L'enseignement des mathématiques face aux défis de l'école et des communautés

Actes du colloque emf 2006

Situations recherche pour la classe : des outils pour donner du sens à l'activité de recherche en mathématiques au fil de la scolarité

Karine Godot, *Laboratoire Leibniz, Université Joseph Fourier, Grenoble, France*

Résumé

Depuis plusieurs années, nous étudions de manière théorique et expérimentale des situations originales à la fois par les questions posées, le type de travail demandé à l'élève, les apprentissages visés et le rôle de l'enseignant : les situations recherche pour la classe (SRC). Ce sont des situations didactiques particulières qui peuvent être considérées comme la transposition pour la classe de l'activité du chercheur en mathématiques. Comme dans le problem solving, les méthodes de résolution ne sont pas désignées à l'avance, plusieurs pistes peuvent être suivies. Toutefois, contrairement au problem solving, dans une SRC :

- *la question posée est proche d'une question non résolue de la recherche actuelle en mathématiques ;*
- *les objets et questions abordés ne sont pas nécessairement dans les curricula scolaires ;*
- *la question n'apparaît pas dans l'intra mathématique, c'est la situation elle-même qui amène l'élève à l'intérieur des mathématiques ;*
- *la réponse n'est pas forcément unique ;*
- *les apprentissages visés sont relatifs à l'argumentation, au raisonnement, à l'activité de conjecture, de preuve, de modélisation, de définition, etc.*

De ce fait, la gestion d'une SRC nécessite que l'enseignant prenne une position de chercheur.

Une partie de nos recherches s'intéresse plus particulièrement aux SRC présentées sous forme de jeu et par le biais d'un support matériel. Dans ce cadre, plusieurs expérimentations ont été mises en place en primaire, collège, lycée et 1re année d'université. Au regard de leurs résultats, les SRC « ludiques » apparaissent comme des situations didactiques contribuant à donner du sens à l'activité mathématique et mettre en avant la rationalité comme une de ses spécificités et cela au fil de la scolarité.

Le savoir scientifique se construit dans le domaine de la recherche, en particulier par la résolution de questions. Ceci nous a conduits à étudier les possibilités d'existence et de fonctionnement d'organisations didactiques autour de situations de recherche. Les apprentissages visés sont essentiellement les savoirs « transversaux », c'est-à-dire ceux intervenant dans de nombreux domaines scientifiques, tels qu'expérimentation, raisonnement, conjecture, argumentation, modélisation, définition, preuve, implication, structuration, décomposition/recomposition, induction, etc.

Or, nous avons constaté que, d'une part, l'apprentissage de ces savoirs transversaux est un objectif constant déclaré « essentiel » depuis plusieurs réformes de programmes dans l'enseignement primaire et secondaire en France et que, d'autre part, il y a une difficulté intrinsèque à réaliser ces objectifs en classe.

Le type de situations que nous analysons ici fonctionne depuis longtemps dans des ateliers divers, à tous les niveaux scolaires, elles sont étudiées d'un point de vue théorique depuis quatre ans dans le groupe SIRC « Situations de Recherche pour la Classe », constitué de chercheurs de différents laboratoires et d'enseignants du secondaire.[1] Différents travaux de notre équipe sont liés à cette problématique, citons en particulier ceux de Rolland (1999) sur la modélisation, ceux de V. Deloustal-Jorrand (2004) sur le concept d'implication et ceux de C. Ouvrier-Buffet (2003) sur la construction de définition en mathématiques.

1. Hypothèses et questions de la recherche

En situation de recherche, le chercheur peut, et doit, pour faire évoluer sa question, choisir lui-même le cadre de résolution, modifier les règles ou en changer, s'autoriser à redéfinir les objets ou à modifier la question posée. C'est à ce type de pratiques que nous souhaitons confronter l'élève, car elles sont le fondement de l'activité mathématique et nous faisons l'hypothèse que leur pratique régulière peut contribuer à donner du sens à l'activité mathématique et mettre en avant la rationalité comme une de ses spécificités, cela au fil de la scolarité. Or il semble que ce type de pratiques non seulement n'est pas usuel en classe, mais il est interdit à l'élève la plupart du temps.

