Artigo Original

Un point de vue didactique sur le développement professionnel des enseignants de mathématiques du secondaire

A didactic perspective on the professional development of secondary school mathematics teachers

Aurelie **CHESNAIS**
LIRDEF, Université de Montpellier et Université de Montpellier Paul Valéry, Montpellier, France
Aline **ROBERT**
Laboratoire de Didactique André Revuz, Paris, France

Correspondência do autor:
robertaline.robertaline@orange.fr

RÉSUMÉ
Dans cet article, nous rappelons d'abord brièvement les difficultés actuelles de l'enseignement des mathématiques en France, notamment concernant les élèves défavorisés socialement. Vu l'importance que nous accordons à l'enseignement dans cet état de fait, nous abordons par le biais des apprentissages (et même des activités) des élèves la question du développement professionnel des enseignants de mathématiques. Nous rappelons ensuite notre conception de ces apprentissages mathématiques en lien avec les pratiques enseignantes : cela met en jeu de manière centrale les activités des élèves que nous précisons, en rappelant un certain nombre des spécificités que nous leur attribuons. Puis nous expliquons notre démarche pour analyser les pratiques enseignantes, la double approche didactique et ergonomique, ce qui amène à repérer des logiques d'action dans des pratiques individuelles. Cela nous conduit à détailler des balises, à partir de séances de classe, pour l'étude et le développement des pratiques enseignantes, ce qui peut servir aux formateurs. Un exemple détaillé d'une analyse de pratiques dans une classe de début de collège (11 ans) permet d'illustrer tout cela. Le dernier paragraphe est dédié aux formations. Après avoir résumé un dispositif de formation de formateurs d'enseignants de mathématiques du secondaire qui a été utilisé pendant une petite vingtaine d'années, nous donnons des conditions qui nous semblent propices aux formations que nous préconisons. Nous concluons sur de nouvelles questions.

Mots-clés: activités mathématiques, pratiques enseignantes, développement professionnel

ABSTRACT
In this article, we first recall the current difficulties in teaching mathematics in France, particularly concerning socially disadvantaged students. Given the importance we attach to teaching in this state of affairs, we address through student learning and activities the question of the professional development of mathematics teachers We then recall our conception of this mathematical learning in relation to teaching practices: this centrally involves the activities of students, which we specify, recalling a certain number of the specificities that we attribute to them. Then we explain our approach to analyzing teaching practices, the dual didactic and ergonomic approach, which leads to identifying logics of action in individual practices. This leads us to detail guidelines, based on class sessions, for the study and development of teaching practices, which can be useful to trainers. A detailed example of an analysis of practices in a beginning middle school class (11 years old) illustrates all this. The last paragraph is dedicated to training. After summarizing a training program for secondary school

Recebido em: **14/07/2024** | Aprovado em: **20/08/2024**
copyrigth©2025neuroMATH – Grupo de Pesquisa/CNPq/IFS

mathematics teacher trainers that has been in use for nearly twenty years, we outline the conditions that we believe are conducive to the training we recommend. We conclude with new questions.

Keywords: mathematical activities, teaching practices, teachers training, professional development

Recebido em: **14/07/2024** | Aprovado em: **20/08/2024**
copyrigth©2025neuroMATH – Grupo de Pesquisa/CNPq/IFS

INTRODUCTION

Bien des difficultés, bien des questions traversent aujourd'hui encore l'enseignement des mathématiques en France (notre terrain d'études). Les résultats des élèves français, notamment aux évaluations nationales et internationales sont préoccupants, révélant une augmentation des écarts entre élèves, selon les origines sociales en particulier, et même une certaine baisse des meilleurs élèves. Les enseignants peinent à la tâche, avec des missions alourdies, moins de possibilités de concertation, des réformes qui se succèdent très rapidement avec des programmes qui changent ce qui empêche de mettre au point les nouvelles séquences et de les stabiliser (HOROKS & ROBERT, 2024).

Or les formations initiales non plus ne sont pas stabilisées, au détriment des générations d'étudiants qui essuient les plâtres à chaque fois. Et les formations continues sont réduites, qui plus est réservées à des volontaires pour la plus grande part.

Sans détailler davantage, on peut résumer ce paysage en évoquant un enseignement des mathématiques qui n'est satisfaisant ni du point de vue des élèves (de leur grande majorité) ni du point de vue des enseignants, ni du point de vue de la société. Des solutions institutionnelles pourraient exister, notamment en termes de rémunération et de conditions de travail, ce qui aurait un effet positif aussi sur le recrutement, mais elles restent partielles et leurs effets ne peuvent pas être immédiats.

De notre côté, pour contribuer à améliorer la situation, nous faisons, comme didacticiennes, le pari des formations, en réfléchissant à celles-ci à partir de nos recherches à la fois sur les apprentissages et sur les pratiques des enseignants de mathématiques. Il ne s'agit en aucune manière d'enseigner de la didactique des mathématiques, mais bien de s'inspirer de résultats sur les liens entre les pratiques des enseignants et les apprentissages des élèves pour élaborer des formations, compte tenu d'hypothèses sur le développement des pratiques qui sont issues de nos analyses.

C'est cette contribution éventuelle aux formations des enseignants que nous présentons dans ce texte. Bien entendu de nombreuses variables s'introduisent, qui tiennent à la nature de la formation (initiale ou continue, de formateurs), aux publics cibles, aux modalités institutionnelles prévues et même aux formateurs. Cependant à l'origine des adaptations à mettre en œuvre dans chaque cas, il y a des invariants : la conception des apprentissages mathématiques adoptée, et en lien avec ces derniers, le cadre d'analyse des pratiques enseignants, ainsi que les conséquences en termes de formations des pratiques – que ce soit pour les installer ou les enrichir. De manière très générale on peut dire que sont toujours en jeu à la fois, et de manière imbriquée, des contenus (d'enseignement, de formation) et des modalités (déroulements de séances de classe, de formation).

