

ETUDE DE L'EVOLUTION DES PRATIQUES D'UN ENSEIGNANT LORS D'UNE SEQUENCE D'ENSEIGNEMENT INTEGRANT UN ARTEFACT TECHNOLOGIQUE

Faten KHALLOUFI-MOUHA*

Résumé – En se plaçant dans le cadre de l'approche théorique de la médiation sémiotique d'inspiration vygotkienne, l'objectif de ce travail est d'étudier l'évolution des pratiques d'un enseignant lors d'une séquence d'enseignement intégrant un artefact technologique. L'intérêt porte essentiellement sur les stratégies de communications élaborées lors des phases de discussions collectives (Bartolini Bussi 1996) afin de mettre en place et de guider le processus de médiation sémiotique ainsi que sur leur impact sur la construction du signifié mathématique de la notion de la fonction cosinus chez les élèves.

Mots-clés : la théorie de la médiation sémiotique, pratiques de l'enseignant, construction du signifié mathématique, Discussions collectives, l'artefact technologique Cabri géomètre

Abstract – Using the theoretical approach of the semiotic mediation, this work is aimed to study the evolution of a teacher's practices in a teaching experiment integrating a technological artefact. We focus on the communication strategies elaborated by the teacher in the phases of collective discussion (Bartolini-Bussi 1996) and on their impact on the constructional process of significance of trigonometric function among the pupils.

Keywords: the theory of the semiotic mediation, the teacher practices, the construction of mathematical significance, collective Discussions, the technological artefact Cabri geometer

I. INTRODUCTION

L'intégration d'un artefact technologique dans une classe de mathématique nécessite une organisation spécifique des séances d'enseignement de point de vue de la préparation et de la réalisation et nécessite la mise en place d'un nouveau contrat didactique et de nouvelles stratégies d'enseignement. Cette intégration influence ainsi les pratiques de l'enseignant dans la classe et l'apprentissage des élèves. Dans ce travail en se plaçant dans le cadre de l'approche théorique de la médiation sémiotique d'inspiration vygotkienne, nous avons étudié l'évolution des pratiques d'un enseignant lors de la mise en place d'une séance d'enseignement intégrant l'artefact technologique Cabri Géomètre dans le cas de l'introduction de la notion de fonction trigonométrique. Nous nous intéressons essentiellement aux stratégies de communication élaborées par l'enseignant lors des différentes phases de travail et leurs impact sur la construction du signifié mathématique de la fonction trigonométrique « cosinus » chez les élèves.

II. NOS APPUIS THEORIQUES

1. *L'instrument de médiation sémiotique*

L'approche théorique de la médiation sémiotique admet l'hypothèse que l'activité d'enseignement est une activité médiatisée et vise ainsi la transposition dans le domaine de la didactique, des concepts théoriques de l'approche vygotkienne, essentiellement celui de médiation sémiotique.

The crucial issue is given by the transposition of the theoretical construct of semiotic mediation (Vygotsky 1974) into educational design and classroom implementation. (Bartolini Bussi et al. 2003)

* Faculté des sciences de Bizerte, Université de Tunis– Tunisie – fkhalloufi@yahoo.fr

Cette approche interprète le fonctionnement des *artefacts cognitifs* comme l'élément essentiel pour l'apprentissage et pour cela elle offre un cadre théorique qui permet l'étude de l'utilisation de ces artefacts dans le domaine de l'enseignement. Une grande importance est attribuée au fonctionnement des artefacts en tant qu'instruments de médiation sémiotique. En effet, d'après Bartolini Bussi et Mariotti (2008) l'artefact entretient un double lien sémiotique, un premier lien *artefact/tâche* puisque un artefact est lié à une tâche spécifique afin de fournir une solution et un deuxième lien *artefact/connaissance mathématique* puisque cet artefact est relié à une connaissance mathématique spécifique. Ces deux types de relations s'expriment par différents types de signes. D'un côté, la relation entre l'artefact et la connaissance visée par l'enseignement s'exprime par des signes qui sont cristallisés dans la signification mathématique des opérations menées avec l'artefact. Ainsi, dans un objectif pédagogique ces signes sont ceux visés par l'enseignement et constituent *les signes mathématiques*. D'un autre côté, la relation entre l'artefact et la tâche s'exprime également par des signes généralement contingents à la situation déterminée par la solution d'une tâche particulière. Ces signes peuvent être de natures différentes (des signes langagiers, des gestes, des dessins, des symboles...) et sont attachés à l'activité avec l'artefact et aux opérations accomplies. Ils constituent ce que Bartolini Bussi et Mariotti (2008) appellent les *signes artefact*.

