



**UNIVERSITÉ
DE GENÈVE**

FACULTÉ DE PSYCHOLOGIE
ET DES SCIENCES DE L'ÉDUCATION

L'évaluation d'activités de démarches d'investigation.
Le cas du cours de « développements en mathématiques ».

Canevas de thèse de doctorat en didactique des mathématiques en Sciences de l'éducation¹

Proposé par Maud Chanudet

Mars 2016

Commission de thèse :

Directeurs : Jean-Luc Dorier, FPSE, Université de Genève

Sylvie Coppé, FPSE, Université de Genève

Membres : Lucie Mottier Lopez, FPSE, Université de Genève

Éric Roditi, Faculté des Sciences Humaines et Sociales, Université Paris Descartes

¹ 49982 caractères (caractères, espaces et bibliographie compris, hors Curriculum-Vitae)

I. INTRODUCTION

Dans le canton de Genève, au niveau de la scolarité obligatoire, les Mathématiques et les Sciences de la Nature sont regroupées pour former un même domaine disciplinaire du Plan d'études romand (PER) (CIIP, 2010) dont les *visées prioritaires* placent le développement de la posture scientifique et la résolution de problème au centre de l'activité mathématique.

Si l'institution considère l'activité de recherche comme une partie importante de l'apprentissage des mathématiques, elle fait aussi le constat que celle-ci n'est pas suffisamment travaillée durant les cours ordinaires, et qu'elle nécessite de l'être spécifiquement. En ce sens, les élèves de 10^e du cycle d'orientation genevois, ayant choisi le « profil scientifique » de la section « littéraire et scientifique » suivent un cours intitulé « développements en mathématiques » dont l'objectif est de contribuer « au renforcement et au développement des capacités et des compétences des élèves dans les stratégies de résolution de problème et les activités de situations mathématiques » (DIP, 2012, p. 18). Dans le cadre de ce cours, les enseignants² doivent amener les élèves à développer non pas de nouvelles connaissances disciplinaires mais des compétences relatives à la résolution de problème, et sont invités pour cela à leur proposer des activités mettant en jeu une démarche d'investigation. Or des travaux en didactique des mathématiques, tels ceux de Hersant (2010) ont montré que l'explicitation de savoirs relatifs à l'activité de recherche en résolution de problème, détachée d'enjeux d'apprentissage de savoirs notionnels, reste difficile et ne fait pas consensus. Pour faire face à cette difficulté, un travail spécifique en classe semble nécessaire pour expliciter avec les élèves les objectifs d'apprentissage liés à la résolution de problème.

Outre cette première difficulté, il se trouve de plus, que ce cours qui n'occupe qu'une période³ hebdomadaire, doit donner lieu à une évaluation certificative indépendante du cours ordinaire de mathématiques (de cinq périodes hebdomadaires), portant « au moins pour 2/3 sur la recherche et sa restitution » (DIP, 2012, p. 18) et s'appuyant sur au moins deux travaux notés pour chaque trimestre. Ainsi ces évaluations centrées sur la partie recherche de l'activité des élèves doivent donner lieu en moyenne à une note chiffrée toutes les cinq périodes d'enseignement. Les enseignants doivent donc amener les élèves à développer des compétences relatives à la résolution de problème, à la démarche d'investigation sur des temps courts d'enseignement, tout en les évaluant très régulièrement dans le but de certifier leurs apprentissages. Cette dualité, entre un apprentissage qui demande du temps et de la maturation et des évaluations qui se doivent d'être fréquentes est source de difficulté, voire de contradictions.

Le cas particulier de ce cours régi par des contraintes institutionnelles fortes et nécessitant une articulation entre des évaluations certificatives et le développement de compétences relatives à la résolution de problème nous semble être une opportunité pour (ré)interroger des questions vives en sciences de l'éducation concernant la répartition des responsabilités entre élèves et enseignants, vis-à-vis de la construction des savoirs. Ainsi penser l'articulation entre évaluations certificative mais également formative nous paraît pouvoir apporter un éclairage nouveau sur les questions soulevées par l'introduction des activités de démarche d'investigation dans les programmes curriculaires. La question générale à laquelle nous souhaitons répondre est la suivante : quelles sont les pratiques évaluatives des enseignants dans le cadre d'activités de démarche d'investigation, et en particulier, quels liens existe-il entre évaluation certificative et formative ?

² Dans tout ce canevas, le masculin est pris au sens universel et désigne tant les hommes que les femmes.

³ Une période de cours dure 45 minutes.

Un des enjeux de notre travail consiste à analyser comment des évaluations certificatives peuvent favoriser la mise en œuvre de processus formatifs et encourager un travail en classe aidant à l'explicitation des objectifs visés par un enseignement sur la résolution de problème. Les conclusions de cette recherche, bien qu'établies à partir d'un cadre particulier d'enseignement des démarches d'investigation, devraient permettre de fournir des outils tant aux enseignants d'un cours spécifique qu'à ceux intégrant ponctuellement cette forme de travail à leur enseignement.

Nous commencerons par présenter un état des lieux des thématiques abordées, nous exposerons ensuite notre cadre théorique puis notre questionnement de recherche, ce qui nous amènera à expliciter la méthodologie choisie pour tenter d'y apporter une réponse.

II. ETAT DE LA QUESTION

1. Démarche d'investigation et résolution de problème

1. Démarche d'investigation en sciences

Ces dernières années de nombreux projets ont vu le jour en Europe (Fibonacci, PRIMAS, S Team, etc.) dans le but de promouvoir un enseignement scientifique basé sur les activités de démarche d'investigation. Tous partagent l'idée que concernant les sciences, les apprentissages des élèves doivent être basés sur l'adoption d'une approche active de questionnement et donnent une large place à l'expérience.

Le rapport dit Rocard (Rocard *et al.*, 2007), élaboré à la demande la Commission Européenne, encourage ces pratiques. Afin de lutter contre la désaffection des élèves pour les sciences, il préconise en effet d'avoir recours à des méthodes d'*Inquiry Based Science Education* (IBSE), que l'on traduit en général en français par *démarche d'investigation*.