Plus précisément dans cet article, nous allons aborder la question du développement professionnel des enseignants de mathématiques par le biais des apprentissages des élèves. Nous rappellerons d'abord notre conception de ces apprentissages en lien avec les pratiques enseignantes, puis nous expliquerons notre démarche pour analyser ces pratiques, la double approche didactique et ergonomique des pratiques (ROBERT & ROGALSKI, 2002, 2005) et l'établissement de logiques d'action repérées dans des pratiques individuelles. Cela nous conduira à détailler des balises pour l'étude et le développement des pratiques, qui peuvent servir aux formateurs. Un exemple détaillé d'éléments d'analyse de pratique permettra d'illustrer tout cela. Le dernier paragraphe sera dédié aux formations – après avoir résumé un scénario[1] de formation de formateurs qui a été mené pendant une petite vingtaine d'années,

[1] Que ce soit pour les enseignants ou pour les élèves, le mot scénario est ici associé à un ensemble de tâches à proposer à un public donné avec des prévisions de déroulements

Recebido em: 14/07/2024 | Aprovado em: 20/08/2024
copyrigth©2025neuroMATH – Grupo de Pesquisa/CNPq/IFS

nous donnerons des conditions qui nous semblent propices aux formations que nous préconisons. Nous conclurons sur de nouvelles questions.

I Le développement professionnel sur le plan didactique : quelle formation pour des enseignants « bien formés » ? – un cadre théorique « ouvert »

Pour décrire ce que nous recherchons comme développement professionnel, nous devons revenir à ce que nous entendons par apprentissages mathématiques des élèves et à ce que nous ont appris nos recherches sur les pratiques des enseignants en relation avec ces apprentissages, ce qui amène à présenter les éléments théoriques sur lesquels nous nous appuyons.

1) Des apprentissages associés aux activités des élèves et à la conceptualisation des savoirs visés

Nous commençons par préciser ce qui constitue pour nous le vecteur principal des apprentissages que nous prenons en compte : les activités des élèves. Puis nous revenons aux mathématiques et à la définition que nous nous donnons des apprentissages (en termes de conceptualisation), avec les conséquences sur les contenus en jeu. Cela nous ramène aux activités mathématiques des élèves, avec la différence entre attendu et possible, et à la nécessaire prise en compte de ce qui se passe effectivement en classe. Nous terminons par un très bref résumé des hypothèses générales admises sur les apprentissages que nous avons spécifiées aux mathématiques en situation scolaire.

a) Les activités mathématiques des élèves, un intermédiaire essentiel de leurs apprentissages

Nous accordons la plus grande importance aux activités mathématiques des élèves telles qu'elles peuvent se réaliser en classe, suite aux choix de contenus et de déroulement des enseignants – choix faits compte tenu des contraintes et des possibles. Nous inscrivant à la suite de Vygotski (1934) et Léontiev (1984), nous accordons à cette notion d'activités un sens « plein », dépassant les actions observables, et comprenant ce que pensent les élèves, leurs prises de conscience, éventuellement leurs motivations, que ce soit explicitable ou non. Cela complète et est nourri par ce qu'ils font et disent (ou non), que nous appelons plutôt actions ou opérations (comme LEONTIEV, 1984) ou exécutions (comme GALPERINE, 1966). Ce sont ces activités qui, à nos yeux, assurent ou non, plus ou moins, l'entrée dans la dynamique de conceptualisation recherchée, qui caractérise pour nous les apprentissages visés, qui en sont « le produit » (VERGNAUD, 1996). Ainsi un calcul refait de nombreuses fois sans réflexion ni sur les méthodes utilisées, ni sur les différences entre énoncés par exemple, peut ne pas engendrer une entrée dans une activité mathématique au sens précédent chez certains élèves : ceux-ci, une fois terminé leur calcul, oublieront complètement l'exercice, n'en tireront rien, et recommenceront « à zéro » l'exercice analogue suivant ou referons exactement la même chose sur un autre exercice qui demanderait des adaptations (Butlen et Pezard 2003, Perrin-Glorian 1993, Dumail, 2007). Ces élèves peuvent n'avoir qu'une visée exclusive de réussite de la tâche, contrairement à ceux qui « tirent quelque chose » de leur résolution (les premiers n'ayant pas construit l'attitude de secondarisation nécessaire[2], cf. Bautier et Goigoux 2004). On conçoit qu'un certain engagement, une certaine posture, accompagnent la mise en activités espérée, voire attendue, charge à l'enseignant d'en favoriser l'émergence. Quelque chose d'autre peut être en jeu, du même ordre que la posture, dont nous donnons un autre exemple. Nous avons filmé[3] une élève qui répond à une question de son enseignant de manière embrouillée, incorrecte sur le plan du langage, mais visiblement en ayant compris « en gros ». L'enseignant lui demande

[2] Voir note 22 pour une définition du processus de secondarisation

[3] C'est l'enseignant de la classe qui a filmé la séance

Recebido em: 14/07/2024 | Aprovado em: 20/08/2024
copyrigth©2025neuroMATH – Grupo de Pesquisa/CNPq/IFS

de répéter. Elle se fâche presque, très interloquée de la question qu'elle trouve injuste, incapable de le faire, tant elle avait improvisé sans réflexion sa réponse, ce qui fait qu'elle ne peut pas la reprendre, voire elle ne s'en rappelle plus. Elle pensait sans doute que donner une réponse rapidement, à peu près juste, était ce qui était attendu, car témoignant de son attention et de sa compréhension « à peu près », sans concevoir un autre travail. Il n'y avait de sa part pas d'effort d'élaboration d'une formulation correcte, un peu générale. Or cette activité de formulation était attendue par l'enseignant, comme gage à la fois d'un dépassement de la simple action de « recracher » ce qu'on a dans la tête, mais aussi de la possibilité de partage avec les autres élèves et de réinvestissement ultérieur, rendu possible par la généralisation. Un autre exemple sera donné dans l'exemple développé plus loin, où les élèves ne s'approprient pas spontanément et de manière autonome le résultat d'une mise en commun qui suit une recherche d'exercices, faute d'avoir conscience de ce qui est en jeu dans cette étape du travail, pourtant attendue mais restée implicite. Le rôle de l'enseignant est alors crucial, pour repérer ces « malentendus » et y remédier efficacement.

b) La conceptualisation comme visée des apprentissages d'une notion donnée à un moment donné de la scolarité - les scénarios et le relief

Nous travaillons sur des contenus précisés, à enseigner à un niveau donné, et envisageons leur apprentissage en termes de conceptualisation, ou plus exactement d'acquisition d'un certain niveau de conceptualisation, variable au fur et à mesure des acquisitions.

