

Approche instrumentale de ressources pédagogiques pour la formation des professeurs de mathématiques

Moustapha SOKHNAⁱ Faculté des Sciences et Technologies de l'Education et de la Formation, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, msokhna@ucad.sn

et **El Hadji Malick DIA**ⁱⁱ Faculté des Sciences et Technologies de l'Education et de la Formation, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, elmalickdia@yahoo.fr

Résumé

Cet article est une proposition de cadre théorique qui permet d'analyser le processus de conception et d'usage de ressources pédagogiques. En effet, avec la profusion aujourd'hui des ressources et la complexité des besoins de formation des enseignants, se pose un problème majeur : quelle approche théorique pour étudier les activités de conception et d'usage de ressources pour la formation du professeur de mathématiques de lycée et collèges ?

Notre objectif est de montrer combien *l'approche instrumentale* peut constituer un outil théorique pertinent et fécond pour répondre à cette question et pour analyser les dispositifs de formation.

Mots-clef : Approche instrumentale, ressources pédagogiques, didactique des mathématiques, formation des professeurs de mathématiques

Introduction

Cet article s'appuie sur une recherche effectuée dans le cadre d'une thèse en didactique des mathématiques (Sokhna 2006). L'objectif visé est de présenter l'approche instrumentale tout en montrant sa fécondité à analyser les dispositifs qui sont créés pour la formation des enseignants en mathématiques avec des ressources pédagogiques. En effet, en mathématiques, malgré un développement important des ressources, peu de recherches ont été faites pour la prise en compte de leur conception et de leur usage par les enseignants. Les travaux les plus connus en didactique qui vont dans ce sens sont plutôt orientés vers les questions d'intégration des TICE à l'enseignement des mathématiques. Il s'agit des recherches effectuées par Guin & Trouche (2006) sur les dispositifs de formation avec les TICE et celles menées par Trouche (2005) sur une gestion didactique de ces dispositifs. Dans le cadre de la formation des enseignants, cette étude propose un pont entre l'approche instrumentale et la notion de milieu telle qu'elle est étudiée et développée par Brousseau (1988 ; 1998) et Margolinas (2004). Cette étude répond également à l'invite faite par Rabardel (2002), autour du développement la théorie instrumentale, à la constitution d'une vaste communauté scientifique dont les frontières disciplinaires s'étendront au-delà de la psychologie. Dans ce texte, nous montrons comment cette approche nous permet d'explicitier les relations complexes qui lient les tuteurs, les enseignants et les élèves dans le cadre de la formation à partir de ressources pédagogiques.

1. L'approche instrumentale

Cette approche développée par Rabardel (1995a), est basée sur la théorie de l'activité et sur la théorie de la *médiation* due à Vygotski (1934) avec, en toile de fond, la notion de *schème* étudiée par Piaget puis reprise et développée par Vergnaud. C'est d'ailleurs, le concept de schème qui permet, selon Vergnaud (2002), *d'intégrer théorie de l'activité et théorie de la médiation*. L'importance accordée à l'approche instrumentale dans cette étude-ci, fait suite à la généralisation par Rabardel (2002) de l'idée de médiation aux outils *techniques* et *psychologiques*. Ainsi, l'approche instrumentale peut devenir pour la didactique, un instrument pour étudier et analyser les activités liées à la conception et l'usage des outils et donc des ressources pédagogiques.

ⁱ Faculté des Sciences et Technologies de l'Education et de la Formation, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, msokhna@ucad.sn

1.1. La médiation instrumentale

Vygotsky (1934) développe le concept d'instrument psychologique, comme médiateur entre le sujet et lui-même ou les autres sujets, qu'il différencie de l'instrument matériel dont le rapport médié à l'objet d'activité est externe au sujet. Pour lui, l'instrument psychologique se différencie fondamentalement de l'instrument technique par la direction de son action. Le premier s'adresse au psychisme et au comportement : il explique, par exemple, que la parole chez l'enfant, non seulement lui facilite la manipulation effective des objets mais lui permet aussi de contrôler son propre développement. Tandis que le second, l'instrument technique, tout en constituant aussi un élément intermédiaire entre l'activité de l'homme et l'objet externe, est destiné à obtenir tel ou tel changement dans l'objet même.