La relation entre ces deux types de signes (les signes artefacts et les signes mathématiques) n'est ni évidente ni spontanée et la construction d'un tel lien peut constituer un objectif d'enseignement. L'enseignant peut ainsi guider le processus de construction des connaissances en favorisant l'évolution des signes artefact attachés directement à l'artefact et à la tâche proposée vers les signes mathématiques visés. Le rôle de l'enseignant consiste à guider l'évolution des signifiés personnels (*personal meanings*) construit par les élèves lors de la résolution d'une tâche particulière avec l'artefact vers des signifiés mathématiques partagés par toutes la classe et qui constituent la connaissance scientifique visée par l'enseignement et cela essentiellement en établissant des discussions qui s'appuient sur l'activité avec l'artefact. Cela correspond à l'utilisation de l'artefact par l'enseignant en tant qu'outil de médiation sémiotique. En plus des signes mathématiques et des signes artefact, un troisième type de signes peut émerger lors de la construction des connaissances mathématiques et qui joue un rôle très important dans le lien entre les deux types de signes précédents. Ces signes appelés signes pivot (Bartolini Bussi et Mariotti 2008) sont susceptibles de permettre le passage du contexte de la vie ordinaire ou de l'activité avec l'artefact au contexte mathématique. Ils sont fortement polysémiques et ont plusieurs acceptations et signifiés dans le contexte mathématique et le contexte de l'activité avec l'artefact. Pour cela, ils sont susceptibles de permettre le passage d'un contexte à l'autre et de jouer ainsi un rôle « pivot » dans la construction de signifiés mathématiques personnels et puis socialement partagés.

2. Le rôle de l'enseignant dans le processus de médiation sémiotique

La mise en place du lien entre les différents types de signes nécessite une organisation spécifique de la part de l'enseignant. Les positions asymétriques (*asymmetrical position*) de l'élève et de l'enseignant part rapport au savoir mathématique et même au savoir instrumental attribue aux interventions de l'enseignant le statut d'*orchestration*. Une orchestration instrumentale en termes de Trouche (2005) et une orchestration des différentes interventions lors de la phase de discussion collective au sens de Bartolini Bussi (1998). Ces phases de discussion collectives sont généralement déclenchées par l'enseignant qui formule explicitement l'objet de discussion et impliquent toutes la classe.

Ces phases jouent un rôle essentiel dans l'évolution du processus sémiotique elles acquièrent, parfois explicitement, le caractère de véritables *discussions mathématiques* dont caractéristique principale est la dialectique cognitive, soutenue par l'enseignant, entre les

signifiés personnels différents élaborés par chaque élève et les signifiés mathématiques associés aux signes spécifiques (Bartolini Bussi 1998).

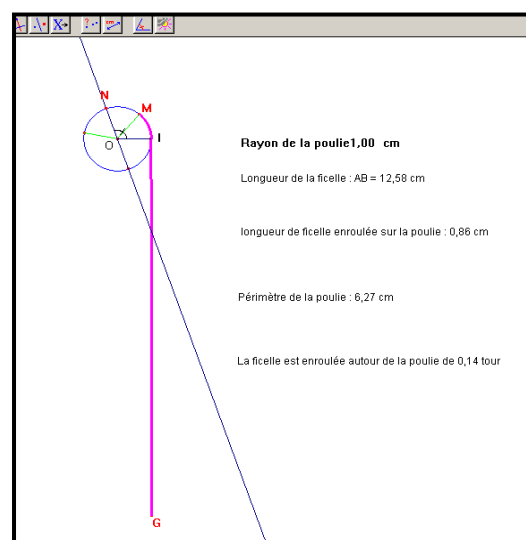
Ainsi, partant du fait que les signifiés personnels des élèves sont liés à l'utilisation de l'artefact pour accomplir une tâche bien particulière alors que le signifié mathématique est lié à l'artefact et à son utilisation. Le rôle de l'enseignant est alors, d'exploiter cette double relation sémiotique qui correspond à la potentialité sémiotique de l'artefact afin de guider l'évolution des signifiés personnels des élèves vers le signifié mathématique objet d'enseignement. Cela correspond essentiellement à guider le processus d'élaboration et de l'évolution de différents types de signes ayant émergé suite à l'utilisation de l'artefact lors des différentes phases de ce que Bartolini Bussi et Mariotti (2008) désignent par cycle didactique (didactical cycle p. 755). Cela nous amène à s'interroger sur les stratégies que l'enseignant peut mettre en œuvre afin de guider le processus de médiation sémiotique et de faire évoluer le processus de construction d'un signifié mathématique