Nous opérationnalisons ce modèle (cf. VERGNAUD, 1996), en cherchant à installer (faire installer) chez les élèves à la fois une bonne mobilisabilité[4] et une certaine disponibilité[5] des connaissances visées, ainsi qu'une réorganisation des nouvelles connaissances dans les connaissances antérieures. Cela met en jeu à la fois les aspects outils et objets[6] des connaissances. Suivant Vergnaud (1991) nous adoptons l'idée d'un temps long pour ces apprentissages, avec plusieurs étapes dans le processus ménageant des allers-retours entre sens et technique, contextualisé et décontextualisé, et des mélanges entre ancien et nouveau. Par exemple le travail des élèves peut être contextualisé au moment de l'introduction d'une notion par l'engagement dans un problème la motivant, avec appui sur d'anciennes connaissances, puis décontextualisé lors de l'exposition qui suit de la forme générale du savoir nouveau en jeu. Par la suite, au fur et à mesure des séances, le travail sur des tâches précises et l'installation de dynamiques entre des exercices et du cours permet aussi par exemple des allers-retours entre sens et technique.

Une vision globale des contenus en jeu est nécessaire aux chercheurs qui travaillent sur l'acquisition d'une notion – qui résulte de l'étude imbriquée des spécificités mathématiques de la notion en jeu[7], des programmes concernés et des acquis et difficultés déjà connues des élèves. C'est ce que nous appelons le relief sur une notion à enseigner – il est relatif au niveau scolaire considéré. Il s'agit de prendre en compte non seulement la nature et les caractéristiques de la notion mathématique mais encore de préciser son inscription dans les programmes (de la classe et antérieurs), pour avoir une idée précise des acquis éventuels des élèves et élaborer (ou non) une introduction spécifique. Mais cela engage aussi pour nous à s'intéresser aux

[4] Capacité à utiliser la connaissance lorsque c'est indiqué

[5] Capacité à utiliser la connaissance spontanément, même sans indication préalable

[6] Douady 1986.

[7] Avec les aspects outils et objets (DOUADY, 1986), les cadres, registres (DUVAL,1993) et points de vue en présence, le corps des problèmes attendus, le niveau de rigueur autorisé (ROBERT, 2003b), les niveaux de conceptualisation en jeu et les adaptations des connaissances attendues dans les tâches (ROBERT, 1998) …

Recebido em: **14/07/2024** | Aprovado em: **20/08/2024**
copyrigth©2025neuroMATH – Grupo de Pesquisa/CNPq/IFS

difficultés déjà répertoriées des élèves, pour prévoir d'en tenir compte globalement, par exemple en termes d'ordre à adopter dans la progression suivie, et aussi de les faire rencontrer. Cela amène à dégager des étapes dans les scénarios, qui favorisent des activités mathématiques d'élèves sur lesquelles s'appuyer pour introduire et développer les savoirs visés en profitant d'une dynamique permise par l'économie même du scénario. Dans chaque étape, des analyses de tâches permettent de lister les activités attendues, compte tenu de l'ensemble de ce qui est proposé en classe.

La disponibilité des connaissances à obtenir par exemple se travaille à partir de tâches spécifiques, portant souvent sur plusieurs notions, et où il est nécessaire de reconnaître les connaissances à utiliser, anciennes ou plus nouvelles. Plus généralement nous avons distingué trois types d'activités à faire développer : des activités de reconnaissance, d'exécution et d'organisation, associées à des tâches qui peuvent les provoquer. Par exemple une tâche demandant de reconnaître la modalité d'application d'un théorème donné dans un contexte donné peut amener une activité de reconnaissance ; introduire un intermédiaire, une notation, un nouvel élément (figure, calcul non demandés) peuvent amener des activités d'exécution avec des adaptations riches, voire aussi une activité d'organisation ; il en est de même des tâches comportant un changement de cadre, de registre ou de point de vue. S'il y a lieu de suivre des étapes, d'intégrer un raisonnement précis, ou de recourir voire d'interpréter des questions antérieures, on prévoit des activités d'organisation.

L'ensemble des activités nécessaires à la conceptualisation d'une notion donnée à enseigner, à un niveau donné peut donner lieu à l'élaboration par le chercheur de trames possibles de scénarios potentiels, avec des tâches incontournables. Il est constitué d'un ensemble de tâches, dont le suivi des moments d'exposition des connaissances, et de prévisions de déroulements associés, y compris des évaluations.

Les activités attendues des élèves sont ainsi analysables dans ce type de scénario potentiel mais ce qui se passe en classe est encore autre chose, et c'est ce que nous développons dans ce qui suit.

c) Les activités des élèves résultantes des pratiques des enseignants : des attendues aux possibles

Le meilleur énoncé potentiel du monde ne donne pas nécessairement lieu, notamment pour tous les élèves, aux activités attendues, c'est un phénomène bien connu en didactique. Le contrat de la classe joue un rôle, tout comme des effets Jourdain ou Topaze (cf. BROUSSEAU, 1970-1990), mais aussi l'engagement hétérogène des élèves, dans des activités a maxima pour les uns, comme attendu, et a minima pour d'autres, réduites par manque d'un travail adéquat ou même par manque de temps. Nous donnons de fait une grande importance aux conditions dans lesquelles se déroule ce travail en classe des élèves, générateur de leurs activités possibles, qui peuvent différer des attendues, et qui sont celles qui engendrent les apprentissages.