Se situant dans cette perspective vygotkienne des instruments, Rabardel avance l'idée que l'instrument n'est pas seulement un dispositif avec lequel on serait en interaction mais un *médiateur*. Seulement pour lui, il n'y a pas lieu de distinguer les directions des médiations entre l'instrument psychologique et l'instrument technique :

« il me semble qu'il est nécessaire de dépasser ce caractère trop limité de cette conceptualisation en distinguant plusieurs directions de la médiation : le rapport médié à l'objet d'activité externe (qui chez Vygotsky caractérise l'instrument matériel et technique), le rapport médié à soi-même et aux autres, caractéristique pour l'auteur des instruments psychologiques. Nous avançons que ces différents rapports sont susceptibles d'être co-présents comme potentialité médiatrice de tout instrument et comme composante de toute activité instrumentée » (Rabardel 2002).

Rabardel & Samurcey (2001) distinguent quatre types de médiations instrumentales : la *médiation épistémique* orientée vers la connaissance de l'objet, la *médiation pragmatique* orientée vers l'action, la *médiation réflexive* orientée vers le sujet lui-même, et la *médiation interpersonnelle* qui se réalise entre les sujets. Cette description de ces quatre types de médiations est intéressante pour les formateurs qui conçoivent des ressources pour la formation des enseignants en mathématiques : D'abord, sur la ressource, ils doivent penser à une fiche qui permet d'identification la ressource pour faciliter la médiation épistémique ; ensuite à une fiche avec des mathématiques scolaires (Proulx & Bednarz 2009) plus proche de son activité professionnelle pour accompagner la *médiation pragmatique* ; puis une fiche qui prend en charge l'environnement technicothéorique pour la *médiation réflexive*. Enfin des fiches de compte rendu d'expérimentation seront importantes pour stimuler les échanges entre collègues. Dans cette perspective éducative, Rabardel (2000) a présenté des médiations importantes dans une relation didactique (voir la figure 1 ci-dessous). Le maître et l'élève sont en relation médiée par l'instrument chacun d'eux a également des relations médiées à ses objets d'activités. L'instrument est aussi médiateur dans les rapports à soi-même.

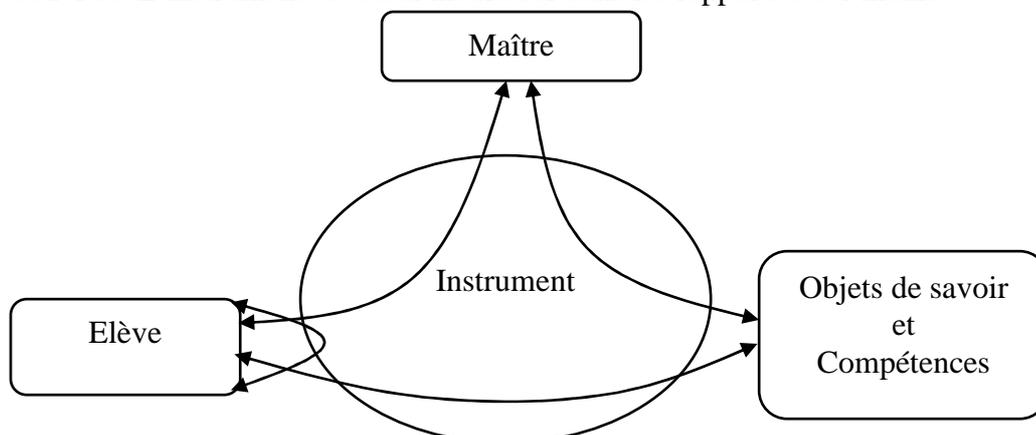


Figure 1 : Principales médiations instrumentales dans le champ de la didactique (Rabardel 2000)

L'approche Instrumentale c'est aussi la distinction entre *outils nus* et *instruments* et à la *non permanence* de l'instrument.