III. PRESENTATION DE LA SEQUENCE D'ENSEIGNEMENT

Dans l'objectif d'étudier les stratégies élaborées par l'enseignant pour faire évoluer le processus de médiation sémiotique, nous avons élaboré une séquence d'enseignement intégrant l'artefact technologique Cabri géomètre. Cette séquence vise la construction du signifié mathématique de la fonction trigonométrique « cosinus » chez des élèves de 2^{ème} année de l'enseignement secondaire tunisien (16/17 ans).

La séquence d'enseignement élaborée est composée de quatre parties :

Les deux premières parties font appel à « la situation poulie¹ » qui est une situation de modélisation dans Cabri d'une poulie et d'une ficelle qui peut être enroulée autour de la poulie en utilisant l'outil déplacement. L'objectif de la première partie est d'amener les élèves, à travers des tâches de descriptions et d'anticipation, à se rendre compte que dans le cas du cercle trigonométrique, la longueur d'un arc est égale à la mesure en radian de l'angle qui l'intercepte.



¹ La situation « A rope on a wheel » a été construite par Genevès (Genevès, Laborde et Soury-Lavegne 2005) au sein de l'équipe I.A.M de l'Université Joseph Fourier dans le cadre du projet européen V.I.M : The Virtual environment for experiencing Mathematics <http://vim.sis-piemonte.it>.

Dans la deuxième partie, à travers l'utilisation des deux outils « déplacement » et « report de mesure » peut permettre à l'enseignant d'amener les élèves à associer à un réel quelconque x un point M sur le cercle trigonométrique et cela en reportant le nombre x sur le cercle trigonométrique à travers l'utilisation du « report de mesure » sur le cercle. Cela peut ainsi, favoriser chez les élèves, l'appréhension d'une relation fonctionnelle entre l'ensemble des réels $\mathbb{R}$ et l'ensemble des points du cercle trigonométrique qui se traduit au niveau du savoir mathématique par l'existence d'un homomorphisme de groupe, surjectif entre la droite des réels et le cercle trigonométrique.

La troisième et la quatrième parties sont basées sur le fonctionnement des outils « déplacement », « trace » et « report de mesure » de Cabri comme outils de médiation sémiotique pour l'idée de variation et de covariation et cela pour l'introduction de la fonction « cosinus » comme une relation de covariation (relation entre deux variations dépendant du temps) et de sa représentation graphique comme la trajectoire d'un point mobile.

Dans sa conception, la séquence d'enseignement fait appel à deux organisations sociales différentes. Des phases de travail par binôme permettant aux élèves de construire à travers l'utilisation de l'artefact, des signifiés personnels relatifs à la notion mathématique visée. Des phases de discussions collectives activées et guidées par l'enseignant. Ces discussions engagent tous les élèves à confronter leurs signifiés personnels et permettent à l'enseignant de les guider dans la construction d'un signifié partagé par toute la classe qui est le signifié mathématique visé. Ces discussions peuvent atteindre le statut de discussions mathématiques au sens de Bartolini Bussi (1996) et peuvent également comporter des phases d'institutionnalisation (Brousseau 1998). L'analyse des signes élaborés et utilisées par les élèves et l'enseignant lors des différentes phases de travail et la façon dont l'enseignant exploite ses signes, nous permettra d'analyser l'évolution du processus de médiation sémiotique.