Cet intérêt grandissant porté à la démarche d'investigation se confirme à la lecture des politiques éducatives et des programmes d'enseignement de nombreux pays européens. C'est notamment le cas en Suisse romande où le PER, bien que ne faisant pas apparaître explicitement le terme de démarche d'investigation, encourage le développement de la posture scientifique par lequel il est entendu qu'il convient :

face à une situation donnée, de s'interroger, d'en analyser les caractéristiques pour en tirer les éléments essentiels, de problématiser les questions, d'émettre des hypothèses, de prendre des informations pertinentes, de tirer des conclusions et de soumettre celles-ci à l'épreuve des données initiales. (CIIP, 2010, p. 11)

On retrouve dans cette définition les éléments caractéristiques d'une démarche d'investigation telle que définie dans le rapport Rocard à savoir la mise à l'épreuve d'hypothèses ou de conjectures visant à répondre à une ou à des questions formulées à partir de l'observation d'un phénomène. Nous préférons par la suite utiliser l'expression *démarche d'investigation*, car plus unanimement partagée par la communauté scientifique que celle de *posture scientifique*.

Toutefois l'adoption croissante du terme de démarche d'investigation dans les programmes scolaires ne s'est pas accompagnée d'un consensus autour d'une définition de référence. Celle que nous retiendrons est qu'une activité mettant en jeu une démarche d'investigation doit amener les élèves à :

observe phenomena, ask questions, look for mathematical and scientific ways of how to answer these questions (like carrying out experiments, systematically controlling variables, drawing diagrams, calculating, looking for patterns and relationships, making conjectures and generalizations), interpret and evaluate their solutions and communicate and discuss their solutions effectively. (Dorier & Maass, 2014, p. 300)

Cette mise en avant de la démarche d'investigation dans l'enseignement n'est cependant pas nouvelle, notamment si l'on se réfère aux travaux de Dewey (1993) sur la théorie de l'enquête. Comme le rappelle Fabre (2005) « pour Dewey, tout savoir résulte d'une enquête » (p. 58). C'est en cherchant à construire et à résoudre un problème que l'on apprend. Dewey défend de plus l'idée que cette logique de l'enquête peut être valable quel que soit son contenu. Il existerait donc selon lui une démarche d'investigation universelle, applicable et fonctionnelle pour tous les problèmes rencontrés.

Néanmoins cette position extrême ne fait pas l'unanimité. On ne peut certes nier la volonté de rapprocher les sciences et les mathématiques autour de cet objet a priori commun qu'est la démarche d'investigation (institutionnellement notamment, avec la définition d'objectifs communs au domaine disciplinaire Mathématiques et Sciences de la Nature autour de la démarche d'investigation) mais il n'en demeure pas moins que ce terme recouvre des réalités différentes liées aux spécificités propres à chacune de ces disciplines. Pour certains, ce sont la place de l'expérience (spécifique *a priori* aux sciences) ou les modalités de validation (démonstration pour les mathématiques, expérimentation pour les sciences) (Gandit, Triquet & Guillaud, 2010) qui permettent de faire une distinction valable entre démarche d'investigation en sciences et en mathématiques. Pour Hersant et Orange-Ravachol (2012) c'est une étude en termes de problématisation (de construction de contraintes et de nécessités contraignant la ou les solutions du problème) et le sens donné au terme de vérité qui constituent un point de convergence entre démarche d'investigation en sciences de la nature et en mathématiques.

2. Démarche d'investigation en mathématiques et résolution de problème

En mathématiques, la démarche d'investigation reste fortement liée à la résolution de problème (Artigue & Blomhøj, 2013), élément central dans plusieurs théories en didactique des mathématiques (Brousseau, 1998; Chevillard, 2004). Le rapport européen (Rocard *et al.*, 2007) précise d'ailleurs qu'« en ce qui concerne l'enseignement des mathématiques, la communauté éducative préfère parler "d'apprentissage basé sur les problèmes" plutôt que d'IBSE » (p. 10).

Au niveau de la Suisse romande, l'enseignement des mathématiques s'articule autour de la résolution de problème. Afin que les élèves acquièrent de nouvelles connaissances, les enseignants sont invités à s'appuyer sur des problèmes plutôt que sur un enseignement théorique qui serait suivi d'exercices. Cet enseignement par le problème est notamment au cœur de la théorie des situations didactiques développée par Brousseau (1998). La situation doit pouvoir permettre à l'élève d'envisager une stratégie de base, qui s'avérera insuffisante et c'est la connaissance nouvelle (et visée) qui lui permettra de mettre en place une stratégie plus efficace. La situation est ainsi spécifique à la connaissance en jeu. Or dans le cadre du cours de « développements en mathématiques » ce n'est pas l'acquisition de nouvelles connaissances disciplinaires qui est visée mais l'acquisition et le développement de compétences en résolution de problème. Les enseignants doivent ainsi viser un enseignement explicite sur la résolution de problème à travers un enseignement par le problème. Mais quels savoirs, savoir-faire vise-t-on précisément dans cet enseignement ?

Les instructions officielles du cours de « développements en mathématiques » préconisent que concernant les problèmes à proposer aux élèves, le choix des enseignants se porte sur des *problèmes ouverts*. En France, ce dispositif développé par Arsas, Germain et Mante (1991) revendique également un apprentissage de la résolution de problème en mathématiques sans viser spécifiquement des apprentissages notionnels. C'est un dispositif

qui continue d'influencer fortement le travail autour de la résolution de problème, en France mais aussi en Suisse romande. Par la confrontation à des problèmes dont « l'énoncé est court ; l'énoncé n'induit ni la méthode, ni la solution [...] ; le problème se trouve dans un domaine conceptuel avec lequel les élèves ont assez de familiarité [...] » (Arsac, Germain & Mante, 1991, p. 7), on vise à amener les élèves à travailler sur *les règles du débat* et à mettre en œuvre *la démarche scientifique*. Ces objectifs d'apprentissage visés par la pratique du problème ouvert sont conformes à ceux annoncés dans les documents curriculaires présentant le cours de « développements en mathématiques ». En effet, à partir d'un objectif général qui est de traiter de « stratégies de résolution de problèmes et activités de situations mathématiques » (DIP, 2012, p. 18), le travail relatif aux stratégies de résolution vise quant à lui à contribuer « à la mise en place de la démarche scientifique [et des] règles du débat scientifique » (DIP, 2012, p. 18).