Se pose alors la question des conditions pour faire fonctionner, dans les institutions didactiques, une activité mathématique de type « situation de recherche en classe », susceptible de permettre l'apprentissage de ce que nous avons appelé les savoirs « transversaux ».

Un modèle de la « Situation recherche pour la Classe » (SRC)

Ce modèle est décrit et analysé dans Grenier et Payan (2002), nous en donnons ici l'essentiel, en particulier pour le situer par rapport au « problème ouvert » de Arsac, Germain et Mante (1988). Les SRC ont bien sûr des caractéristiques communes aux situations de Math-en-Jeans qui, elles, sont proposées dans un contexte hors classe (Audin et Duchet, 1992).

Une SRC doit, pour nous, vérifier les critères suivants.

1. Une SRC s'inscrit dans une problématique de recherche professionnelle. Elle doit être proche de questions non résolues, car, nous faisons l'hypothèse que cette proximité à des questions non résolues – non seulement pour les élèves, mais aussi pour l'enseignant, les chercheurs – va être déterminante pour le rapport que les élèves vont construire à la situation. Elle peut donc comporter une, plusieurs ou aucune solution.
2. La question initiale est facile d'accès. En particulier, pour que la question soit facile à comprendre par l'élève, le problème doit se situer hors des mathématiques formalisées, les principaux savoirs en jeu ne doivent pas être notionnels. C'est la situation elle-même qui amène l'élève à l'intérieur des mathématiques.
3. Des stratégies initiales existent, sans que soient indispensables des pré requis spécifiques.

1 Pour en savoir plus : http://mathsamodeler.net.

4. Plusieurs stratégies d'avancée dans la recherche et plusieurs développements sont possibles, aussi bien du point de vue de l'activité mathématique que des notions mathématiques.
5. Une question résolue peut renvoyer à une nouvelle question : la situation n'a pas de « fin », il n'y a que des critères de fin locaux.

Les éléments du triplet (question, conjecture, preuve) sont les invariants de la SRC.

Le critère de réussite pour l'élève n'est donc pas, comme dans les exercices usuels, la résolution de la question (que la solution soit juste ou fausse). Dans les SRC, la résolution du problème est souvent partielle. Un critère de réussite « provisoire » peut être que l'on a émis une conjecture forte, ou simplement résolu un cas particulier.

Le critère de réussite pour l'enseignant est la reconnaissance d'apprentissages liés au savoir (question, conjecture, preuve).

Une partie de nos recherches vise à étudier les situations recherche présentées sous forme de jeu et introduites à l'aide d'un support matériel. Nous faisons l'hypothèse qu'une telle présentation peut être une aide à la dévolution du problème et cela dès l'école primaire. Ainsi, à travers les expérimentations que nous menons, nous cherchons à apporter des réponses aux questions suivantes :

- Quel est le rôle du support matériel dans la dévolution des « situations recherche » ?
- Quelles peuvent être les influences du support matériel sur les démarches de recherche ? Quels peuvent être les apprentissages induits ?
- Comment peut être gérée une SRC présentée sous forme d'un jeu matériel ?

2. Position des acteurs dans la situation didactique comportant une SRC

Dans une SRC, les acteurs (élèves et enseignants) sont dans des positions différentes de celles qu'ils ont l'habitude d'occuper dans une situation didactique classique. Les règles de base associées sont celles habituelles du débat scientifique (Legrand, 1993).

L'élève est en position de chercheur et de gestionnaire de la recherche

Il est dans une tâche de production de quelque chose de « nouveau », il ne sait pas à l'avance où vont le mener ses recherches, le résultat de ses recherches n'est pas une solution unique, il peut suivre plusieurs pistes et a sa charge le choix de certaines variables.