IV. METHODOLOGIE DE L'ETUDE DES PRATIQUES DE L'ENSEIGNANT ET DE L'EVOLUTION DES SIGNIFIES DES ELEVES

1. Premier plan d'analyse : les signes simples

Le premier plan d'analyse des différents signes élaborés par l'enseignant et les élèves est l'analyse des signes simples que nous avons introduit ci-dessus, les signes artefact, les signes pivots et les signes mathématiques. Dans nos analyses, nous avons repéré pour chaque notion mathématique visée, les différents signes élaborés et utilisés par les élèves. L'utilisation de cette classification permet d'une part, d'analyser l'état évolutif des stratégies langagières utilisées par l'enseignant dans la mise en place et l'évolution du processus de médiation sémiotique. D'autre part, cette classification permet d'analyser l'évolution des signifiés des élèves relatifs à cette notion et cela à travers l'identification des types de signes utilisés. En effet, le passage de l'utilisation de signes artefact vers l'utilisation de signes pivot, pour une notion donnée, sera interprété comme une évolution dans la construction du signifié de cette notion. Par exemple, le passage de l'utilisation de signes artefact tels que « on augmente », « on enroule », « on déplace » pour désigner l'idée de « variation » ou de « variable indépendante » vers l'utilisation du signe pivot « varier » et par la suite vers le signe mathématique « variable » constitue une évolution dans la construction du signifié de variable chez les élèves.

2. *Deuxième plan d'analyse : Les signes complexes*

Ces signes complexes sont introduits par Falcade (2006) dans son analyse des signes langagiers lors des phases de discussion collective. Elle distingue quatre catégories : les caractérisations, définitions, interprétations et instanciations.

Les caractérisations portent de façon plus ou moins implicite sur des signes mathématiques, des signes pivots ou des signes artefact et ont tendance à mettre en valeur quelques caractéristiques qui pourraient être interprétées en termes mathématiques. Néanmoins, les caractérisations ne sont pas de vraies définitions parce que l'intervenant, n'a pas l'intention de le faire.

Les définitions portent sur un signe-mathématique cible. Elles visent explicitement et intentionnellement à expliciter, préciser, délimiter son signifié. Elles ne sont pas des définitions au sens mathématique du terme mais constituent une « mise en mots » sur un objet qui était jusqu'alors inconnu ou peu connu.

Les interprétations portent sur l'établissement d'une correspondance entre deux familles de signes qui appartiennent à deux champs sémantiques différents.

Les instanciations sont des signes qui concernent l'établissement d'un lien interprétatif entre deux signes simples, où l'un est directement issu de l'activité dans l'artefact et est associé à un nom propre et l'autre est un signe mathématique cible.

L'analyse de ces signes permet également d'étudier l'évolution des signifiés des élèves relativement à une notion mathématique. En effet, nous supposons que la première étape dans la construction d'un signifié peut se traduire par l'utilisation des signes complexes « caractérisation », qui ont tendance à mettre en valeur quelques caractéristiques qui pourraient être interprétées en termes mathématiques. Ou bien à travers l'utilisation de signes complexes « définition », qui consiste à chercher à donner une définition d'un objet qui était inconnu ou peu connu. La deuxième étape dans la construction d'un signifié peut s'interpréter par l'utilisation des signes complexes « instanciation » et « interprétation », qui reviennent à donner une interprétation mathématique de l'activité dans l'artefact.

V. ETUDE DE L'EVOLUTION DES PRATIQUES DE L'ENSEIGNANT LORS DES DIFFERENTES PHASES DE LA SEQUENCES

1. *Première discussion collective : difficulté à entrer dans le processus de médiation sémiotique*

Dans la première partie de la séquence les différentes interventions de l'enseignant lors de la phase de discussion collective montrent une difficulté à entrer dans le processus de médiation sémiotique. En effet, dans cette discussion collective, nous n'avons repéré aucune référence explicite à la « situation poulie » et à l'activité avec l'artefact. L'enseignant s'est limité à institutionnaliser la définition de la mesure d'un angle en radian. Toutes ses interventions relèvent du domaine mathématique et il ne fait allusion à l'activité avec l'artefact que dans une seule intervention et de façon non explicite. Cela relève de l'influence du contrat didactique classique² et de ses pratiques enseignantes habituelles. Nous supposons que la nouveauté des pratiques relatives au processus de médiation sémiotique, nécessite que

² Ici le contrat didactique classique est utilisé en opposition par rapport au contrat didactique établi suite à l'intégration d'un artefact technologique. Cela en prenant en considération tous les changements qui affectent les relations entre les différentes composantes de l'enseignement apprentissage des mathématiques.

l'enseignant s'approprie de nouvelles stratégies d'enseignement basée sur le concept de discussion collective au quelle il n'est pas habitué.

