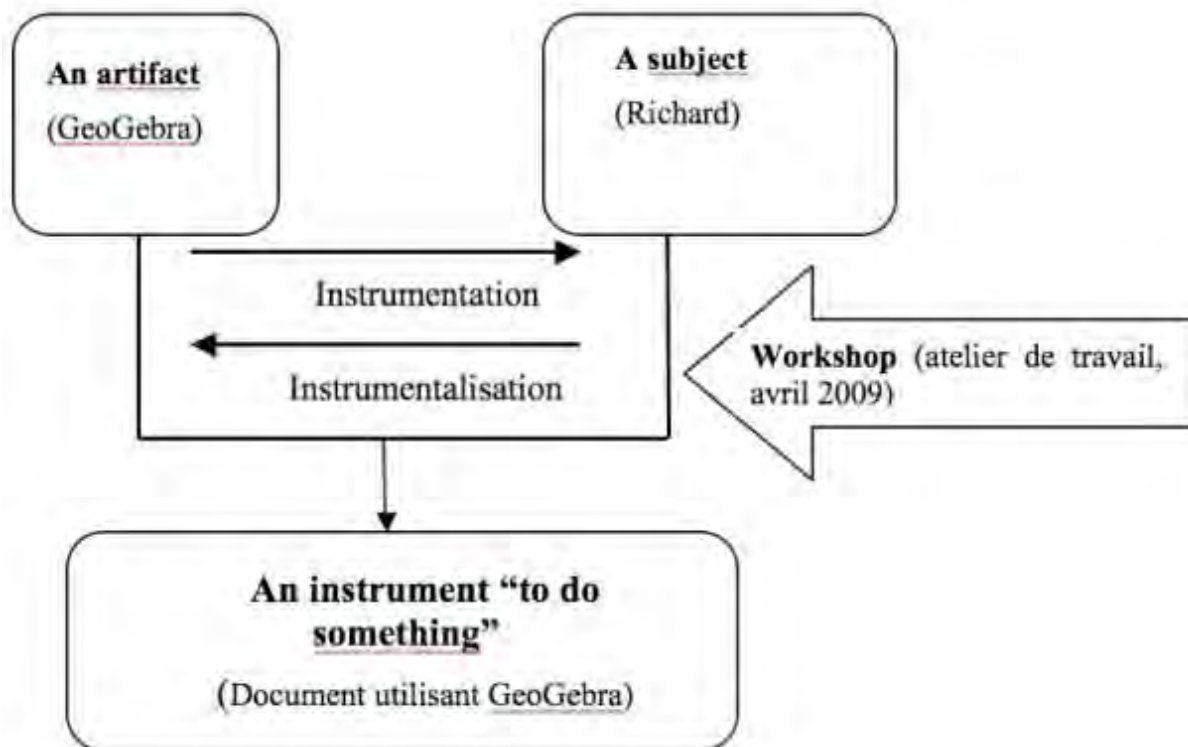


Figure 2 – L'influence de l'atelier de travail (avril 2009) sur le processus d'élaboration d'un document utilisant GeoGebra (adaptation de Trouche 2005)

C'est la raison pour laquelle je considère que l'introduction de la théorie de l'activité permet de conceptualiser l'influence du projet TBM sur le travail documentaire de Richard. Ainsi, il est possible de suivre les formes de collaboration entre enseignants et chercheurs développées au cours du projet TBM et d'évaluer les effets de cette collaboration sur le développement professionnel d'un enseignant individuel. Plus précisément, je propose d'étudier comment une présentation en plénière (*outcome*) du système de l'activité des chercheurs est source d'interrogation pour l'enseignant (Richard) et comment ce questionnement va mettre en lumière la tension qu'il a éprouvée lors de précédentes utilisations du logiciel GeoGebra en relation à la notion de fonction. Cette recherche va influencer la genèse d'un nouveau document, issu du travail d'investigation et de réflexion de la part de Richard, qui lui permettra d'approfondir sa compréhension de la notion de fonction et de résoudre cette tension.