Ces activités mathématiques possibles (au sens plein du terme) sont de fait la résultante de plusieurs facteurs : les tâches proposées et leur enchainement prévu (les scénarios prévus, inscrits qui plus est dans une progression annuelle), la manière dont les élèves s'y engagent et les travaillent (modalités de travail organisées en classe), ainsi que tout ce qu'ajoute l'enseignant par son accompagnement de ce travail. Sont en jeu à la fois l'appui sur ce qu'ont fait ou non les élèves (et donc les tâches proposées), les expositions des connaissances réalisées, mais aussi les aides dispensées, explicitations y compris langagières, rappels, bilans, proximités et évaluations, formatives et sommatives dont le rôle est aussi très important en classe (HOROKS & ROBERT, 2024).

d) Une plongée dans la réalité inévitable et restrictive – et des manques

Sauf que… tous les choix qui président à ces activités enseignantes ne sont pas possibles, de nombreuses contraintes les « modèlent », voire les limitent, dont les élèves eux-mêmes et

Recebido em: **14/07/2024** | Aprovado em: **20/08/2024**
copyrigth©2025neuroMATH – Grupo de Pesquisa/CNPq/IFS

leurs postures, plus ou moins conformes aux attendus. Ces élèves manifestent des dispositions plus ou moins favorables à l'engagement espéré, que ce soit par goût, par des obstacles à comprendre et à adopter les attendus (ROCHEX & CRINON, 2011) ou suite à des difficultés plus ou moins insidieuses, non prises en compte au fil des années et finalement rédhibitoires : les difficultés langagières nous semblent caractéristiques de ce type de phénomènes.

Il y a ainsi des liens forts à la fois entre ce que les enseignants proposent en classe et ce que font les élèves, et entre ce que font les élèves et leurs acquisitions – les enseignants étant « responsables » de l'adéquation entre tous ces facteurs, compte tenu des contextes et contraintes diverses.

Parmi ce que nous ne pouvons pas étudier, citons les affects, que nous traitons en paramètres, importants mais non analysés, et tout ce qui se passe hors classe, même si une partie est organisée par l'enseignant.

e) Des hypothèses générales admises sur les apprentissages (au sens de la conceptualisation), qui jouent aussi sur les déroulements

Pour apprécier mieux encore la qualité de ce travail des élèves à l'origine de leurs activités mathématiques, pensées utiles à installer et à développer, nous avons adopté des hypothèses précises, que nous spécifions aux mathématiques. Nous les résumons ici.

Nous retenons l'importance des moments d'autonomie des élèves (cf. ROGALSKI 2008), voire de partage entre eux, en particulier sur des tâches permettant de motiver les savoirs visés, d'en faire éprouver « le besoin » (cf. situations ou tâches d'introduction des nouvelles notions)[8]. Nous accordons tout autant d'importance aux moments de discussion entre les élèves et les enseignants et aux liens faits en classe par l'enseignant entre ce qui a été fait par les élèves et ce qui est visé (savoir[9]) (cf. VYGOTSKI, 1934). Ce peut être pour généraliser ou pour contextualiser les connaissances en jeu dans les activités mathématiques, ou pour engendrer de nouvelles (futures) activités.

On reconnaît en particulier l'emprunt du « modèle » de la ZPD (Zone proximale de Développement) de Vygotski (1934) : l'adaptation que nous en faisons amène à apprécier ce que l'enseignant retient de ce qui vient des élèves pour le compléter. Nous avons qualifié de « proximités discursives » (ROBERT & VANDEBROUCK, 2023) des éléments de discours qui peuvent jouer ce rôle. Ce qui peut être ainsi introduit à partir du travail des élèves, que l'enseignant dégage et sur lequel il peut s'appuyer, qui est partagé dans la classe, constitue ces « connaissances proches » évoquées dans le modèle de la ZPD. Ce ne sont pas encore les connaissances visées, mais elles sont constituées d'éléments qui les préparent et qui vont faciliter la prise de sens attendue grâce à la fois aux explications de l'enseignant et à leur ancrage originel chez les élèves. Soulignons que cet appui requiert un certain repérage par l'enseignant de ce qui vient des élèves, y compris en termes de formulations. Notons aussi que ce repérage et le choix que va faire l'enseignant de ce qu'il en explicite est facilité par des analyses de contenus préalables, même partielles. Ce type de démarche peut contribuer à des régulations pour les enseignants, qui peuvent être amenés à adapter certaines tâches, à répéter certaines interventions, mais aussi à expliciter davantage certains points, ou à dégager des méthodes éventuellement, ou encore à (ré)exposer des connaissances, pour rapprocher ce qui vient des élèves et ce qui est visé. Les moments où on peut évoquer ce modèle pour qualifier ce qui a lieu peuvent ainsi intervenir pendant une résolution d'exercices,

[8] Nous retrouvons des éléments de la TSD (Brousseau, 1970-1990) mais sans mettre l'accent sur les mêmes éléments.

[9] Dans un sens large, y compris savoir-faire, activités, méthodes, etc. Reprenant des distinctions établies par les didacticiens, nous parlons plutôt de savoirs pour évoquer les aspects mathématiques des notions, telles qu'elles ont été établies par les mathématiciens, et de connaissances pour désigner ce que les élèves se sont ou vont ou doivent s'approprier.

copyrigth©2025neuroMATH – Grupo de Pesquisa/CNPq/IFS

individuellement ou collectivement, ou pendant l'exposition du cours. Il s'agit de transformer effectivement en savoir à apprendre et/ou à utiliser, des généralisations de ce qui a été fait en exercice par les élèves, ou des contextualisations de ce qui a été exposé en cours par l'enseignant et dont les élèves ont besoin. Dans tous les cas il y a reprise explicite de ce qui est retenu et mutualisé du travail des élèves. Ce processus peut contribuer à fabriquer du sens pour les élèves, grâce ces liens qui ne cessent d'être faits (dits) entre les étapes du travail.