Par *la démarche scientifique*, il est entendu *essayer-conjecturer-tester-prouver*. Mais « mettre en œuvre *la démarche scientifique* » peut-il être considéré comme un objectif d'apprentissage en soi ? Selon Hersant (2010), il y a un paradoxe dans ces dispositifs de démarches d'investigation et de problèmes ouverts qui associent apprentissage de la résolution de problème en mathématiques et démarche scientifique, puisque cette dernière est désignée comme un objectif d'apprentissage en mathématiques sans qu'il n'y ait d'explicitation des savoirs mathématiques précis en jeu dans cette démarche. Hersant remet ainsi en question l'unicité de la démarche, telle que sous-entendue dans le dispositif du *problème ouvert*. Selon elle, on ne peut pas parler de démarche scientifique comme un triplet essais-conjecture-preuve de façon générique. Quant à la dimension scientifique de la démarche, elle tient non seulement à la présence mais surtout à l'articulation entre ces différentes phases essais-conjecture-preuve lors de la recherche, l'objectif étant de contribuer à la dialectique entre le registre des faits et celui des raisons et à l'établissement du statut de *vrai* ou *faux*.

L'autre objectif visé par la pratique du *problème ouvert* est l'appropriation des règles du débat scientifique. Ces dernières peuvent être de deux ordres, les règles du débat mathématique régies par la logique (principe du tiers-exclu, etc.) et celles ayant trait au débat en tant que pratique sociale (on ne parle pas tous en même temps par exemple).

En confrontant les élèves à une activité mettant en jeu une démarche d'investigation, l'enseignant peut donc viser tout d'abord des apprentissages liés à une démarche scientifique, à savoir la mise en œuvre d'essais dont on cherche à éliminer la contingence, l'établissement de conjectures et la preuve de ces conjectures, et l'articulation entre ces différentes phases, mais aussi des apprentissages liés aux règles du débat scientifique, en particulier en lien avec la logique mathématique.

La double difficulté ici est de pouvoir dévoluer aux élèves des objectifs d'apprentissage caractérisant une démarche scientifique et de se donner les moyens d'évaluer leur travail au regard de ces objectifs spécifiques, en quelque sorte indépendamment des contenus mathématiques abordés au travers des problèmes. Cette question préoccupe depuis longtemps plusieurs didacticiens et est source de difficultés pour les enseignants.

3. La narration de recherche

L'enseignant doit pouvoir évaluer les apprentissages des élèves en résolution de problème. Or cet objet est complexe et nécessite une forme particulière d'évaluation. En effet, l'enseignant doit pouvoir exercer son jugement évaluatif à partir d'un support lui donnant à voir non seulement la réponse mais surtout la recherche que l'élève a mis en place et la démarche associée, y compris dans ses hésitations, voire ses impasses et leur abandon.

D'ordinaire, et sans dispositif particulier, le travail de recherche est de l'ordre du travail privé de l'élève et n'apparaît pas dans la production que celui-ci remet à l'enseignant. L'élève n'est tenu que de fournir ce qu'il estime être une réponse correcte au problème et garde pour lui les pistes, les essais et les fausses routes qui ont alimenté sa recherche. Entre ce que l'élève produit sur son brouillon et garde pour lui comme étant de l'ordre d'un travail privé et ce qu'il donne à voir à l'enseignant comme trace publique de son travail, il peut donc y avoir des écarts importants (Coppé, 1998). Un des objectifs ici est d'arriver à changer le statut de la recherche que fait l'élève, que ce dernier ne la restreigne plus au seul caractère privé de son travail mais qu'il la fasse apparaître dans la trace publique qu'il va produire, à laquelle l'enseignant aura accès.

Pour ce faire, depuis les années 70, dans les réseaux des IREM⁴ et de l'APMEP⁵ (Bonafe *et al.*, 2002; Chevalier, 1992; Sauter, 1998), mais aussi plus récemment dans certains manuels, ou encore sur le site Sésamath⁶, une forme particulière de travail, la narration de recherche, a vu le jour. Elle a été pensée comme un moyen de porter une attention particulière aux démarches de recherche des élèves et de les promouvoir. C'est cet outil que les Présidents de Groupe (PG) ont choisi pour assurer l'évaluation certificative du cours de « développements en mathématiques » de 10^e.

Il s'agit de faire raconter par l'élève lui/elle-même la suite des actions qu'il ou elle a réalisées au cours de sa recherche. Un nouveau contrat est passé avec l'enseignant-e : l'élève s'engage à raconter du mieux possible toutes les étapes de sa recherche, à décrire ses erreurs, comment lui sont venues de nouvelles idées ; en échange, l'enseignant-e s'engage à faire porter son évaluation sur ces points précis sans privilégier la solution. (DIP, 2012, p. 22)

Il y a de fait établissement d'un nouveau contrat qui doit permettre à l'enseignant un accès à la partie recherche de l'activité mathématique des élèves dont il n'a d'ordinaire pas connaissance.

Une des caractéristiques d'une activité de démarche d'investigation est qu'elle doit amener les élèves à communiquer leurs recherches. La pratique de la narration de recherche y contribue. En effet, en demandant aux élèves de rédiger une narration de recherche, il n'est plus seulement attendu d'eux qu'ils donnent la solution du problème qui leur est posé mais aussi qu'ils racontent tout ce qui les y aura menés. Ils doivent expliciter leur démarche, leur raisonnement, les stratégies mises en œuvre, produire un récit structuré, détailler exhaustivement toutes les étapes de leur recherche de façon à ce que celle-ci soit intelligible pour le lecteur.

Pratiquer la narration de recherche est donc à la fois un moyen d'amener les élèves à mieux expliciter leur démarche de recherche mais aussi d'en évaluer la qualité. On viserait donc ici une double fonction en termes d'évaluation, formative et certificative. Afin de mieux préciser la nature de ces deux fonctions nous allons à présent développer certains aspects de l'évaluation des apprentissages, en partant d'un cadre très général pour peu à peu préciser notre objet.