III. APPROCHE METHODOLOGIQUE

L'approche méthodologique adoptée au cours de cette recherche s'inscrit dans le cadre de la recherche de développement (Freudenthal 1991 ; Gravemeijer 1994 ; Goodchild 2008). Cette approche est caractérisée par un processus cyclique entre recherche et développement, en ce sens que notre recherche est guidée par des cadres théoriques (approche socioculturelle des apprentissages et reconnaissance de notre collaboration avec les enseignants en termes de communauté de pratique) et, réciproquement, ces cadres théoriques influencent la façon dont

nous préparons le développement au sein de notre collaboration avec les enseignants (préparation et réalisation des ateliers de travail). De plus, c'est en prenant en compte les résultats obtenus lors de la réalisation des activités avec les enseignants que nous pouvons envisager un nouveau cycle de développement. Une présentation plus approfondie de notre approche méthodologique est présentée dans un autre article (Berg 2010). L'approche méthodologique répondant à la problématique présentée dans cet article se définit suivant une approche phénoménologique de l'analyse des données (Miles et Huberman 1994) ce qui implique un engagement rétrospectif avec les données issues de différentes sources (notes personnelles concernant mon travail documentaire, interview et correspondance avec Richard).

IV. CONTEXTE DE LA RECHERCHE ET EXEMPLE DE L'INFLUENCE DU PROJET TBM SUR L'APPROCHE DOCUMENTAIRE DE RICHARD

Richard enseigne au collège depuis de nombreuses années. Il emploie régulièrement avec ses élèves des logiciels de géométrie dynamique, particulièrement GeoGebra. Richard fait partie d'un groupe d'enseignants responsables de l'implémentation dans leur école des idées proposées au cours des ateliers de travail qui sont régulièrement organisés par le projet TBM. Cette école a une grande expérience de participation à des projets de recherche, puisque Richard et certains de ses collègues ont déjà participé à des projets similaires (Jaworski 2007). Cet article présente des épisodes extraits de plusieurs interviews qui ont eu lieu en mai 2009 et d'une correspondance par e-mail en mai 2010. A l'origine, le but de l'interview était de suivre le processus d'implémentation d'une tâche présentée lors d'un atelier de travail (Berg 2010, 2011). Dès le début de l'interview, Richard demande s'il sera aussi possible de discuter la notion de fonction et il exprime le souhait de parler du challenge qu'il ressent par rapport à cette notion. D'après Richard, ces questions résultent d'une part de sa propre expérience avec la notion de fonction et d'autre part de la présentation et discussion de cette notion en plénière lors de l'atelier de travail d'avril 2009.

1. *Expérience et challenges rencontrés par Richard*

C'est pendant l'interview en mai 2009 que Richard m'explique en ces termes les problèmes qu'il rencontre par rapport à la notion de fonction :

... mais j'ai un problème ici. Tu as dit [pendant la séance plénière de l'atelier de travail] que à chaque élément de A [domaine de la fonction] correspond un élément unique dans B [image de la fonction]. ... Mais si on prend l'exemple d'un cercle, parce que il y a quelque chose que je ne comprends pas ici, si on prend un cercle avec le centre à l'origine [d'un système de coordonnées] et avec un rayon 5. Alors ce cercle aura la courbe $x^2 + y^2 = 25$, et si on fait quelques changements on peut écrire $y = (25 - x^2)^{1/2}$. Mais si tu prends [la valeur de x égale à] 3 alors tu as *deux* valeurs [sur la courbe représentant le cercle], mais est-ce que ce n'est pas une fonction ? Et puis j'ai essayé avec GeoGebra et il s'est passé quelque chose de bizarre, parce que si je prends $(25 - x^2)^{1/2}$, comme ça, il [GeoGebra] ne prend que la partie supérieure [de la courbe représentant le cercle], ici [montrant sur l'écran de son ordinateur], ..., tu vois ?