Tous ces accompagnements, dont certains peuvent viser l'attitude à adopter ou le fait de rassurer les élèves, restent en grande partie à improviser en l'adaptant à ce qui est venu des élèves. Il y a ainsi un mélange permanent de préoccupations sur les contenus et de décisions, y compris micro, sur les déroulements (vigilance à outiller).

2) Du côté des pratiques enseignantes et de leur complexité : différentes logiques d'action ?

Du côté des pratiques enseignantes, ce qui précède met en jeu à la fois des éléments liés aux connaissances à développer chez les élèves (notamment les tâches proposées et le travail auxquelles elles peuvent donner lieu grâce aux choix médiatifs[10] a priori) et des modalités d'accompagnement, a posteriori. Sont ainsi en jeu notamment la manière de repérer et de relier le contextualisé et le dit des élèves et le décontextualisé visé. Plus généralement sont à la charge de l'enseignant en classe le repérage des connaissances des élèves et la mise en place des adaptations jugées adéquates ainsi que des proximités. Mais, nous l'avons déjà souligné, les enseignants ne sont pas libres de leurs choix, contraints comme ils le sont, par exemple, par l'institution et ses programmes et horaires, et encore par la composition des classes et les habitudes de leur établissement. De ce fait leurs choix de pratiques, y compris en matière de contenus et de déroulements, résultent aussi de leur inscription dans ces contraintes (cf. Robert, 2003b). Nous qualifions de complexité cette imbrication de facteurs à l'origine des pratiques individuelles. Nous allons préciser notre étude de cette complexité et présenter ce qui différencie les logiques d'action qui en résultent.

a) Une étude de la complexité des pratiques : la double approche didactique et ergonomique

Pour étudier cette complexité et apprécier les pratiques individuelles des enseignants à l'aune des activités mathématiques des élèves, attendues et possibles, nous avons dégagé des composantes des pratiques à imbriquer, dont nous tirons (en résultante) des « logiques d'action » que nous présentons ensuite.

Les 5 composantes que nous avons distinguées dans notre étude des pratiques, à étudier dans un premier temps à partir des observables recueillis en classe et de la mise à jour des déterminants individuels qui pèsent sur les pratiques, sont à imbriquer dans un deuxième temps. Ces deux temps constituent la démarche appelée « double approche ergonomique et didactique » (ROBERT & ROGALSKI, 2002, 2005, ROBERT, 2008, ROBERT & al. 2012). La composante cognitive est associée aux choix de contenus de l'enseignant, elle est renseignée à partir des scénarios et des tâches précises proposées aux élèves. La composante médiative est associée aux choix de déroulement que l'on peut apprécier en classe, travail des élèves et accompagnements. Les composantes institutionnelle et sociale sont relatives aux manières que développe l'enseignant de prendre en compte l'institution et le social, que ce soit du côté des élèves ou des collègues. Enfin la composante personnelle est renseignée par et renseigne sur des caractéristiques liées à l'individu qui influencent aussi ses pratiques (études et connaissances, représentations des mathématiques et de la mission de l'enseignant, expériences…).

Nous avons aussi distingué trois niveaux d'organisation des pratiques, global, local et micro qui renseignent sur la manière dont les pratiques individuelles apparaissent dans les

[10] C'est ainsi qu'on appelle les choix concernant les déroulements, a priori et pendant la séance

copyrigth©2025neuroMATH – Grupo de Pesquisa/CNPq/IFS

routines et automatismes des enseignants (micro), au quotidien (local) et en termes de posture globale d'enseignant (MASSELOT & ROBERT, 2007).

b) **Logiques d'action**

Les premiers résultats obtenus avec ce type d'étude ont confirmé la complexité des pratiques, et leur cohérence, déjà largement annoncée en ergonomie, avec comme conséquence probable une certaine stabilité pour des enseignants ayant une certaine expérience et s'il n'y a pas de changement d'environnement professionnel (Robert, 2007). Cette stabilité est un encouragement à étudier ainsi les pratiques, les logiques d'action mises en évidence en étant une caractéristique pérenne.

Un certain nombre d'études de cas ont été réalisées, à des niveaux scolaires variés et en s'intéressant à divers contenus (RODITI 2003, CHESNAIS 2012, HOROKS 2008, CHAPPET-PARIES & ROBERT 2022 par exemple).

Il semblerait que la variabilité des pratiques porte plus sur les composantes personnelle, médiative, et cognitive des pratiques, dans une moindre mesure sociale, et peu sur la composante institutionnelle : les enseignants s'inscrivent de manière relativement analogue dans les contraintes de programmes, d'horaires, etc. Dans les établissements en éducation prioritaire, certaines manières d'aborder les difficultés d'apprentissage liées aux décalages sociaux peuvent être en partie partagées par des enseignants (PELTIER, 2004), mais sans être systématiques (CHESNAIS, 2021), d'où des choix plus ou moins communs. L'inscription d'un enseignant dans des groupes de travail ou des recherches collaboratives peut être par ailleurs porteuse d'évolution de ces logiques.

Ainsi, très généralement, a-t-on pu trouver des logiques centrées sur l'enseignement de savoir-faire, que nous avons appelées « modes d'emploi », avec une ambition sur le sens limitée, une visée technique affirmée et une plus ou moins grande prise en compte des élèves, mais peu appuyée sur leur travail mathématique[11], plutôt destinée à rassurer les élèves, à leur donner « des trucs » (des recettes) ; nous y voyons des composantes cognitive et médiative dont l'articulation ne suffit pas à générer pour tous les élèves les activités attendues (compte tenu du relief) . Nous avons aussi trouvé des logiques pilotées par la réussite des élèves avant tout, même au détriment du sens et de la conceptualisation (quelquefois en éducation prioritaire), là encore il y a une relative indépendance entre les deux composantes. Il y a aussi des logiques au contraire orientées par un projet mathématique prédéterminé et invariable, sans prise en compte de l'ensemble des élèves (davantage au lycée), la composante cognitive prend le dessus sur l'autre en quelque sorte mais sans imbrication ; des logiques que nous avons appelées « le pari du sens » qui développent une ambition visant à donner du sens mais en tenant compte du travail des élèves et même en s'appuyant dessus pour y arriver, et ceci même en éducation prioritaire, avec les adaptations spécifiques à mettre en œuvre (CHAPPET-PARIES & ROBERT 2022). Dans ces cas-là en revanche on peut repérer une grande imbrication entre le projet mathématique, élaboré en relation avec des éléments connus sur les élèves et les déroulements suivis, pilotés par la mise à l'œuvre du projet mais pilotant aussi les ajustements éventuels à mettre en place. On peut en partie mettre ces caractéristiques en relation avec des effets sur les apprentissages des élèves (CHESNAIS, 2021).