2. Evaluation des apprentissages

Allal (2007, p. 41) définit l'acte évaluatif relatif aux apprentissages, comme toujours constitué d'une même série de quatre démarches : la définition de l'objet d'évaluation ; la récolte d'informations concernant les conduites des apprenants en rapport avec l'objet choisi ;

⁴ Instituts de Recherche pour l'Enseignement des Mathématiques.

⁵ Association des Professeurs de Mathématiques de l'Enseignement Public.

⁶ Disponible à <http://www.sesamath.net/>

l'interprétation des informations recueillies ; la prise de décisions et la communication d'appréciations à autrui. Reste que cette évaluation peut prendre de multiples formes et servir divers buts.

1. La fonction certificative

Allal (2008a) parle d'évaluation sommative lorsqu' « on établit un bilan certifiant les compétences et les connaissances acquises par l'apprenant à la fin d'une étape intermédiaire ou d'une étape finale d'un cursus de formation. » (p. 312) Cette fonction sommative qui permet de certifier les acquis des apprenants relativement aux objectifs de formation est aussi appelée certificative, comme c'est le cas dans le curriculum genevois.⁷ Dans le cadre du cours de « développements en mathématiques », l'enseignant doit faire reposer l'évaluation certificative des apprentissages des élèves en résolution de problème sur leurs narrations de recherche.

2. La fonction formative

Mais l'évaluation peut aussi soutenir les apprentissages des élèves et être formative. Dans la revue de littérature sur l'évaluation formative en classe de Black et Wiliam (1998), l'évaluation est définie comme formative lorsqu'elle permet d'obtenir une information sur l'écart existant entre le niveau réel de l'apprenant et le niveau de référence et que cette information est ensuite utilisée pour réduire cet écart. Cette information est ce qu'ils désignent par le terme de feedback. L'évaluation formative regroupe selon eux « all those activities undertaken by teachers, and/or by their students, which provide information to be used as feedback to modify the teaching and learning activities in which they are engaged. » (Op. cité, p. 7-8)

Dans la communauté francophone, dans une perspective élargie de l'évaluation formative par rapport à la conception initiée par Bloom (1968), l'accent est mis non seulement sur les feedbacks mais aussi sur les adaptations qui peuvent être apportées à l'apprentissage et à l'enseignement. C'est ce qui est au cœur de la notion de régulation (Allal & Mottier Lopez, 2005). Les informations recueillies lors de l'évaluation servent à envisager une régulation de l'enseignement et/ou à soutenir les apprentissages des apprenants. Ces régulations peuvent être diverses et s'opérer selon des modes, des temporalités et des buts différents (Mottier Lopez, 2012). Allal (2007) définit ainsi trois niveaux pour décrire les régulations intervenant dans les situations d'enseignement/d'apprentissage :

- les régulations liées à la structure de la situation d'apprentissage ;
- celles liées aux interventions de l'enseignant et à ses interactions avec les élèves ;
- celles liées aux interactions entre élèves.

De plus, ces régulations peuvent être interactives, proactives ou rétroactives selon qu'elles ont lieu au cours de l'activité d'enseignement, se construisant à partir des interactions de l'élève avec les composantes de l'activité, en amont ou à la suite d'une phase d'enseignement (Allal & Mottier Lopez, 2005).

Dans notre cas, la nécessité d'évaluations certificatives fréquentes couplée à la perspective de soutenir les apprentissages des élèves nous amène à considérer une articulation entre ces deux fonctions de l'évaluation, ce qui est une tendance de recherches actuelles sur l'évaluation.

⁷ Nous préférons par la suite utiliser le terme certificatif que celui de sommatif.

3. Articulation entre les fonctions certificative et formative de l'évaluation

Une distinction radicale entre les fonctions certificative et formative de l'évaluation est en effet remise en cause aujourd'hui (Harlen, 2012). Pour Allal (2011), il est possible de considérer l'existence d'une zone d'interface entre évaluation formative et certificative contenue dans ce que Earl (2003) appelle *assessment for learning*. On peut donc imaginer que des feedbacks obtenus lors d'une évaluation formative puissent être utilisés pour certifier les apprentissages des élèves ou encore qu'une évaluation dont la fonction principale est certificative puisse servir dans un second temps un pendant formatif. C'est dans cette perspective que nous allons placer notre recherche.

4. Implication de l'élève dans le processus évaluatif

L'implication active des apprenants dans les processus évaluatifs est aujourd'hui assez unanimement reconnue comme participant à la régulation des apprentissages. Toujours dans cette conception élargie de l'évaluation formative, Allal et Mottier Lopez (2005), soulignent que l'élève doit y participer de façon active. Trois processus d'implication active et explicite de l'apprenant dans le processus évaluatif peuvent se distinguer selon Allal (1999) : l'autoévaluation (évaluation par l'élève de son propre travail), la co-évaluation (confrontation de l'autoévaluation de l'élève à l'évaluation réalisée par l'enseignant) ou encore l'évaluation entre pairs (des élèves évaluent mutuellement leurs productions). Mais comme elle le rappelle, l'autoévaluation, bien que visant à se mettre au service des apprentissages, comporte des pièges (confusion des rôles, accroissement des inégalités, etc.). Nous y serons particulièrement attentifs dans notre recherche.

5. Activité évaluative instrumentée

Recourir à la *narration de recherche* comme support de l'évaluation, « nécessite de l[a] définir, d'en énoncer les différentes dimensions desquelles pourront se dégager des indicateurs et des critères » (Jonnaert, 2014, p. 42). Ceci s'avère d'autant plus nécessaire que le dispositif étudié est très ouvert.

L'ouverture de ces outils tient à la diversité des réponses, des productions qui peuvent être apportées. Pour pouvoir limiter une subjectivité arbitraire dans l'appréciation de ces productions, il est essentiel de disposer de critères qui détermineront de manière précise les qualités qui sont attendues de cette production. (Gerard, 2008, p. 104)

Par critère d'évaluation on entend « un point de vue auquel on se place pour évaluer l'objet, une qualité attendue » (Gerard, 2010, p. 235). Chaque critère permet de porter un regard spécifique sur la production évaluée mais, pour en apprécier la maîtrise, l'évaluateur doit se référer, entre autres, aux indicateurs associés à ce critère. « Si le critère est général et abstrait, l'indicateur est contextualisé et concret. C'est lui qui – dans la production de l'élève – apporte de l'information sur sa maîtrise de la compétence » (p. 236). L'évaluateur peut de plus s'appuyer sur l'utilisation d'outils ou instruments d'évaluation.