2. Emergence de nouvelles pratiques enseignantes et l'entrée dans le processus de médiation sémiotique

Dès la deuxième partie de la séquence expérimentale, nous avons remarqué une évolution au niveau des pratiques de l'enseignant qui s'est traduite d'abord par la mise en place d'une nouvelle stratégie suite à un blocage des élèves lors de la phase de travail par binôme. Nous avons désigné cette stratégie par les phases de mini-discussion collective (Khalloufi-Mouha 2009). La phase de mini-discussion collective constitue un modèle réduit de la phase de discussion collective, introduite par Bartolini Bussi (1998), qui ne fait pas intervenir toute la classe mais, se limite à une discussion entre l'enseignant et les élèves d'un binôme (ou d'un petit groupe de travail) à propos d'un objet mathématique visé par l'enseignement. Ces phases sont déclenchées suite à l'apparition d'un blocage ou d'une déviation importante de l'objectif de travail lors de la phase de travail par binôme. Elles constituent une occasion pour une confrontation entre les signifiés personnels des élèves et le signifié mathématique de la notion mathématique visée. Dans ces phases l'enseignant fait appel à l'activité avec l'artefact afin de faire évoluer la situation il utilise ainsi des signes artefact ainsi que des signes pivot. Il s'appuie alors, sur l'activité dans l'artefact pour amener les élèves à dépasser certaines difficultés et engendre un changement au niveau des significations construites. Ces mini-discussions comportent également des interprétations mathématiques de l'activité dans l'artefact comme, par exemple, l'interprétation de la ficelle comme partie de la droite des réels positifs.

L'évolution dans les pratiques de l'enseignante se traduit également lors des phases de discussions collectives, par la déviation du contrat didactique classique où toutes les interventions relèvent du domaine des mathématiques vers l'établissement de nouvelles stratégies de communication pendant lesquels l'enseignant fait appel à l'activité avec l'artefact et lui donne une interprétation mathématique. Dans ces stratégies l'environnement Cabri géomètre et la situation poulie jouent le rôle de milieu sur lequel l'enseignant se base pour introduire l'idée de relation fonctionnelle entre le cercle trigonométrique et la droite des réels et par la suite le signifié mathématique de la fonction « cosinus ». L'enseignant part donc, d'une expérience pratiquée par tous les élèves, pour d'abord étendre la métaphore au delà de la longueur de la ficelle et de l'idée de l'enroulement pour passer ensuite de cette métaphore à l'idée de variation, de covariation et de fonction trigonométrique.

3. Dernière partie de la séquence : le problème du temps d'enseignement et retour au contrat classique

Dans la dernière partie de la séquence, à un certain niveau de la discussion collective, nous avons remarqué que l'enseignant pour des raisons de temps et pour faire évoluer la discussion, ferme le problème et passe à poser des questions fermées. Cela constitue une influence du contrat classique et une déviation de notre objectif de mettre en place une séance de discussion collective.

VI. IMPACT DE CERTAINES PRATIQUES SUR LA CONSTRUCTION DU SIGNIFIÉ MATHÉMATIQUE CHEZ LES ÉLÈVES

Pour étudier l'impact de certaines pratiques de l'enseignant sur le processus de construction du signifié mathématique de la notion de fonction trigonométrique « cosinus », nous

présentons ici l'évolution des signifiés des élèves lors d'une discussion collective de la deuxième partie de la séquence. Cette discussion a été mise en place par l'enseignant dans l'objectif de définir une relation fonctionnelle entre l'ensemble des nombres réels et l'ensemble des points du cercle trigonométrique. La définition de cette fonction constitue une étape fondamentale pour la définition des fonctions trigonométriques.