Ce qui ferait différence alors entre les différentes logiques d'action des enseignants pour ce qui nous intéresse, les activités mathématiques des élèves comme sources d'apprentissages, serait notamment l'imbrication plus ou moins grande, et pouvant jouer à diverses occasions, entre les choix cognitifs et les choix médiatifs repérés dans les pratiques. Cela peut concerner les scénarios, plus ou moins pensés en relation avec la visée conceptuelle adoptée pour les élèves et pas

[11] En quelque sorte pédagogique

copyrigth©2025neuroMATH – Grupo de Pesquisa/CNPq/IFS

seulement en termes de stricts contenus ; cela peut jouer aussi en termes de déroulements, avec la plus ou moins grande attention aux élèves, plus ou moins développée, plus ou moins porteuse potentiellement d'apprentissage. On peut même se demander si les contraintes déjà évoquées, qui sont parties prenantes de ce qui a lieu finalement en classe, pèsent d'autant moins sur les tâches et les déroulements que ceux-ci s'inscrivent dans un projet global élaboré par l'enseignant (piloté par un certain relief). On pourrait évoquer une élaboration et des improvisations « sous contrôle »[12] - seraient-elles, de ce fait, plus robustes par rapport au projet initial ?

En résumé, le développement professionnel visé peut s'apprécier par une certaine inscription des choix cognitifs dans le relief sur la notion à enseigner et le degré d'imbrication des choix médiatifs et cognitifs, compte tenu des contraintes institutionnelles et sociales, qui déterminent les marges de manœuvres d'un enseignant dans un contexte donné. Avec cette conséquence, liée à l'inscription dans le métier à l'origine de cette restriction des possibles : l'imbrication en question n'est jamais un donné, elle doit s'adapter à chaque nouvel environnement, à chaque classe et même s'improviser presque à chaque instant[13].

Cela a une grande influence sur notre conception des formations : donner des moyens pour installer ou enrichir le développement professionnel ainsi conçu, va consister à donner des outils pour s'adapter à chaque fois, au plus près des pratiques, à ce double travail de l'enseignant en termes de choix de contenus et de déroulements effectifs et en « partant des pratiques ». C'est plus formateur à notre sens pour viser des pratiques porteuses de conceptualisation pour les élèves que des situations modèles ou des listes d'exercices par exemple.

3) Des balises pour les chercheurs et les formateurs pour l'étude et le développement des pratiques enseignantes

Les questions à renseigner pour les chercheurs et les formateurs portent à la fois sur des aspects globaux des pratiques, avec l'établissement du relief sur la notion à enseigner, puis du scénario, notamment en termes d'introduction, de diversités de tâches, de liens potentiels entre exercices et cours, et localement sur la manière dont ce scénario est adapté et sa mise en œuvre accompagnée. Finalement comment le savoir peut émerger des actions (activités) des élèves et des discours de l'enseignant ? Quelles imbrications s'établissent entre les choix cognitifs et médiatifs qu'on peut repérer dans les pratiques, à la fois globales, en termes de prévision et locales, pendant les séances ? Quelles contraintes peuvent empêcher des déroulements prévus ?

Préciser les relations entre les savoirs en jeu et ce qui est fait en matière d'accompagnement des élèves et de déroulement des séances, compte tenu des choix plus globaux et des contraintes, gagne à être explicité, mis en mots et étudié.

II Un exemple d'étude de pratiques

On présente ici l'étude des pratiques d'une enseignante (Nadia) qui exerce dans un collège en éducation prioritaire. Nadia est une enseignante expérimentée qui fait partie d'un groupe IREM[14] qui travaille depuis plusieurs années de manière collaborative sur l'enseignement de la géométrie au collège et la question de la prise en compte des enjeux langagiers en classe de mathématiques. Nous nous intéressons ici à son enseignement de la notion de cercle, en sixième (première année du secondaire inférieur) et la manière dont il a évolué au fur et à mesures des années, dans le

[12] Perrenoud (1994) évoquait déjà des improvisations réglées indépendamment des contenus en jeu.

[13] Cf. la vigilance didactique développée par Pezard 2010, Allard, 2022

[14] Les Instituts de Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques sont organisés, dans des universités, en plusieurs groupes réunissant des enseignants et des chercheurs pour investiguer des problématiques d'enseignement des mathématiques et produire des ressources de formation.

copyrigth©2025neuroMATH – Grupo de Pesquisa/CNPq/IFS

cadre de sa participation aux travaux du groupe IREM. Certaines analyses (CHESNAIS & al., 2023, 2024) ont montré que les pratiques de Nadia sont porteuses d'apprentissages pour ses élèves au-delà de ce qu'atteignent la plupart des élèves de sixième, y compris dans des établissements hors éducation prioritaire. Ces apprentissages concernent des aspects conceptuels et langagiers associés à la notion de cercle, mais aussi plus globalement les objets élémentaires de la géométrie tels qu'ils sont à travailler au collège (cf. ci-dessous les éléments de relief).

Nous présentons tout d'abord quelques éléments du relief sur la notion de cercle au début du collège, puis quelques résultats de l'analyse des pratiques de Nadia, concernant d'une part ses choix globaux de scénario et de déroulement, d'autre part certaines caractéristiques de ses pratiques illustrées sur l'exemple plus précis d'une séance.