L'enseignant est en position de chercheur et de gestionnaire de la situation

Pour le pôle recherche, sa position est plus proche de celle de l'élève que dans une situation classique, car il n'est pas nécessairement détenteur des solutions du problème. Mais il est (censé être) détenteur des savoirs transversaux et avoir des critères d'évaluation sur leur validité. C'est une position qui se révèle difficile, parce qu'il n'est pas d'usage pour un enseignant en France d'avoir une activité de recherche.

Dans la gestion des SRC, le contrôle par l'enseignant de l'activité de l'élève se fait d'abord en fonction de l'avancée dans la résolution du problème et aussi par rapport aux objectifs d'apprentissage, les savoirs transversaux. Les notions mathématiques susceptibles d'apparaître comme des outils de résolution peuvent être fournies par l'enseignant.

3. Exemple d'une SRC : la roue aux couleurs

La situation que nous avons choisi de proposer est parmi celles que nous avons expérimentées du primaire à l'université[2].

Cette situation nous a été inspirée par un des problèmes parus sous la rubrique « Affaire de logique » dans le journal « Le Monde »[3]. Posé sous une forme différente, ce problème a notamment intéressé M. Gardner et G. Polya, aux dires de Gardner[4].

Nous l'avons posée à des élèves de primaire (cycle 3), de 6e, de 1re STI et de Deug 1re année (qui étaient les seuls à avoir préalablement cherché d'autres situations recherche). Chaque classe a cherché en groupes durant 4 ou 5 séances de 1 heure, chaque groupe disposait d'un support matériel.

Énoncé proposé : le jeu de la roue aux couleurs

Un forain propose un jeu constitué de deux disques de tailles différentes, disposés de façon concentrique. Sur le plus grand disque, il pose un certain nombre de pions, tous de couleurs différentes.

Principe du jeu

Le joueur doit placer sur le petit disque le même nombre de pions que sur le grand disque. Ces pions peuvent être d'une, deux, trois, quatre couleurs ou plus choisies parmi les couleurs disposées sur le grand disque par le forain.

On fait ensuite tourner le petit disque, cran par cran. Le joueur gagne si, dans chaque position du petit disque, un et un seul de ses pions est de la même couleur que celui qui lui correspond sur le grand disque.

Quelles sont toutes les façons que le joueur a de choisir et disposer ses pions pour gagner ?

L'énoncé du problème est très ouvert, puisque le nombre de pions que peut placer le forain ainsi que le nombre de couleurs que peut choisir le joueur ne sont pas fixés.

Éléments de résolution

Il apparaît au regard de la résolution que le couple (n, k), où n est le nombre de couleurs du forain et k celui du joueur, constitue une variable de la tâche « recherche », que nous appelons « variable de recherche » dont le choix est laissé à la charge de l'élève. Si le problème est posé de façon

2 Vous trouverez d'autres situations sur notre site : http://www-leibniz.imag.fr/LAVALISE et sur le CD Rom : « les 7 énigmes de K'stêt » édité par Génération 5.

3 *Le Monde* du 10 Juillet 2001.

4 *Math circus*, M. Gardner, p. 106.

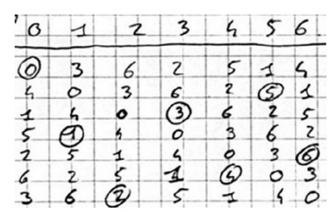
ouverte, comme nous l'avons présenté, les variables de recherche ne sont donc pas des variables didactiques. Selon les valeurs de cette variable de recherche, l'avancée dans le problème sera différente. En effet, ses valeurs peuvent être classées en deux catégories, qui correspondent à une phase de formulation et de validation différentes :

- Cas où il y a plusieurs solutions : dans ce cas-là, la formulation et la validation consisteront en la donnée de solutions particulières, éventuellement complétée par l'énoncé de méthodes de construction générales.
- Cas où il n'y a pas de solution : la résolution comportera la formulation de la conjecture « il n'y a pas de solution » suivie d'une validation de la conjecture par le biais d'arguments mathématiques ou par l'exhaustivité des cas.