La tension ressentie par Richard provient, d'un côté du fait que la notion de fonction a été présentée en insistant sur le caractère de correspondance unique entre un élément du domaine de la fonction et un élément de son image, et de l'autre côté de sa propre expérience résultant de l'utilisation de GeoGebra. Richard explique ce point en détails en prenant l'exemple du cercle $x^2 + y^2 = 25$. Il propose ensuite de « faire quelques changements », c'est-à-dire qu'il souhaite exprimer cette relation sous la forme « y est égal à une expression en x ». Le challenge vient du fait que, en utilisant GeoGebra, l'expression $x^2 + y^2 = 25$ donne la courbe du cercle où le point $x = 3$ a deux valeurs correspondantes, alors que le caractère unique de l'image d'un élément par une fonction a été souligné pendant l'atelier de travail. De plus,

lorsque Richard compare avec la courbe $(25 - x^2)^{1/2}$ à l'aide du logiciel GeoGebra, il s'aperçoit que seulement « la partie supérieure de la courbe » est représentée. Il est important de souligner ici l'équation $y = -(25 - x^2)^{1/2}$ qui n'a pas été mentionnée par Richard et qui permet d'expliquer les deux valeurs du point $x = 3$. Je considère que la tension ressentie par Richard lors de son utilisation de GeoGebra provient du manque de reconnaissance de ce que toutes les courbes ne représentent pas nécessairement une fonction. Ici, la distinction entre le graphe d'une fonction et une courbe représentant une expression algébrique est centrale. Je considère que la question de Richard « mais est-ce que ce n'est pas une fonction ? » offre une preuve de sa recherche d'une meilleure compréhension de la définition de la notion de fonction. Par cette question, Richard montre les difficultés qu'il rencontre au cours du processus d'approche documentaire. Il est possible que ces difficultés soient dues à la fois à son utilisation du logiciel GeoGebra (*instrumentalisation*), à la « réponse » donnée par celui-ci (*instrumentation*) et à ses réflexions suite à la présentation en plénière de l'atelier de travail d'avril 2009. Suite à notre discussion, Richard me fait part de sa volonté d'élaborer une activité dans sa classe au cours de laquelle ses élèves pourront explorer la notion de fonction à l'aide du logiciel GeoGebra. Malheureusement, je n'ai pas eu l'occasion de pouvoir observer Richard lors de l'implémentation de cette activité et d'étudier le document préparé à cet effet.

2. Evolution de la compréhension de la notion de fonction

Environ une année plus tard, j'ai repris contact avec Richard pour lui demander des informations au sujet de son enseignement de la notion de fonction. Le but de ma demande était de suivre une possible évolution aussi bien de son approche documentaire que de sa pratique enseignante, et de prendre note de ses réflexions. Ce sont les raisons pour lesquelles je lui ai envoyé le mail suivant (mai 2010) :

J'aimerais te demander quelques renseignements au sujet de la notion de fonction. Durant ma présentation en séance plénière, j'ai présenté la notion de fonction comme une correspondance entre deux ensembles (sets). Mon but était d'offrir une perspective plus large de cette notion et pas seulement en relation à une expression algébrique. Lors de ma dernière visite, nous avons eu l'occasion de discuter quelles sont les courbes qui représentent une fonction et celles qui ne les représentent pas. Ma question est la suivante : de quelle façon cette discussion a-t-elle modifiée ta compréhension de la notion de fonction (si cela a eu un impact), quel genre de réflexions ..., et est-ce que cette discussion a eu un effet sur ta pratique enseignante et si oui, quels sont ces effets ?