1.2. La distinction outil / instrument

Rabardel (1995a) complète la théorie instrumentale de Vygotski par une précision de la nature de l'instrument. Pour Beguin & Rabardel (2000), « *l'instrument est certes un médiateur entre le sujet et l'objet, mais il est aussi constitutivement composé par le sujet et par l'artefact* ». L'approche instrumentale fait une différenciation entre l'objet neutre matériel, symbolique ou conceptuel appelé *artefact* et l'objet inscrit dans un usage appelé *instrument*. Pour Beguin & Rabardel (ibidem), les artefacts sont des *propositions* et c'est le sujet qui, au cours de l'usage, attribue à l'artefact un statut d'instrument. Ils précisent que :

« L'instrument médiateur est composé de deux entités : une composante artefact (une fraction d'artefact ou un ensemble d'artefacts) et un ou des **schèmes** associés, résultant d'une construction propre au sujet autonome ou d'une appropriation de **schèmes sociaux** déjà formés extérieurement à lui. Ces deux structures sont solidairement constitutives à l'objet de l'activité ». (nos soulignements)

Ce concept de schème, au-delà du lien qu'il fait entre l'artefact et l'instrument, peut constituer un ciment entre les différentes approches des recherches en didactique considérées par Chevallard (1992) comme une discipline dense dans le cognitif. Pour Vergnaud (2005) :

« L'un des problèmes importants de la recherche en didactique est celui des rapports entre les connaissances sous-jacentes à l'action en situation et les connaissances explicitées dans les manuels, dans la bouche du professeur et des élèves [...] Piaget dit que la connaissance est adaptation [...] Brousseau lui-même a pris à son compte cette idée d'adaptation, justement pour en faire un levier didactique. Qu'est-ce qui s'adapte et à quoi ? [...] Et ma réponse est : ce qui s'adapte ce sont **les schèmes, c'est-à-dire des formes d'organisation de l'activité** et qui s'adaptent à des **situations** ». (nos soulignements)

1.3. La non permanence de l'instrument

Dans une perspective instrumentale, il n'y a pas de permanence dans l'outil. Pour Contamines & al (2003), dans l'artefact, sont inscrits des modes opératoires, accessibles à travers des fonctions constituantes prévues par le ou les concepteurs. Lors d'une utilisation d'un artefact, ces *fonctions constituantes* ne sont pas les seules présentes. Il y a aussi les *fonctions constituées* (les fonctions qui ont été créées par l'usager durant l'utilisation de l'artefact) qui deviennent, ensuite, des fonctions constituantes pour l'usager. Rabardel (1995b) appelle *genèse instrumentale* le processus qui, à travers l'usage, marque l'évolution progressive de l'utilisation de l'artefact. L'instrument se construit ainsi, progressivement, pour l'usager à travers deux processus duaux : *l'instrumentation* (le processus qui fait émerger les fonctions constituantes) et *l'instrumentalisation* qui est liée au développement des fonctions constituées.

Faisant le lien entre ce processus d'instrumentation et le développement des schèmes d'utilisation d'un outil, Rabardel (2000) explique que :

« L'instrumentation est relative à l'émergence et à l'évolution des schèmes d'utilisation : leur constitution, leur fonctionnement, leur évolution ainsi que l'assimilation d'artefacts nouveaux à des schèmes déjà constitués, etc. ».