Un outil ou instrument d'évaluation, telle qu'une grille de critères d'appréciation, peut contribuer à la fois à contrôler l'action de l'évaluateur (focaliser son attention sur les aspects pertinents de l'objet à évaluer) et à amplifier sa capacité de jugement (suggérer des attributs à prendre en compte auxquels il n'aurait pas pensé). (Allal, 2008b, p. 72)

Un des outils largement utilisés dans les classes, notamment dans le cadre de la pratique de la narration de recherche, est une grille d'évaluation réunissant les critères d'évaluation et les indicateurs correspondants. Cette grille, bien qu'étant pensée tout d'abord comme un outil d'évaluation à visée certificative, peut s'avérer être un outil à visée formative, pour

l'enseignant et pour l'élève. L'élève peut par exemple, lorsqu'il est en activité, se référer à l'outil d'évaluation pour obtenir un feedback en ce qui concerne l'adéquation entre sa narration de recherche et les critères énoncés. Ces feedbacks peuvent alors être des sources potentielles de régulations, c'est-à-dire qu'ils sont susceptibles de déclencher des processus d'autorégulation chez l'élève (Allal, 1999). Un même outil peut servir des schèmes d'utilisation différents chez les enseignants (comme grille de lecture de la production de l'élève notamment) et les élèves (comme outil permettant une discussion avec l'enseignant ou les autres élèves quant à la maîtrise ou non des critères de réussite).

Cette réflexion autour de l'évaluation des apprentissages considérée à l'interface entre le certificatif et le formatif nous a amené à nous intéresser à *l'activité* évaluative des enseignants. C'est ce qui nous a incités à choisir un cadre théorique centré sur les *pratiques*.

III. CADRE THEORIQUE

1. Analyse des pratiques enseignantes

Nous cherchons à analyser comment des évaluations certificatives peuvent favoriser la mise en œuvre de processus formatifs et encourager un travail en classe aidant à l'explicitation des objectifs visés par un enseignement sur la résolution de problème. Nous avons choisi d'aborder ces questions du point de vue des pratiques des enseignants en nous intéressant aux effets de ces pratiques sur les apprentissages des élèves.

Divers travaux et cadres théoriques s'intéressent au travail de l'enseignant. Le contexte très fortement contraint du cours de « développements en mathématiques » et la spécificité de l'objet de savoir *résolution de problèmes* nous ont amené à choisir un cadre théorique prenant en compte les contraintes auxquelles est soumis l'enseignant dans l'exercice de son métier mais aussi les apprentissages visés chez les élèves. Le cadre théorique de la double approche ergonomique et didactique développé par Robert et Rogalski (2002), que nous présentons ci-après, nous semble en ce sens pertinent.

2. Le cadre théorique de la double approche ergonomique et didactique

Le recours à ce cadre vise à nous permettre d'analyser l'influence de ce que l'enseignant propose aux élèves sur leurs apprentissages, c'est-à-dire le « rapport entre enseignement et apprentissage dans ce qui dépend de l'enseignant » (Robert, 2004, p. 20) et passe par l'analyse de *pratiques*, ce terme étant préféré à celui de *travail* et utilisé « pour désigner tout ce que l'enseignant [...] met en œuvre avant, pendant et après la classe » (Robert & Rogalski, 2002, p. 506).

Ce cadre théorique a pour intérêt de s'appuyer sur la théorie de l'activité, la psychologie ergonomique et la didactique professionnelle mais aussi sur des théories développées en didactique des mathématiques afin de regarder les pratiques des enseignants selon le double point de vue des apprentissages visés et des conditions d'exercice du métier d'enseignant (Robert, 2004). Les contraintes qui s'imposent à l'enseignant dans le cadre de son métier peuvent être externes (liées aux programmes, à la culture d'établissement, etc.) mais aussi internes (liées aux représentations de l'enseignant quant à son métier, etc.). L'idée est de repérer ces contraintes, d'étudier leurs effets sur les pratiques et de voir comment les enseignants investissent les marges de manœuvre qui leur restent.

Nous adhérons à l'hypothèse faite par les auteures que les pratiques des enseignants sont complexes, stables et cohérentes, et pensons que l'introduction dans le milieu de

l'enseignant de contraintes nouvelles telles que le dispositif de la narration de recherche pour évaluer les apprentissages des élèves, ou que des objectifs d'apprentissage centrés sur les démarches d'investigation sont une occasion privilégiée pour questionner cette cohérence et cette stabilité.

3. Analyse des pratiques des enseignants selon cinq composantes

Pour analyser les pratiques des enseignants avec les outils développés dans le cadre de la double approche, il convient de s'intéresser aux pratiques effectives en classe avec une centration sur les activités des élèves telles que l'enseignant les organise (Massetot & Robert, 2007). Pour cela les pratiques enseignantes sont analysées selon cinq composantes.

Dans un premier temps, il s'agit de faire une analyse didactique de la séance en classe. On cherche à établir l'itinéraire cognitif prévu par l'enseignant et à le confronter au déroulement effectif de la séance en classe. Cela permet de déterminer l'activité potentielle des élèves⁸, c'est-à-dire ce que les élèves sont susceptibles de faire au vu de ce qu'il leur est proposé. Elle est distinguée de l'activité réelle des élèves, non observable pour une classe entière au regard des actions propres à chaque élève. On renseigne ainsi les deux premières composantes :

- la composante *cognitive* qui se déduit des choix de l'enseignant relatifs aux contenus proposés aux élèves, à leur articulation. On établit l'itinéraire cognitif prévu par l'enseignant pour les élèves ;
- la composante *médiative* qui se déduit des choix de l'enseignant relatifs à l'organisation et à la gestion de la séance, notamment en ce qui concerne les interactions, les médiations entre élèves et enseignant.