Par ailleurs, pour avancer dans le problème, il faut oublier les couleurs et considérer la position relative des pions les uns par rapport aux autres, ce qui permet l'énoncé de méthodes de construction générales. On peut introduire une variable supplémentaire, le décalage, défini différemment selon les valeurs du couple (n, k). Il s'agit par exemple, dans le cas (n, n) du décalage entre la position sur le disque extérieur et la position sur le disque intérieur et, dans le cas (n, 2), du décalage entre la position sur le disque extérieur des deux couleurs choisies. On peut ainsi obtenir des arguments de preuve dans les cas où il n'y a pas de solution.

Présentation synthétique des productions des élèves ou étudiants

Nous pouvons considérer que tous les groupes d'élèves sont entrés dans une démarche de recherche en mathématiques, plus ou moins élaborée.



0	1	2	3	4	5	6
0	3	6	2	5	1	4
4	0	3	6	2	5	1
1	4	0	3	6	2	5
5	1	4	0	3	6	2
2	5	1	4	0	3	6
6	2	5	1	4	0	3
3	6	2	5	1	4	0

DEUG : Traduction de la rotation par un tableau prolongé

Il n'y a pas de différences marquantes entre les dynamiques de recherche mises en place même si les niveaux scolaires sont différents, mis à part une méthode de recherche de proche en proche[5] qui n'est apparue qu'en primaire. Plusieurs autres méthodes de construction de solution ont été proposées, quels que soient le niveau et les cas étudiés. Elles s'appuient sur les démarches de recherche. Les décalages ont été introduits par plusieurs groupes, après 2 ou 3 séances de recherche. Toutefois, même si les méthodes découvertes sont similaires, leur formulation semble être influencée par l'utilisation ou non du support matériel. Parmi les groupes de l'université, ceux qui ne l'ont utilisé qu'au début de leur recherche pour rapidement se tourner vers le support papier-crayon ont introduit un codage numérique des couleurs et une représentation du problème à l'aide d'un tableau, ils ont donné des méthodes de construction qui tendaient à se détacher de la description de ce qu'il faut faire, en utilisant un vocabulaire mathématique et en cherchant à généraliser. Les autres groupes, pour leur part, sont restés plus proches du commentaire d'une action.

Tous ont émis des conjectures, qu'ils aient ou non mises en place des démarches de recherche organisées. Ceux qui ont procédé par tâtonnements ont énoncé des conjectures locales, liées à des cas particuliers, les autres les ont complétées par des conjectures globales, plus générales. Parmi

5 Consiste à fixer ce qui marche et à ne modifier que le reste.

eux, tous sont parvenus à émettre la conjecture qu'il n'y a pas de solution lorsque cela était le cas. Toutefois cela est apparu plus facilement à l'université. Nous faisons l'hypothèse que cette différence peut être due à la conception répandue chez les élèves de primaire et secondaire qu'un problème a toujours une solution, ce qui est vrai pour la majorité des exercices qui leur sont proposés. Les étudiants de l'université, quant à eux, ont pu être confrontés à des exercices sans solution dans le cas de la résolution d'équations et ont de toute façon rencontré l'impossibilité dans les situations recherche qu'ils avaient déjà étudiées.

Enfin, quel que soit le niveau de connaissance, tous ont été confrontés à l'activité de preuve et ont montré notamment qu'il n'y avait pas de solution pour le cas (2,2) et pour (4,4), par exhaustivité des cas (qui n'était pas toujours garantie pour (4,4) et forçage. Pour les autres cas impossibles, seuls certains groupes de l'université ont cherché des arguments de preuve.