Quant à l'instrumentalisation:

« Il est possible de distinguer plusieurs niveaux d'instrumentalisation par attribut de fonction à un artefact. A un premier niveau, l'instrumentalisation est locale, liée à une action singulière et aux circonstances de son déroulement. L'artefact est instrumentalisé momentanément. A un second niveau, la fonction est acquise durablement comme propriété de l'artefact en relation avec une classe d'actions, d'objets de l'activité et de situations. L'instrumentalisation est durable, sinon permanente. Dans l'un ou l'autre cas, il n'y a pas de transformation matérielle de l'artefact, lui-même. Il s'est seulement enrichi de propriétés nouvelles, acquises momentanément ou durablement. Enfin, à un troisième niveau, les fonctions acquises peuvent être inscrites dans l'artefact même, par une modification de son fonctionnement ou de sa structure : l'artefact est matériellement modifié ». (Beguin & Rabardel 2000)

2. Genèse instrumentale de ressources pédagogiques

Précisons d'emblée que la notion de *ressource pédagogique* s'inscrit dans un large cadre de *ressources éducatives* comme le décrivent Contamines & Hotte (2007) :

« Le concept de ressources éducatives hérite d'une perspective historique forgée au cours d'une longue pratique artisanale où l'enseignant invente ces propres outils : guide, baguette, gabarit, texte et autres, pour satisfaire un besoin immédiat de sa pratique sans nécessairement que la fabrication de l'outil soit soutenue par une intention de réutilisation. Le concept de ressources éducatives englobe, de manière large, toute forme de ressources humaines et matérielles mises en œuvre par l'enseignant ou par le système éducatif pour améliorer l'apprentissage. Cette ressource peut prendre la forme d'un texte ou d'une image, de même que de sites Web, de vidéos, d'animations, de messages audio, de photos ou de présentations. ».

Précisons également que l'étude de l'usage des ressources pédagogiques s'inscrit dans une perspective instrumentale qui, pour Guin & al (2007), « *semble particulièrement pertinente pour la conceptualisation de la notion de ressource pédagogique* ». Dans cette perspective théorique, les usagers pourront être, soit une communauté d'enseignants, soit un enseignant dans sa classe.

L'artefact, selon l'utilisateur et les types d'utilisation, pourra être un vivier de ressources ou une ressource pédagogique.

L'étude que nous ferons des ressources pédagogiques s'organisera autour des trois notions clés de l'approche instrumentale : l'idée de médiation, la distinction entre artefact et instruments et la non permanence de l'instrument.

2.1. La médiation instrumentale et ressources pédagogiques

Dans le cadre de la formation des professeurs de mathématiques à partir des ressources pédagogiques, les médiations instrumentales se font à deux niveaux : d'abord le tuteur qui utilise, principalement, un vivier de ressources pédagogiques pour organiser la *collaboration* (Dillenbourg 1999) entre enseignants pour leur formation ; ensuite, chaque enseignant, à la suite de sa formation ou au cours de sa formation, utilise une ressource pour « faire son

cours ». Le travail de conception et d’usage des ressources aide les enseignants à générer une *organisation mathématique globale* (Chevallard 1999) et à mettre en œuvre une *organisation didactique* (Chevallard ibidem). La figure 2 ci-dessous traduit les différentes médiations : le tuteur et les enseignants, de façon collaborative, sont en relation médiée par un vivier de ressources pédagogiques, chacun d’eux a également des relations médiées à ses objets d’activités ; l’instrument est aussi médiateur dans les rapports à soi-même. En classe, une réplique des différentes formes de liens, traduisant les médiations entre tuteur et enseignants, réapparaît entre enseignant et élèves.

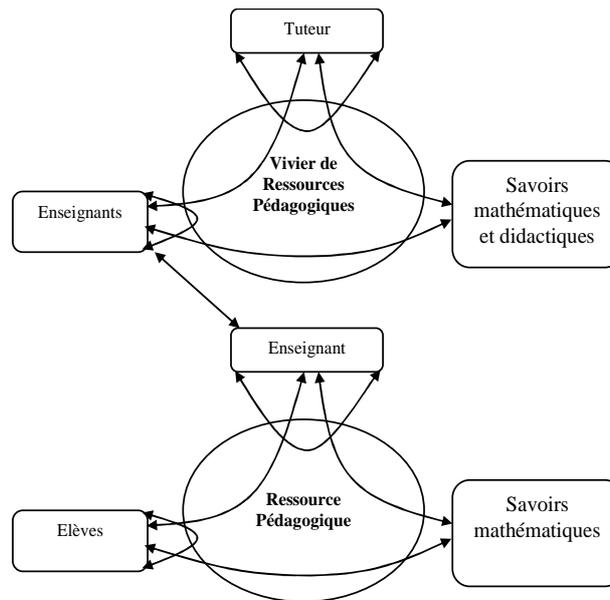


Figure 2 : Schéma fractal représentant les différentes médiations du tuteur à l’élève en passant par le professeur.