L'analyse des signes simples utilisés lors de cette discussion collective, montre une importante utilisation de la part de l'enseignant et des élèves des signes artefact. Ces signes constituent essentiellement une description des actions des élèves lors de la manipulation de la situation poulie. Ils apparaissent alors, sous forme de verbes d'action ou sous forme d'expressions comportant un verbe d'action. Par exemple, nous avons repéré les signes « changer », « augmenter », « revenir » et « retourner » « enrouler » « partir », « arriver », « atteindre » et « prendre ». Il y a également l'utilisation d'expressions telles que « à chaque fois qu'on prend un réel x positif » ou « on peut trouver un point » ou encore « on peut l'atteindre ». Cela constitue un indice d'évolution par rapport à la première discussion collective et l'établissement d'un nouveau contrat didactique imposé par l'utilisation de l'environnement Cabri-Géomètre et la particularité de la situation poulie. L'évolution apparaît également au niveau des interventions de l'enseignant, qui fait souvent référence à l'activité dans l'artefact à travers l'utilisation de signes simples ou complexes afin d'aider les élèves à se rendre compte de la possibilité d'associer plusieurs mesures pour un même arc.

Guidés par l'enseignant, les interventions des élèves comportent également une importante utilisation des signes pivots ce qui met en évidence une volonté de donner une interprétation mathématique de leur activité dans l'artefact et cela constitue un indice de l'évolution de la construction des signifiés de fonctions et de relation fonctionnelle. Les signes pivot utilisés relèvent en apparence du domaine mathématique, cependant leur apparition dans les interventions des élèves est attachée à l'activité dans l'artefact comme par exemple l'intervention suivante « Alaa : Non le réel x est positif on a pris les x positifs donc c'est $\mathbb{R}^+$ » l'élève fait référence à l'activité dans l'artefact cependant il cherche à l'interpréter dans le domaine mathématique. C'est pour cela que nous considérons les signes « le réel x est positif » et « les x positifs » comme signes pivot.

Dans la suite de la discussion, nous avons repéré l'apparition d'une utilisation de la part des élèves de signes mathématiques relatifs à la classe de fonction. Parmi ces signes, il y a des signes introduits par l'enseignant puis utilisés par les élèves, comme par exemple « fonction » et « relation ». Mais il y a également des signes mathématiques introduits par les élèves, comme par exemple le signe « associer » et « correspondre ». Nous avons également repéré des formulations de type mathématique, comme par exemple l'intervention de Ikbel « Pour tout réel x positif on peut construire un point N sur le cercle tel que l'arc $\widehat{IN} = x$. » et l'intervention de Sabrina « A chaque réel x on associe un point M du cercle... ».

Concernant les signes complexes, nous avons repéré l'utilisation de plusieurs signes qui relèvent de la catégorie d'interprétation de la part de l'enseignant comme par exemple une interprétation de la longueur de la ficelle enroulée autour de la poulie comme une mesure de l'arc orienté $\widehat{IM}$. Cela constitue une appropriation de la part de l'enseignant de nouvelles stratégies basées sur l'utilisation de l'activité dans l'artefact comme milieu commun à tout les élèves sur lequel il s'appuie pour résoudre certaines difficultés et pour introduire de nouvelles notions mathématiques.

L'analyse de l'évolution du processus de construction du signifié mathématique de la relation fonctionnelle entre l'ensemble des nombres réels et l'ensemble des points du cercle trigonométrique nous a permis de dégager trois étapes.

Étape 1 : les premières interventions des élèves mettent en évidence que lors des phases de travail par binôme, ils repèrent les variations à partir de la manipulation de l'activité dans l'artefact et l'utilisation de l'outil « déplacement » de Cabri. Cela apparaît sous la forme de verbes d'action qui sont des signes artefact décrivant leurs actions.

Étape 2 : par la suite, les interventions des élèves montrent une élimination de la référence à l'espace et/ou au temps présent dans les signes artefact précédemment utilisés et un passage à l'utilisation d'expressions telles que « la mesure de l'arc varie ». Nous avons repéré également la reconnaissance de liens entre deux variations qui se manifeste à travers l'utilisation d'expressions tels que « quand X varie alors Y varie » ou comme « si X varie alors Y varie » ce qui atteste la reconnaissance de variation indirecte.