Il n'y a donc pas de différences notoires quant à la dévolution aux élèves du problème et aux principaux résultats obtenus aux différents niveaux. Cependant, une différence majeure semble être liée à la conception que peuvent avoir les élèves sur la notion de solution.

4. Les connaissances en jeu pour une SRC

Notre recherche expérimentale le confirme, il y a des apprentissages en jeu dans la recherche de La roue aux couleurs comme dans celle des autres SRC et ce sont ceux qui sont constitutifs de toute activité de recherche mathématique, c'est ce qui donne une légitimité institutionnelle à ces situations.

Du primaire à l'université, on retrouve dans les productions des élèves, des choix raisonnés pour les couples (n, k) à étudier, l'activité de conjecturer (des conjectures locales ont été énoncées à tous les niveaux), la confrontation à l'impossibilité, qui n'est pas si fréquente dans l'enseignement en France, celle de structurer (un objet, ses essais), la recherche de preuve (par forçage, exhaustivité ou recherche d'arguments plus formels), la modélisation (les couleurs ont peu à peu été remplacées par leurs initiales puis par un codage par le biais de nombres. Les représentations des solutions ont été élaborées soit en conservant la roue soit à l'aide d'un tableau), la recherche de généralisation (plusieurs méthodes de construction ont été établies ainsi que des conjectures globales), l'argumentation…

D'autres éléments relatifs à la notion même de problème mathématique sont également en jeu :

- La notion de solution : pour le chercheur, une solution est l'énoncé d'une forme générale. Dans le cas de La roue aux couleurs, pour beaucoup d'élèves, les solutions étaient dans un premier temps associées au choix des couleurs, certains en « avaient plein plein », mais elles étaient en fait des cas particuliers et étaient toutes identiques aux yeux du chercheur…
- Le fait qu'un problème de mathématiques n'a pas forcément une solution et une seule comme cela est souvent le cas dans les manuels, mais peut en avoir plusieurs ou aucune.
- Le fait qu'un problème puisse être résolu de plusieurs manières, qu'il n'y a qu'un seul schéma de résolution : quel que soit le niveau de connaissance, plusieurs stratégies de recherche sont apparues qui se sont avérées fécondes, même chez les élèves les plus en difficulté.

Enfin, la pratique régulière de SRC peut conduire à enrichir le rapport personnel de l'élève vis-à-vis des mathématiques car elle implique une appréhension différente de l'activité mathématique, elle peut ainsi contribuer à lui donner du sens et participer à l'apprentissage de la rationalité, de ses spécificités, tout au long du cursus. En effet, contrairement aux pratiques de classe et aux manuels, la recherche des SRC comporte trois aspects fondamentaux de l'heuristique mathématique :

- L'« enjeu de vérité ». En classe, ce qui est à prouver est la plupart du temps annoncé comme vrai (« démontrer que »), il n'y a plus d'enjeu de vérité, sauf si l'énoncé a un caractère très paradoxal (ce qui est très rare !). Lorsque la question de la vérité d'une affirmation est posée, cette vérité n'est un enjeu que pour l'élève (le professeur sait), ce qui enlève une part d'intérêt à la découverte. L'enjeu est alors pour lui d'apprendre, non de produire une connaissance. Dans les SRC, cela est différent puisqu'il peut être amené par exemple à rencontrer l'impossibilité sans que rien dans la situation ne le lui précise. Dès lors, il devra trancher : Est ce difficile ou impossible ? Comment être sûr ?
- L'aspect « social » de l'activité. Dans une SRC, il peut y avoir un vrai enjeu social de production mathématique, même s'il est local (groupe + professeur + chercheur). Ceci est absent dans une situation didactique usuelle : seul l'élève est en situation de recherche, ce n'est pas l'ensemble du groupe qui ne sait pas et, du coup, le seul intérêt pour lui est de montrer qu'il est « capable » de retrouver la solution.
- L'aspect « recherche ». Dans les manuels et les pratiques enseignantes, il est explicitement déclaré que, pour résoudre un problème et aussi pour prouver, « on ne doit utiliser que les propriétés du cours ou celles d'une liste donnée ». Cette consigne, qui induit une épistémologie particulière – contestable – de la preuve, est contradictoire avec l'activité du chercheur et avec la démarche scientifique : le chercheur utilise des résultats locaux (trouvés en cours de la recherche) ou même des propriétés encore à l'état de conjectures (qui devront être prouvées ou infirmées ensuite), parce qu'elles permettent d'avancer. De plus, dans le cas d'une SRC, l'élève est acteur de la recherche, il a à sa charge le choix des valeurs qu'il veut étudier, celles de la variable recherche (n,k) par exemple dans la roue aux couleurs. Enfin, comme le chercheur, il ne sait pas à quoi vont aboutir ses recherches.