1) Quelques éléments du relief dégagé en recherche

C'est un bilan de l'étude croisée des spécificités mathématiques des notions en jeu, des programmes et des difficultés des élèves que nous résumons ici. La notion de cercle est prévue par les programmes scolaires pour être définie, à ce niveau, comme « l'ensemble des points à distance donnée d'un point donné ». Le lien entre les notions de distance et de cercle constitue ainsi un élément majeur du relief à prendre en compte sur la notion de cercle en sixième. Or les travaux du groupe ont permis d'identifier que la notion de distance[15] joue un rôle crucial à ce niveau de scolarité en géométrie et plus tard, jusqu'au lycée, tout en étant relativement transparente[16] dans les classes. Elle présente en outre une difficulté conceptuelle importante due notamment à son caractère relationnel[17], ajouté au fait qu'elle porte sur des points (objets de dimension 0), au regard de la longueur qui est une propriété d'objet et qui concerne des objets de dimension 1.

La notion de distance et la notion de cercle s'inscrivent également dans les enjeux plus globaux liés à l'entrée dans la géométrie théorique qui s'initie en fin de cycle 3 en France. Un premier aspect est l'évolution du regard sur les figures avec la déconstruction dimensionnelle (DUVAL, 2005), visant notamment, à terme, la possibilité de considérer les objets géométriques comme des ensembles de points. Ainsi, la notion de distance entre des points permet de faire le lien entre des objets de dimensions 1 et 0 et ainsi de faire évoluer la conception du cercle comme ligne tracée au compas à un ensemble de points situés à distance donnée d'un point donné. Notons que d'autres travaux ont pointé par ailleurs que conceptualiser une ligne comme un ensemble de points ne pourra véritablement être atteint que par la mise en bijection de la droite avec R, au début du lycée (cf. CHESNAIS & MATHE, 2018, CERCLE & al., 2020). Par ailleurs, deuxième aspect, il s'agit pour les élèves de dépasser le fait de considérer les dessins comme les objets en soi de la géométrie pour les considérer comme des représentations d'objets théoriques définis par des propriétés et des relations. Par exemple, on peut considérer à partir d'un dessin des objets et des propriétés qui n'y sont pas nécessairement représentés : on considère un cercle comme un ensemble de points alors même que c'est une ligne que l'on représente avec le compas ; la distance est, par nature, elle aussi non représentée. Enfin, le troisième aspect concerne le fait que le travail

[15] On parle ici de la distance entre deux points, définie comme longueur du segment joignant ces deux points. Il peut aussi être question parfois, au primaire comme au secondaire, de distance entre un point et une ligne (notamment une droite).

[16] Au sens de Margolinas et Laparra (2011) : elle est explicitement mentionnée dans les programmes comme devant être travaillée en sixième, mais qu'elle est très peu présente explicitement dans les manuels par exemple (Cerclé et al., 2020), plutôt manifestement considérée comme « allant de soi ».

[17] Sur le plan logique, la notion de distance, dans le cadre de la géométrie au collège, est une relation entre deux objets. Cela suppose des formulations syntaxiquement complexes, comme parler de la distance d'un point à un autre, ou encore de la distance entre deux points. Voir Chesnais et al. (2023) pour davantage de détails.

copyrigth©2025neuroMATH – Grupo de Pesquisa/CNPq/IFS

sur les notions de distance et de cercle en sixième s'inscrit dans l'enjeu plus global de passage à une géométrie dans laquelle les objets sont définis par des propriétés, et les raisonnements s'appuient sur ces propriétés (et non plus notamment sur des mesures).

Certains enjeux d'apprentissage sont enfin fortement liés à la dimension langagière de l'activité, qu'il s'agisse de l'appropriation de formes verbales complexes (par exemple lorsqu'on veut exprimer que deux points sont situés à la même distance d'un même troisième point), y compris en lien avec des notations particulières (par exemple l'utilisation de AB pour désigner la distance entre A et B), mais aussi de l'acculturation à des pratiques langagières comme l'élaboration d'une définition ou d'une preuve (cf. Chesnais et Coulange, 2022). L'ensemble de ces enjeux constitue un saut important dans les niveaux de conceptualisation de la géométrie.

2. Des caractéristiques du scénario

Le mode de travail du groupe IREM fait que le scénario a été élaboré par Nadia sur la base de ce qu'elle faisait auparavant dans ses classes, mais largement revisité et modifié, année après année, à partir de discussions menées dans le groupe sur la base des propositions des différents enseignants (4 enseignants exercent au collège). Les évolutions majeures du scénario de Nadia tiennent essentiellement à l'introduction de séances consacrées, en amont de la séance d'introduction de la définition du cercle, à un travail sur la notion de distance et sur des connaissances pré-requises sur le cercle (tracé au compas, rayon, centre etc.). Les scénarios élaborés au fur et à mesure des années ont aussi fait une place de plus en plus importante aux enjeux langagiers (verbaux)[18], à la fois en tant qu'objets d'apprentissage et en tant que moyen. Par exemple, les formulations complexes liées à la nature relationnelle de la notion de distance ne sont pas d'emblée disponibles chez les élèves. Concernant le langage comme moyen, le scénario prévoit notamment de nombreuses productions écrites à réaliser par les élèves et des temps d'oral collectif conséquents.

Concernant plus spécifiquement la séance d'élaboration de la définition du cercle, elle est pensée comme visant l'articulation de la résolution d'un problème (trouver des points à distance donnée d'un point donné dans un nuage de points) avec l'élaboration de la définition dans une forme décontextualisée experte. Cela s'inspire d'un exercice utilisé dans des tests réalisés dans des classes par le groupe, mais qui est assez proche de supports utilisés pour introduire la définition du cercle dans des classes ordinaires ou des manuels. Nadia l'a utilisé pour la première fois lors de sa troisième année de participation au groupe et choisit toujours le même énoncé 3 ans après. L'exercice en question contient deux sous-tâches qui consistent successivement, dans un même nuage de points, à « trouver tous les points qui sont à 4 cm du point Z » puis à « sans mesurer, trouver tous les points situés à la distance EM du point E »[19]. L'élaboration de la définition à partir de la réalisation de ces tâches et d'une mise en commun des réponses des élèves est prévue pour être menée à la suite, dans une phase de travail oral collectif, en appui sur de l'écrit par l'enseignante au tableau.