Quelques jours plus tard, j'ai reçu la réponse suivante :

Ta présentation en séance plénière du 29 avril 2009 était vraiment intéressante. Je dois dire que j'ai travaillé avec la notion de fonction pendant de nombreuses années sans avoir le genre de réflexions et de compréhension que tu as provoqué ce jour là. Il y a deux choses qui m'ont particulièrement marquées : la façon dont tu as présenté la définition de la notion de fonction, avec plusieurs exemples pris dans la vie de tous les jours, et la présentation de la matrice de Janvier. Dans le passé, je n'ai pas fait tellement attention au fait que quand une valeur de x est donnée il y a une et une seule valeur de y qui correspond. C'est la raison pour laquelle j'ai eu des problèmes avec les cercles et autres genres de paraboles. J'ai remarqué que quand j'utilise GeoGebra, si j'écris $f(x) = x^{1/2}$, alors le programme montre le graphe seulement pour les valeurs positives de y . La même chose se passe pour un cercle. Maintenant, je sais pourquoi ! (réponse de Richard par e-mail, mai 2010)

Le but de mes questions était de savoir si l'atelier de travail consacré à la notion de fonction avait eu un impact sur l'approche documentaire de Richard et de suivre cet éventuel développement. A partir des réponses de Richard, je considère qu'il est possible de suivre son développement et il semblerait que deux aspects ont particulièrement retenu son attention : la définition de la notion de fonction, présentée comme une correspondance entre deux ensembles, c'est-à-dire entre le domaine de la fonction et son image. En suivant cette approche, mon but était de présenter la notion de fonction sous un aspect différent, permettant ainsi d'éviter la réduction de la notion de fonction à seulement une expression algébrique (ce

qui est très souvent le cas dans les manuels scolaires en Norvège au niveau du collège). Il semblerait que cette perspective ait attiré l'attention de Richard puisqu'il explique les problèmes qu'il a eu en utilisant GeoGebra par un manque de conscience de cet aspect. Un autre aspect souligné par Richard concerne la matrice de Janvier (voir annexe 1). Celle-ci permet de mettre en valeur les différentes approches possibles pour travailler avec toutes les représentations de la notion de fonction. Ainsi je considère que cette matrice permet de souligner les différentes représentations possibles de la notion de fonction (expression algébrique, graphe, situation, etc.) et l'importance de pouvoir passer d'une représentation à une autre (Duval 1995). Cet aspect a été aussi souligné lors de la séance plénière. Ainsi au travers des réflexions de Richard, il est possible de suivre quels éléments ont été importants pour le développement de sa compréhension de la notion de fonction.

V. CONCLUSION

Le but de cet article était d'une part d'examiner et de conceptualiser une forme particulière de collaboration entre chercheurs et enseignants, et d'autre part d'analyser la nature de la tension éprouvée par l'enseignant lors d'une des étapes du processus de l'approche documentaire. La théorie de l'activité a été utilisée comme cadre théorique permettant de conceptualiser les aspects systémiques de la communauté d'*inquiry* constituée par les chercheurs au sein de l'université et de considérer l'organisation de l'atelier de travail d'avril 2009 comme résultat (*outcome*) de leur activité. Par ailleurs, l'approche documentaire a permis de conceptualiser d'une part la préparation de l'atelier de travail d'avril 2009 et d'autre part la tension éprouvée par l'enseignant résultant de son utilisation du logiciel GeoGebra et de son manque de compréhension de la notion de fonction. Je considère que cet article permet d'étudier la possibilité de combiner la théorie de l'activité et l'approche documentaire de façon à pouvoir conceptualiser, dans toute sa complexité, une des étapes du travail documentaire d'un professeur au sein de sa participation au projet TBM.

Ainsi l'approche théorique et l'approche méthodologique adoptées dans cet article permettent à la fois d'étudier les dimensions collectives en relation à la collaboration entre chercheurs et enseignants, et les dimensions individuelles en relation au travail documentaire d'un enseignant individuel. L'analyse a permis d'articuler et de comprendre de façon plus approfondie le challenge de l'enseignant lors de sa préparation d'une leçon au sujet de la notion de fonction et des difficultés éprouvées dues à une compréhension limitée de cette notion. Je considère que l'atelier de travail peut être considéré comme un catalyseur permettant le développement de sa compréhension de la notion de fonction et l'avancement dans son travail documentaire. Dans le cas de cette recherche, il est ainsi possible de suivre et d'évaluer les effets de la collaboration entre enseignants et chercheurs et l'impact de cette collaboration sur le développement professionnel d'un enseignant individuel.