Nous traduisons cette disposition fractale des médiations en une disposition qui implique davantage les tuteurs (figure 3). Le tuteur sera proactif (Duplâa & al 2003), c’est-à-dire qu’il doit non seulement répondre aux difficultés des apprenants, mais il doit aussi anticiper sur les difficultés afin de réguler les perturbations éventuelles.

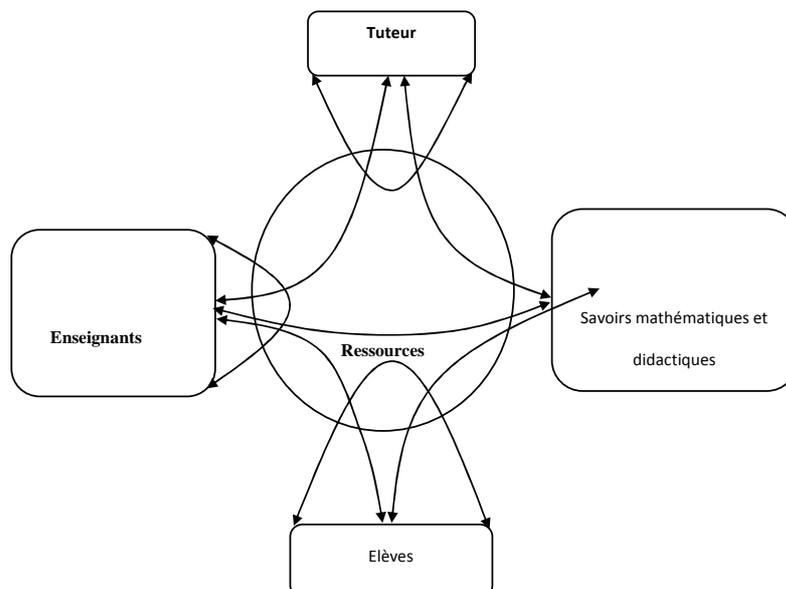


Figure 3 : *Les principales médiations instrumentales entre tuteur proactif, professeur et élève à partir d'un vivier de ressources pédagogiques*

2.2. Schème d'utilisation de ressources pédagogiques

L'identification de la notion de schème est cruciale pour l'évaluation des apprentissages instrumentés. Parce que, d'une part, les schèmes avec l'artefact sont constitutifs de l'instrument et, d'autre part, parce que c'est au cours de l'utilisation d'un outil que les schèmes guident les *gestes* et, à partir de là, naissent les savoirs faire de l'apprenant. Dans une perspective de formation d'enseignants à partir de ressources pédagogiques, l'étude de l'émergence des schèmes d'utilisation doit prendre en compte les formes de collaboration entre pairs. Ainsi, le travail ne se limite plus à l'activité d'un enseignant singulier avec une ressource mais à la communauté avec un « vivier de ressources » qu'elle utilise. Ce qui pose le problème du décryptage de l'évolution des sens que la communauté se construit au cours des usages. Contamines & al (2003) proposent la notion de *champ instrumental collectif* pour étudier, a posteriori, l'utilisation d'une ressource par une communauté de pratique. L'étude des schèmes sociaux d'utilisation des ressources pédagogiques qui se construisent dans ces communautés d'enseignants en formation ne peut pas avoir pour seul but une facilitation de l'évaluation des apprentissages. Cette étude doit permettre aussi de comprendre des mécanismes de constitutions de *communautés de pratiques* (Wenger 1998) regroupant concepteurs et utilisateurs de ressources. Ainsi une ressource pédagogique n'est pas seulement élaborée pour prendre en compte les types d'utilisation des ressources mais pour faire vivre les outils et favoriser le travail collaboratif entre pairs.