Étape 3 : par la suite, les élèves utilisent des signes pivot comme « dépend de » ou « en fonction de » qui remplacent les expressions telles que « si X varie alors Y varie. ». Ce qui reflète la prise en considération par les élèves du lien fonctionnel entre les deux variables.

VII. CONCLUSION

L'analyse des différentes phases de la séquence expérimentale met en évidence l'impact de l'intégration d'un artefact technologique sur les pratiques de l'enseignant et l'apprentissage des élèves. Nous avons repéré une évolution au niveau des pratiques de l'enseignant pour la mise en place et l'évolution du processus de médiation sémiotique. Cette évolution s'est traduite par la mise en place de phases de mini-discussions collectives en plus des phases de discussion collective programmées lors de la construction de la séquence d'enseignement. Ainsi que l'utilisation de l'activité avec l'artefact afin de faire évoluer la situation.

Les phases de mini-discussions, vu leur caractère local, constituent une technique adoptée par l'enseignant afin de gérer l'évolution du processus de construction du signifié mathématique visée, face à la particularité de cette situation d'enseignement faisant appel à l'artefact Cabri et à une nouvelle organisation du travail. De plus, lors des discussions collectives, les élèves ne manifestent pas certaines difficultés rencontrées au cours de leur travail et se limitent à donner l'interprétation finale de leur activité dans l'artefact. Or, les mini-discussions, de par leur caractère local permettent de pointer certaines difficultés intermédiaires ou locales dans l'évolution du processus de construction du signifié mathématique d'un concept.

L'évolution dans les pratiques de l'enseignant se traduit également lors des discussions collectives, pendant lesquelles il fait appel à l'activité avec l'artefact, notamment suite à l'apparition d'une difficulté d'ordre mathématique chez l'un des élèves. Dans un tel contexte, l'environnement Cabri géomètre et la situation poulie jouent le rôle de milieu sur lequel l'enseignant se base pour introduire le signifié mathématique visé.

REFERENCES

- Bartolini Bussi M.G. (1996) Mathematical Discussion and Perspective Drawing in Primary School. *Educational Studies in Mathematics* 31(1/2), 11-41.
- Bartolini Bussi M.G. (1998). Verbal interaction in mathematics classroom: a Vygotskian analysis. In Steinbring H. et al. (Eds.) (pp. 65-84) *Language and communication in mathematics classroom*. Virginia : NCTM, Reston.
- Bartolini Bussi M.G., Mariotti M.A., Ferri F. (2003) Semiotic mediation in the Primary School: Durer's glass. In Hoffmann H., Lenhard J., Seeger F. (Eds.) *Activity and Sign Grounding Mathematics Education (Festschrift for Michael Otte)*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Bartolini Bussi M.G., Mariotti M.A. (2008) Semiotic mediation in the mathematics classroom: Artifacts and signs after a Vygotskian perspective. In English L. (Ed.) *Handbook of International Research in Mathematics Education (second edition)*. New York et Londres: Routledge.
- Brousseau G. (1998) *Théorie des situations didactiques*. Grenoble : la Pensée Sauvage.
- Falcade R. (2006) *Théorie des Situations, médiation sémiotique et discussions collectives, dans des séquences d'enseignement avec Cabri-géomètre pour la construction des notions de fonction et graphe de fonction*. Thèse de l'université Joseph Fourier. Grenoble.
- Genevès B., Laborde C., Soury-Lavergne S. (2005) The room of transformations and functions with Cabri-Geometry. *L'insegnamento Della Matematica e delle scienze integrate*. numero spécial – décembre 2005, 11-14.
- Khalloufi-Mouha F. (2009) *Etude du processus de construction du signifié de fonction trigonométrique chez des élèves de 2ème année section scientifique*. Thèse de l'université de Tunis.
- Trouche L. (2005) Construction et conduite des instruments dans les apprentissages mathématiques_ nécessité des orchestrations. *Recherches en Didactique des Mathématiques* 25(1), 91-38.
- Vygotsky L.S. (1931/1978) *Mind in Society. The Development of Higher Psychological Processes*. Cambridge, MA : Harvard University Press.