La prise en compte de ces deux dimensions permet de déterminer les logiques d'action de l'enseignant et la fréquentation des mathématiques que ce dernier propose à ses élèves. Dans un deuxième temps, afin de compléter, de nuancer les informations obtenues à partir du point de vue des activités potentielles des élèves, on regarde d'autres déterminants des pratiques enseignantes, corrélés à des besoins, à des contraintes liés à l'exercice du métier. Par cette approche ergonomique, on renseigne trois autres composantes, la première étant propre à chaque enseignant, les deux autres liées plutôt à des déterminants exogènes, à des contraintes non conjecturelles :

- la composante *personnelle* associée à la singularité de l'enseignant, à son histoire personnelle, à ses conceptions du métier, des mathématiques. Elle traduit comment l'enseignant investit les marges de manœuvre qui lui restent ;
- la composante *sociale* qui caractérise la dimension sociale du métier d'enseignant ;
- la composante *institutionnelle* qui caractérise les contraintes liées notamment aux programmes, aux ressources, aux horaires.

L'analyse des pratiques des enseignants selon ces cinq dimensions permet de saisir les régularités et les marges de manœuvre investies. En croisant plusieurs analyses, on peut alors recomposer ce qui apparaît comme un système complexe de pratiques (Robert & Rogalski, 2002).

⁸ On parle d'activité potentielle plutôt que d'apprentissages qui seraient les effets de ces activités et qu'il est difficile d'appréhender.

IV. QUESTIONS DE RECHERCHE

Le recours au cadre de la double approche nous permet de préciser nos questions initiales. Nous faisons l'hypothèse que le recours à un outil d'évaluation certificatif peut servir un pendant formatif.

Notre première question de recherche est : Quelle fréquentation des démarches d'investigation les enseignants proposent-ils à leurs élèves ? Plus précisément les sous-questions auxquelles nous allons tenter de répondre sont les suivantes :

- Quelles composantes entrent en jeu dans les critères de choix d'activités de démarches d'investigation ? Sont-elles les mêmes lorsqu'il s'agit d'activités de démarches d'investigation en vue d'une évaluation certificative ?
- Quels itinéraires cognitifs les enseignants proposent-ils aux élèves ? Quels types de problèmes leurs proposent-ils ? Selon quelle articulation ?
- Quelles modalités de travail sont favorisées ?
- Quelle conception des démarches d'investigation peut-on inférer de l'analyse des pratiques ?

Notre deuxième question de recherche est : A partir d'évaluations certificatives instrumentées, comment les enseignants investissent-ils les marges de manœuvre qui leur restent pour favoriser la mise en œuvre de processus d'évaluation formative ? L'hypothèse que nous formulons est que l'utilisation régulière d'un outil d'évaluation certificatif permet d'accroître les régulations faites par les enseignants. Les sous questions qui se posent sont les suivantes :

- Quels niveaux de régulations (au sens de Allal) semblent favorisés par la prise en compte des informations obtenues par le biais d'évaluations certificatives instrumentées ?
- A quels moments ces régulations interviennent-elles et sur quels aspects du travail de l'élève portent-elles ?

Notre dernière question de recherche est : Dans quelle mesure le recours à un outil commun d'évaluation des activités de démarche d'investigation favorise-t-il la cohérence des pratiques ?

V. METHODOLOGIE

1. Travail collaboratif avec des enseignants

Notre recherche s'appuie sur le travail mené dans le prolongement de leur participation au projet européen PRIMAS⁹ par un groupe genevois¹⁰ composé de chercheurs, formateurs et enseignants du secondaire relativement à l'évaluation des activités de démarches d'investigation. Ce travail collaboratif a abouti à l'élaboration d'une grille d'évaluation des narrations de recherche. Le groupe a pour cela étudié des grilles effectivement utilisées par les enseignants dans leurs classes, les a confrontées à différentes narrations de recherche et ce pour plusieurs activités. Des critères d'évaluation ont ainsi été définis relativement à cinq dimensions ou axes de lecture d'une narration de recherche.

⁹ Promote inquiry-based learning in mathematics and science at both primary and secondary levels across Europe.

¹⁰ Les membres sont Pierre-François Burgermeister, Maud Chanudet, Michel Coray, Sylvia Coutat, Jean-Luc Dorier, Jean-Pierre Guex, Laurence Merminod et Katie Northcott.

Afin que cette grille puisse devenir un outil d'évaluation utilisé dans les classes, une commission intitulée *Evaluation des travaux de narration de recherche dans le cadre du cours de développement mathématiques en 10^e LS* a été créée à la rentrée 2015. Cette commission est constituée de deux enseignants dispensant le cours, de nous-même et est supervisée par le Président de Groupe de mathématiques. Son but est de parvenir à la construction d'une grille d'évaluation des narrations de recherche (à partir de celle établie par le groupe) qui soit un outil d'évaluation certificative pouvant favoriser les raisonnements formatifs. En amont de ce travail et dans le but de mieux connaître les conceptions des enseignants en ce qui concerne ce cours, nous avons élaboré un questionnaire en ligne à destination de ceux donnant ou ayant donné récemment ce cours. Il porte sur trois axes que sont les problèmes, l'évaluation et les narrations de recherche.

La grille stabilisée sera diffusée l'année suivante à tous les enseignants concernés par ce cours, lors d'un recyclage¹¹. C'est dans le cadre de ce travail que va s'effectuer notre recueil de données.

2. Recueil et analyse de données

1. Première partie de la recherche

a) Terrain

Dans un premier temps, nous allons analyser les pratiques des deux enseignants participant à la commission, dans le cadre du cours de «développements en mathématiques». Ils enseignent dans le même cycle d'orientation, font travailler leurs élèves sur les mêmes activités (aussi lors des évaluations certificatives) et utilisent le même outil d'évaluation.

b) Corpus

Pour chacun des deux enseignants, nous prévoyons de recueillir un corpus constitué :

- Des observations de séances en classe (plusieurs séances d'une même séquence, dont la séance suivant l'évaluation certificative) avec enregistrement vidéo ;
- De la totalité des activités travaillées pendant l'année ainsi que les évaluations correspondantes ;
- Des documents transmis aux élèves à propos de leurs évaluations (suivi de quelques élèves de chaque classe sur l'année) ;

Nous aurons de plus à notre disposition les comptes-rendus des réunions de la commission. Enfin, nous recueillerons les réponses des enseignants donnant ou ayant donné ce cours au questionnaire en ligne.

c) Analyse des données

1^{ère} phase : Analyse des logiques d'action des enseignants

Nos analyses s'effectueront à deux niveaux : un local et un plus global.