REFERENCES

- Berg C. V. (2010) Le projet TBM : un exemple de modalité de collaboration entre chercheurs et praticiens en Norvège. *Revue Recherches en Education 1*, 130-146. Nantes, France.
- Berg C. V. (2011) Adopting an inquiry approach to teaching practice : The case of a primary school teacher. In Pytlak M., Swoboda W., Rowlands T. (Eds.) (pp. 2580-2589) *Proceedings of the seventh Congress of the European Society for Research in Mathematics Education. February 2011*. University of Rzeszow, Poland.
- Drijvers P., Doorman M., Boon P., Reed H., Gravemeijer K. (2010) The teacher and the tool: instrumental orchestrations in the technology-rich mathematics classroom. *Educational Studies in Mathematics 75*, 213-234.

- Duval R. (1995) *Sémiosis et pensée humaine. Registres sémiotiques et apprentissages intellectuels*. Berne: Peter Lang, Collection Exploration.
- Engeström Y. (1987) *Learning by expanding: An activity-theoretical approach to developmental research*. Helsinki: Orienta-Konsultit.
- Engeström Y. (1999) Activity theory and individual and social transformation. In Engeström Y., Miettinen R., Punamäki R.-L. (Eds.) *Perspectives on activity theory (learning in doing: social, cognitive, and computational perspectives)*. New York : Cambridge University Press.
- Falcade R., Laborde C., Mariotti M. A. (2007) Approaching functions: Cabri tools as instruments of semiotic mediation. *Educational Studies in Mathematics* 66, 317-333.
- Freudenthal H. (1991) *Revisiting mathematics education*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Goodchild S. (2008) A quest for “good” research. In Jaworski B., Wood T. (Eds.) (pp. 201-220). *International handbook on mathematics teacher education: Vol. 4. The mathematics teacher educator as a developing professional: Individuals, teams, communities and networks* Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers.
- Gravemeijer K. (1994) *Developing realistic mathematics education*. Utrecht, The Netherlands: Freudenthal Institute.
- Gueudet G., Trouche L. (2008) Du travail documentaire des enseignants : genèses, collectifs, communautés. Le cas des mathématiques. *Éducation 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.
- Janvier C. (1978) *The interpretation of complex Cartesian graphs – Studies and teaching experiments*. Nottingham: Shell Centre for Mathematics Education.
- Jaworski B. (2007) Theoretical perspectives as a basis for research in LCM and ICTML. In B. Jaworski et al. (Eds.) *Læringsfellesskap i matematikk – learning communities in mathematics*. Bergen: Caspar Forlag.
- Miles M. B., Huberman M. A. (1994) *Qualitative data analysis 2nd ed*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Trouche L. (2005) An instrumental approach to mathematics learning in symbolic calculator environments. In Guin D., Ruthven K., Trouche L. (Eds.) (pp. 137-162) *The didactical challenge of symbolic calculators: turning a computational device into a mathematical instrument*. New York : Springer.
- Wagner J. (1997) The unavoidable intervention of educational research: a framework for reconsidering researcher-practitioner cooperation. *Educational Researcher*, 26(7), 13-22.
- Wenger E. (1998) *Communities of practice: Learning, meaning and identity*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Annexe 1 : Matrice de Janvier (adaptée de Janvier 1978) par Claire Vaugelade Berg

From / To	Situation	Table	Graph	Algebraic expression
Situation	-----	measuring	drawing	modelling
Table	reading	-----	plotting	adjusting from table
Graph	interpreting	reading	-----	adjusting from graph
Algebraic expression	recognising	calculating	plotting	-----