2.3. Processus de genèse instrumentale de ressources pédagogiques

Ce processus de genèse instrumentale devrait se lire aussi bien sur les ressources que et sur les enseignants usagers.

Du côté des ressources pédagogiques : comme tous les outils, elles évoluent au cours des usages. Nous disons, comme Crozat (2007), qu'il n'y a pas de ressource « idéale » (ou générique) et qu'il ne peut y avoir que des ressources à *adapter*. La non permanence des ressources doit surtout être mise en avant au cours de leur conception. Cela conduit à une conception prenant largement en compte les processus d'instrumentalisation. Une approche où, selon Beguin & Rabardel (2000), « *Les objets techniques sont délibérément conçus à partir de l'activité de l'utilisateur et pour être au service de leur activité.* ». Cette conception dite *anthropocentrée* de ressource suppose que l'outil et son support soient à même de recueillir des propositions de modifications faites par les enseignants et de permettre aux concepteurs d'intégrer les usages.

Du côté de l'enseignant en formation avec les ressources : l'instrument construit doit être perçu comme le résultat d'un travail sur un artefact à composantes matérielles (les différentes fiches de la ressource) et à composantes psychologiques (le milieu de l'élève) ; ce milieu induit par la fiche élève et organisé à travers le scénario d'usage est en plus évolutif. L'enseignant, en mettant l'élève en situation, est obligé d'interagir avec le milieu de ce dernier mais également avec l'élève qui interagit avec son propre milieu. C'est cela qui facilite son adaptation et donc le processus de genèse instrumentale.

Conclusion

Cette tentative de théorisation de la genèse instrumentale des ressources pédagogiques nous paraît très importante :

- d'une part, elle favorise le dialogue entre des approches différentes mais qui, pour nous, sont complémentaires et leur articulation peut faciliter leur utilisation en didactique des mathématiques.
- d'autre part, avec le développement de plus en plus important de ressources éducatives sur Internet, l'approche instrumentale offre aux concepteurs de dispositifs de formation à distance et aux utilisateurs des ressources des outils théoriques pour organiser leur formation :
 - aux utilisateurs, l'outil qui leur sera proposé est le processus d'instrumentalisation : ces utilisateurs doivent savoir qu'une ressource est une proposition. Ils doivent également comprendre qu'il n'y a pas de ressource parfaite et qu'il ne peut y avoir que des ressources à adapter. D'où la nécessité de poursuivre cette étude dans le sens de l'instrumentalisation du milieu.
 - aux concepteurs de ressources, ils doivent savoir que toute tentative de scénarisation d'une séquence d'enseignement peut poser un problème de reproductibilité. L'enseignant concepteur de la ressource doit essayer de tenir compte des usages. La question que l'on peut se poser cependant est : Qu'est ce qui facilite une conception anthropocentrée où l'on peut intégrer les usages et donc recueillir des propositions de modifications faites par les enseignants ?

Bibliographie

- Béguin P. & Rabardel P. (2000) Concevoir pour les activités instrumentées. *Revue d'intelligence artificielle*, Vol. 14, p. 35-54.
- Brousseau G. (1988) Le contrat didactique : le milieu. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, Vol. 9(3), p. 309-336.
- Brousseau G. (1998) *Théorie des situations didactiques*. Grenoble : La Pensée Sauvage.
- Chevallard Y. (1992) Concepts fondamentaux de didactique : perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, vol. 12(1), p. 73-112.
- Chevallard Y. (1999) L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, Vol. 19(2), p. 221-266.
- Contamines J., George S. & Hotte R. (2003) Approche instrumentale des banques de ressources éducatives. In E. Bruillard & B. De La Passardière (Eds.), Ressources numériques, XML et éducation. *Sciences et technologies éducatives*, p. 157-178. Hors série 2003.
- Contamines J. & Hotte R. (2007) Communautés de pratique : auteurs et utilisateurs des banques de ressources éducatives. In M. Baron, D. Guin & L. Trouche (Eds.), Actes du Symposium Réseau Education et Formation. *Environnements Informatisés pour l'éducation et la formation scientifique et technique : modèles, dispositif et pratiques*. Paris : Hermès.
- Crozat S. (2007) Apprendre en présence et à distance à la recherche des effets des dispositifs hybrides. In M. Baron, D. Guin & L. Trouche (Eds.), Actes du Symposium Réseau Education et Formation, *Environnements Informatisés pour l'éducation et la formation scientifique et technique : modèles, dispositif et pratiques*. Paris : Hermès.