Au niveau global, nous décrirons les projets d'enseignement. Nous chercherons à déterminer l'itinéraire cognitif proposé par les enseignants en analysant l'ensemble des activités proposées pendant l'année. Pour cela, nous déterminerons une typologie des

¹¹ Le recyclage est une formation obligatoire découlant de changements importants de programmes, de méthodes ou de moyens d'enseignement.

problèmes proposés. Nous analyserons ensuite la répartition de ces types de problèmes tout au long de l'année et questionnerons l'articulation entre problèmes pour apprendre et problèmes pour évaluer.

Au niveau local, nous analyserons les transcriptions des séances de classe observées selon la méthodologie de la double approche. Nous découperons chaque séance en épisodes (déterminés par une activité potentielle des élèves) qui seront eux-mêmes étudiés selon trois dimensions :

- Les savoirs en jeu et le scénario organisant ces savoirs ;
- Les modalités de travail des élèves ;
- Les échanges avec l'enseignant.

Nous pourrions reconstituer au niveau local les itinéraires cognitifs proposés par l'enseignant. Renseignant ainsi les composantes médiative et cognitive, nous pourrions reconstituer des logiques d'action mises en œuvre par l'enseignant.

Nous nous intéresserons aussi particulièrement aux échanges entre les élèves et l'enseignant. Nous analyserons la nature des feedbacks fournis aux élèves, les régulations qui peuvent être visées (les procédures mises en œuvre, l'utilisation des outils mathématiques, la qualité de la communication des recherches), leur forme (à l'écrit sur la copie corrigée et rendue à l'élève, à l'oral dans le discours de l'enseignant, etc.), les moments où ceux-ci apparaissent (lors de la séance de correction, à chaque séance, etc.). A partir de l'analyse des documents transmis à l'élève lors des évaluations certificatives sur toute l'année, nous analyserons l'évolution de l'objet de ces feedbacks.

2^{ème} phase : Analyse des contraintes déterminant le choix de l'enseignant

Nous pondérerons les informations obtenues dans la première phase d'analyse avec des informations liées aux contraintes (sociales, institutionnelles) pesant sur l'enseignant, et en lien avec sa composante personnelle. Nous renseignerons cette dernière composante à partir des conceptions sous-jacentes inférées des invariants apparus sur plusieurs séances et sur les informations tirées des comptes rendus de réunions. Nous pourrions ainsi inférer de l'analyse des pratiques les conceptions des enseignants à propos des démarches d'investigation.

La mise en correspondance de ses différentes composantes nous permettra de comprendre comment les enseignants investissent les marges de manœuvre qui leur restent pour évaluer leurs élèves tout en les aidant à développer des compétences en résolution de problèmes, dans ce qui les rapproche comme dans ce qui les différencie.

2. Deuxième partie de la recherche

a) Terrain

Dans un deuxième temps, il nous semble intéressant de profiter du recyclage dispensé à la rentrée 2016 à tous les enseignants du cours de « développements en mathématiques » pour questionner les pratiques évaluatives de toute une cohorte d'enseignants et leurs élèves, tous se référant à un même outil d'évaluation.

Les données recueillies dans cette deuxième partie de la recherche concerneront donc idéalement la totalité des enseignants qui dispenseront le cours pendant l'année 2016-2017 et tous leurs élèves.

b) Corpus

Nous allons tout d'abord recueillir des informations liées à l'utilisation de la grille comme outil d'évaluation certificatif pouvant favoriser les processus formatifs et ce par le biais d'un questionnaire en ligne.

De plus, une fois au cours de l'année les enseignants seront invités à évaluer leurs élèves sur un même problème et en se référant au même outil. Nous prévoyons de récolter pour chaque enseignant :

- Les notes de tous les élèves ;
- Un échantillon de copies d'élèves auto-évaluées et évaluées par l'enseignant avec la même grille.

c) Analyse des données

Toutes les données recueillies seront traitées et analysées statistiquement (qualitativement et quantitativement) dans le but d'interroger les cohérences des pratiques évaluatives, chez un même enseignant mais aussi entre enseignants. Nous obtiendrons également des informations sur le travail des élèves.

3. Calendrier de la recherche

Septembre 2014 – décembre 2015	Rédaction du canevas
Septembre 2015 – juin 2016	Recueil des données (partie 1)
Septembre 2016 – juin 2017	Recueil des données (partie 2)
Juin 2016 – juin 2018	Analyse des données
Juin 2018 – septembre 2019	Rédaction de la thèse

VI. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Allal, L. (1999). Impliquer l'apprenant dans le processus d'évaluation : promesses et pièges de l'autoévaluation. In C. Depover & B. Noël (Eds.), *L'évaluation des compétences et des processus cognitifs, modèles, pratiques et contextes* (pp. 35-56). Bruxelles : De Boeck.

Allal, L. (2007). Régulations des apprentissages : Orientations conceptuelles pour la recherche et la pratique en éducation. In L. Allal & L. Mottier Lopez (Eds.), *Régulation des apprentissages en situation scolaire et en formation* (pp. 7-23). Bruxelles : De Boeck.

Allal, L. (2008a). Evaluation des apprentissages. In A. Van Zanten (Ed.), *Dictionnaire de l'éducation* (pp. 311-314). Paris : Presses universitaires de France.

Allal, L. (2008b). Conceptualiser les outils d'évaluation des apprentissages. In G. Baillat, J.-M. De Ketele, L. Paquay & C. Thélot, *Evaluer pour former. Outils, dispositifs et acteurs* (pp. 71-82). Bruxelles : De Boeck.

Allal, L. (2011, June). « *Assessment for learning* » culture in the classroom... and beyond. Communication to the International Seminar on Assessment for Learning, Solstrand, Norway.