5. Rôle du support matériel

Le support matériel est une aide à la dévolution du problème. Il permet à tous, quel que soit le niveau de connaissance, de comprendre les règles du jeu et de mettre en place des stratégies de recherche. Il est également une aide à la recherche car il donne l'opportunité de faire facilement des essais, d'exhiber des contre-exemples. Toutefois, il peut ensuite devenir un obstacle en freinant voire en empêchant la formalisation, la mathématisation du problème initial, cela d'autant plus si aucune note n'est prise, comme l'illustrent ces deux énoncés de la même méthode de construction pour (n,2) formulés, dans un premier temps alors que les étudiants utilisaient le support et, une fois qu'ils s'en étaient détachés :

Avec support :

> « On choisit deux couleurs non consécutives et non opposées (par exemple, R et J). »
>
> « On les place alternées sur la roue centrale. Si un R central arrive sur une R externe, il y a un R sur le J externe. Si un J est sur le R externe il y a un J sur le J externe. »

« Si on choisit deux couleurs consécutives dans tous les cas, il y a un B à gauche d'un J dans la roue centrale donc on ne peut pas gagner à tous les coups. »

« Si on choisit deux couleurs opposées (exemple B et V), on met 4 B et 2 V opposées. Si un V est sur le B alors, il y a un V sur le V et vice versa. On gagne à tous les coups. »

Sans support :

« Pour n pair, k=2, on prend des couleurs avec un décalage multiple de 2<n à l'extérieur et on les intercale à l'intérieur. »

L'étude des couples (5,k) semble être une valeur décisive pour s'en détacher et chercher à formaliser, les essais devenant plus difficiles à gérer si l'on veut être sûr de l'exhaustivité.

6. Propositions de conditions de mise en place

Tout d'abord, nous pensons qu'il est préférable de faire chercher les élèves par groupes de 3 ou 4. Le fait de travailler en groupe favorise, compte tenu de nos observations, le débat, l'argumentation et évite les découragements chez les élèves. De plus, il semble permettre de valoriser les élèves en difficulté, ils sont amenés à débattre avec ceux qui réussissent habituellement en mathématiques et se retrouvent là, finalement, à « connaissances égales ».

Par ailleurs, la recherche se déroulant sur plusieurs séances, nous donnons à chaque groupe une feuille de recherche sur laquelle les élèves peuvent consigner quand ils le veulent les résultats de leur recherche qu'ils jugent importants et sur lesquels ils peuvent s'appuyer lors des séances suivantes. Il est important de préciser qu'il n'y a pas que les résultats finaux qui doivent apparaître sur cette feuille mais aussi les essais, les résultats partiels, les conjectures énoncées même si elles ne sont pas démontrées… Nous faisons l'hypothèse que ces feuilles sont une aide à la recherche car elles permettent de faire un lien entre les différentes séances, qu'elles favorisent les phases de formulation et incitent la mise en place d'un codage. Elles semblent aider les élèves à juger ce qui est important ou pas et à ne pas être perdus d'une semaine à l'autre. De plus, elles montrent l'importance de la clarté de ce qui est noté si on veut s'en resservir.