- Dillenbourg P. (1999) wath do you mean by ‘collaborative learning’. In P. Dillenbourg (Ed.), *Collaborative learning: cognitive and computational approaches*, p. 1-19. Oxford : Elsevier.
- Dupl a E., Galisson A. & Choplin H. (2003) Le tutorat à distance existe-t-il ? Propositions pour du tutorat proactif à partir de deux expérimentations de FOAD. *Environnements Informatiques pour l’Apprentissage Humain*, p. 477-484. Strasbourg.
- Guin D. & Trouche L. (2006) *Des scénarios pour et par les usages*. In H. Godinet & J.-P. Pernin (Eds.), *Sc nariser l’enseignement et l’apprentissage : une nouvelle compétence pour le praticien ?* Lyon : INRP.
- Guin D., Joab M. & Trouche L. (2007) Quels modèles, dispositifs de formation et outils pour une approche instrumentale des ressources pédagogiques ? In M. Baron, D. Guin. & L. Trouche (Eds.), *Actes du Symposium du Réseau Education et Formation, Environnements Informatisés pour l’éducation et la formation scientifique et technique : modèles, dispositif et pratiques*. Paris : Hermès.
- Margolinas C. (2004) *Point de vue de l’élève et du professeur Essai de développement de la théorie des situations didactiques*. Document pour l’Habilitation   Diriger des Recherches. Université de Provence.
- Rabardel P. (1995a) *Les hommes et les technologies, approche cognitive des instruments contemporains*. Paris : Armand Colin.
- Rabardel P. (1995b) Qu’est ce qu’un instrument ? Appropriation, conceptualisation, mises en situation. *Les dossiers de l’ingénierie éducative*, Vol. 19, p. 61-65. CNDP.
- Rabardel P. (2000) Eléments pour une approche instrumentale en didactique des mathématiques. In M. Bailleul (Ed.), *Actes de la X^{ me} Ecole d’été de didactique des mathématiques*, p. 203-213. Caen : IUFM.
- Rabardel P. (2002) Le langage comme instrument ? Eléments pour une théorie instrumentale étendue. In Y. Clot (Ed.), *Avec Vygotski*. p. 265-290. Paris : La Dispute.
- Rabardel P. & Samurcey R. (2001) From Artifact to Instrument-Mediated Learning. *Symposium on New challenges to research on Learning*. Finland : Helsinki.
- Sokhna M. (2006) *Formation continue à distance des professeurs de mathématiques du Sénégal : genèse instrumentale de ressources pédagogiques*. Thèse de doctorat. Montpellier : Université Montpellier II.
- Trouche L. (2005) Construction et conduite des instruments dans les apprentissages mathématiques : nécessité des orchestrations. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, Vol. 25(1), p. 91-138.
- Vergnaud G. (2002) *Lev Vygotski Pédagogue et penseur de notre temps*. Hachette Education.
- Vergnaud G. (2005) Repères pour une théorie psychologique de la connaissance. In A. Mercier & C. Margolinas (Eds.), *Balises en didactique des mathématiques*, Cours de la XII^{ me} Ecole d’Et  de didactique des mathématiques, p. 123-136. Grenoble : La Pensée Sauvage.
- Vygotski L.S. (1934) *Pensée et langage* (2002). Paris : La Dispute.
- Wenger E. (1998) *Communities of Practice : Learning, Meaning and Identity*. Cambridge: University Press.