Allal, L. & Mottier Lopez, L. (2005) L'évaluation formative de l'apprentissage : Revue de publications en langue française. *L'évaluation formative : pour un meilleur apprentissage dans les classes secondaires* (pp. 265-290). Paris: OCDE.

- Arsac, G., Mante, M. & Germain, G. (1991). *Problème ouvert et situation problème*. Première édition 1988. IREM de Lyon.
- Artigue, M. & Blomhøj, M. (2013). Conceptualizing inquiry-based education in mathematics. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 45(6), 797-810.
- Black, P. & Wiliam, D. (1998). Assessment and Classroom Learning, *Assessment in Education*, 5(1), 7-74.
- Bloom, B.-S. (1968). Learning for Mastery. *Evaluation Comment*, 1(2), 1-12.
- Bonafe, F., Chevalier, A., Combes, M.-C., Deville, A., Dray, L., Robert, J.-P. & Sauter, M. (2002). *Les narrations de recherche de l'école primaire au lycée*. Montpellier : IREM & Brochure APMEP, 51.
- Brousseau, G. (1998). *La théorie des situations didactiques*. Grenoble : La Pensée sauvage.
- Chevalier, A. (1992-1993). Narration de recherche : un nouveau type d'exercice scolaire. *Petit x*, 33, 71-79.
- Chevallard, Y. (2004). La place des mathématiques vivantes dans l'éducation secondaire : transposition didactique des mathématiques et nouvelle épistémologie scolaire. In C. Ducourtioux & P.-L. Hennequin (Eds.), *La place des mathématiques vivantes dans l'éducation secondaire* (pp. 239-263). Paris : APMEP.
- Conférence Intercantonale de l'Instruction publique de la Suisse romande et du Tesin (CIIP). (2010). *Plan Etudes Romand 3e cycle, Mathématiques et sciences de la nature. - Sciences humaines et sociale*, CIIP.
- Coppé, S. (1998). Composantes privées et publiques du travail de l'élève en situation de devoir surveillé de mathématiques. *Educational Studies in Mathematics*, 35(2), 129-151.
- Département de l'Instruction Publique, de la culture et du sport (DIP) (2012). *Spécificité cantonale, Mathématiques 10^e LS profil S*.
- Dewey, J. (1993). *Logique, la théorie de l'enquête* (2^e éd.). Paris : PUF.
- Dorier, J.-L. & Maass, K. (2014). Inquiry-Based Mathematics Education. In S. Lerman (Ed.) *Encyclopedia of Mathematics Education*, (pp. 300-304). Springer Dordrecht, Heidelberg, New York, London.
- Earl, L. (2003). *Assessment as learning. Using Classroom Assessment to Maximize Student Learning*. Thousand Oaks, CA: Corwin.
- Fabre, M. (2005). Deux sources de l'épistémologie des problèmes : Dewey et Bachelard. *Les Sciences de l'éducation - Pour l'Ère nouvelle*, 38, 53-67.
- Gandit, M., Triquet, E. & Guillaud, J.-C. (2010). Démarches scientifiques, démarches d'investigation en sciences expérimentales et en mathématiques : représentations d'enseignants stagiaires de l'IUFM. *Actes du congrès international AREF 2010 (Genève, 13-16 septembre 2010)*. Genève : Université de Genève.
- Gerard, F.-M. (2008). Les outils d'évaluation ouverts, ou la nécessité de clés de fermeture. In G. Baillat, J.-M. De Ketele, L. Paquay & C. Thélot, *Evaluer pour former. Outils, dispositifs et acteurs* (pp. 99-110). Bruxelles : De Boeck.

- Gerard, F.-M. (2010). L'évaluation des compétences par des situations complexes. In G. Baillat, D. Niclot & G. Ulma (Eds.), *La formation des enseignants en Europe* (pp. 231-241). Bruxelles : De Boeck.
- Harlen, W. (2012). On the relationship between assessment or formative and summative purposes. In J. Gardner (Ed.), *Assessment and learning* (2e éd.) (pp. 87-102). Londres : Sage.
- Hersant, M. (2010). *Empirisme et rationalité au cycle 3, vers la preuve en mathématiques*. Mémoire complémentaire pour l'Habilitation à diriger des recherches.
- Hersant, M. & Orange-Ravachol, D. (2012). La démarche d'investigation, les mathématiques et les SVT : des problèmes de démarcation aux raisons d'une union. In J.-L. Dorier & S. Coutat (Eds.), *Enseignement des mathématiques et contrat social: enjeux et défis pour le 21e siècle : Actes du colloque EMF 2012 (Genève, 3-7 février 2012)*. Genève : Université de Genève.
- Jonnaert, P. (2014). Evaluer des compétences ? Oui, mais de quelles compétences s'agit-il ? In C. Dierendonck, E. Loarer & B. Rey (Eds.), *L'évaluation des compétences en milieu scolaire et en milieu professionnel* (pp. 35-56). Bruxelles : De Boeck.
- Masselot, P. & Robert, A. (2007). Le rôle des organisateurs dans nos analyses didactiques de pratiques de professeurs enseignant les mathématiques. *Recherche et formation*, 56, 15-31.
- Mottier Lopez, L. (2012). *La régulation des apprentissages en classe*. Bruxelles : De Boeck.
- Robert, A. (2004). Que cherchons-nous à comprendre dans les pratiques des enseignants ? Quelles analyses menons-nous ? In M.-L. Peltier (Ed.), *Dur, dur, dur d'enseigner en ZEP* (pp. 15-32). Grenoble : La Pensée Sauvage.
- Robert, A., & Rogalski, J. (2002). Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques : une double approche. *Revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies*, 2(4), 505-528.
- Rocard, M, Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H. & Hemmo, V. (2007). *L'enseignement scientifique aujourd'hui : une pédagogie renouvelée pour l'avenir de l'Europe*. Commission européenne/Bruxelles. [Rapport en ligne]. Disponible à <http://ec.europa.eu>. [Consulté le 18/09/2014].
- Sauter, M. (1998). Narration de recherche : une nouvelle pratique pédagogique. *Repères IREM*, 30, 9-21.