Dans l'objectif d'inciter les élèves à décontextualiser et généraliser, il apparaît nécessaire soit de proposer, après plusieurs séances de recherche, au moins une séance sans le support matériel, soit de leur demander de résoudre des cas avec un nombre élevé de couleurs, soit de prévoir un temps où les groupes disposent du support mais où ils ne choisissent pas les couleurs du forain. Alors, si le temps de recherche est limité, les méthodes de recherche par tâtonnements sont invalidées au détriment des méthodes de recherche organisées qui sont mises en valeur car plus efficaces. Nous avons également développé des tâches amenant, après plusieurs séances, à une recherche individuelle sur le support papier-crayon.

D'autre part, après plusieurs séances de recherche avec le support, nous mettons en place une séance de mise en commun pour que les groupes communiquent leurs résultats, leurs méthodes, leurs conjectures et éventuellement débattent. Si le temps le permet, elle peut être suivie d'une communication publique sous la forme d'un mini séminaire si plusieurs classes sont impliquées dans la recherche de situations recherche.

Enfin, si l'on ne peut consacrer à ce type d'activité qu'un temps réduit et si l'on veut que les élèves avancent suffisamment dans la situation pour mettre en œuvre les différentes composantes de l'activité de recherche en mathématiques, énoncent des conjectures, des méthodes, des preuves, on peut fermer en partie l'énoncé et orienter la recherche plus particulièrement sur l'étude de certains cas. Par exemple, pour le cas de la roue aux couleurs, les sous-problèmes (n,n) ou (n,2) sont les plus intéressants car ils comportent des cas où il y a des solutions et d'autres où il n'y en a pas.

Références

Arsac G., Germain G., Mante M. (1988) *Problème ouvert et situation-problème*. Ed. IREM de Lyon.

Audin P., Duchet P. (1992) La recherche à l'école : Math. en. Jeans, in *Séminaire de Didactique des Mathématiques et de l'Informatique* n° 121, pp. 107-131, Grenoble 1.

Deloustal-Jorrand V. (2004) *L'implication mathématique : étude épistémologique et didactique*. Thèse de l'Université Joseph Fourier, décembre 2004.

Godot K. (2003) Situations recherche et jeux mathématiques : premières analyses, in *Actes 12e école d'été de didactique*, Corps, Juillet 2003, France

Godot K (2005) *Situtions recherche et jeu mathématique pour la formation et la vulgarisation*, Thèse de l'Université Joseph Fourier, soutenance prévue décembre 2005.

Godot K. et Grenier D (2004) Research situations for teaching : a modelling proposal and examples, in *TSG 14 : Innovative approaches to the teaching of mathematics*, ICME X, Copenhague, juillet 2004.

Grenier D. et Payan, C. (2002) Situation de recherche en classe : essai de caractérisation et proposition de modélisation, *Cahiers du séminaire national de recherche en didactique des mathématiques*, Paris, 19 Octobre 2002.

Grenier D., Payan C. (1998) Spécificités de la preuve et de la modélisation en Mathématiques Discrètes, *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 18.2, pp. 59 -100, Ed. La Pensée Sauvage, Grenoble.

Lakatos I. (1976). *Preuves et réfutations*. Paris : Hermann Ed., 1985.

Legrand M. (1993) Débat scientifique en cours de mathématiques et spécificité de l'analyse, *Repères IREM* n° 10, p. 123-159. Topics editions.

Ouvrier-Buffet. C. (2003) *Construction de définitions / construction de concept : vers une situation fondamentale pour la construction de définition en mathématiques. Étude épistémologique et didactique de la définition. Étude théorique et expérimentale auprès d'étudiants de 1re année d'université*. Thèse de l'Université Joseph Fourier, décembre 2003.

Pour joindre l'autrice

Karine Godot
Équipe CNAM-erté Maths à modeler
Laboratoire Leibniz, Université Joseph Fourier
46, avenue Félix Viallet
F-38000 Grenoble
karine.godot@imag.fr