Cette élaboration n'est par ailleurs qu'une étape dans le scénario de la séquence : en amont, comme déjà mentionné, est organisée une réactivation de certaines connaissances antérieures sur le cercle (centre, rayon, diamètre etc.) et en aval, de nombreux exercices permettent des mises en fonctionnement de ces connaissances sur distance et cercle. Les énoncés donnent alors lieu à une mobilisation des connaissances autant dans des tâches liées à des constructions, avec l'élaboration de programmes de construction, que dans des tâches de preuves, accompagnées de tâches de production d'écrits y compris décontextualisés (avec notamment plusieurs occasions d'exposition de la définition d'un cercle).

[18] On appelle langage verbal le registre des mots de la langue (CHESNAIS & COULANGE, 2022).

[19] Les noms Z, E et M des points concernés figurent sur le nuage

copyrigth©2025neuroMATH – Grupo de Pesquisa/CNPq/IFS

Par ailleurs, cette séquence a lieu entre janvier et mars chaque année et la participation au groupe IREM a également conduit Nadia à repenser plus globalement son enseignement de la géométrie en sixième, tout au long de l'année pour travailler les objets élémentaires de la géométrie.

3) Des déroulements sous haute surveillance cognitive

Nous proposons de détailler un peu plus ce qui concerne la séance consacrée spécifiquement à l'élaboration de la définition du cercle présentée ci-dessus, notamment pour illustrer certaines caractéristiques des déroulements.

a) Une constante : un travail des élèves en 4 phases

Le travail à mener est découpé en 4 phases, découpage que l'on retrouve année après année, pour cette tâche, dans la classe de Nadia : tout d'abord un temps de travail individuel (phase 1), puis un temps de discussion collective sur certaines des procédures employées par les élèves dans la question 1 (phase 2) puis sur la question 2 (phase 3) ; enfin la phase 4 d'élaboration de la définition proprement dite. La durée totale de la séance est passée de plus d'1h 30 la première année à environ 45 minutes trois ans plus tard. Les phases sont les mêmes et le temps de travail individuel n'a pas été réduit, mais les phases collectives sont plus courtes car les productions des élèves sont beaucoup plus rapidement proches de l'attendu (notamment dans leur capacité à mobiliser la notion de distance entre des points pour définir le cercle). On peut supposer que cela résulte du travail en amont de la séance plus performant sur la notion de distance et, globalement, d'un travail plus important tout au long de l'année sur la déconstruction dimensionnelle des figures, les objets élémentaires de la géométrie et le rapport entre dessins et figures.

Les tâches effectivement dévolues aux élèves sont donc d'une part la résolution du problème tel qu'il était proposé dans le scénario, d'autre part la mise en mots et la mise en discussion des procédures employées par eux, enfin la participation à un travail langagier oral collectif d'élaboration de la définition. L'analyse de la vidéo montre une implication importante d'une grande majorité des élèves, jusqu'à la fin de la séance, y compris l'année où elle dure plus d'1h30.

b) Des explicitations mathématiques constantes entre savoir et activités

L'une des caractéristiques importantes des déroulements est que Nadia s'appuie toujours sur ce qui vient des élèves et ajuste en permanence le déroulement à l'activité réelle des élèves. Par exemple, lors de l'élaboration de la définition, elle écrit au tableau les propositions des élèves qui sont progressivement retravaillées. Les éléments de la définition qui sera finalement institutionnalisée viennent tous des élèves, même si cela prend du temps. Le processus de secondarisation du discours[20] est ainsi accompagné par Nadia en appui sur les productions des élèves, sans renoncement y compris lorsque celles-ci sont très éloignées de l'attendu. Cela se voit notamment au début de la phase 4 : à la fin de la phase 3 ont été discutées les différentes procédures, et notamment celle qui consiste à tracer le cercle : celle-ci a été justifiée par le fait que le compas permet de « transporter » la distance entre les points E et M. Alors l'enseignante propose d'élaborer une définition du cercle : les premières propositions, qui sont écrites au tableau, sont très loin de faire mention de points ou de distance puisqu'il s'agit par exemple de « une ligne arrondie » ou encore « ce n'est pas un polygone ». Les élèves n'identifient manifestement pas d'emblée le savoir visé dans le problème. Mais c'est un

[20] On appelle ainsi, à la suite de l'équipe de Bernié, Jaubert et Rebière et à l'instar d'autres didacticiens des mathématiques le processus d'évolution des productions langagières (orales et écrites) qui accompagne le processus de conceptualisation et qui articule une évolution permettant de prendre en charge des objets conceptuels plus élaborés avec une évolution vers des pratiques plus conformes aux pratiques langagières expertes (Chesnais et Coulange, 2022).

copyrigth©2025neuroMATH – Grupo de Pesquisa/CNPq/IFS

appui sur les propositions des élèves qu'elle saisit comme occasions de proximités qui lui permettent d'orienter les échanges. Sur le plan médiatif, qui vient ainsi s'articuler de manière étroite avec le cognitif, Nadia réalise un important travail d'explicitation des objets de savoir en jeu et des objectifs des tâches (à partir des activités des élèves). Par exemple, la question à laquelle répond le savoir visé est explicitement posée (« comment on pourrait définir un cercle ? » puis plus tard elle précise « en utilisant distance »). On peut penser que c'est ce qui permet l'implication des élèves dans ces échanges jusqu'au bout et qui contribue à favoriser la conceptualisation non seulement des notions précises en jeu, mais aussi plus globalement de la nature des pratiques mathématiques, en particulier des enjeux d'un processus de définition d'un objet mathématique et du rôle du langage verbal dans ce processus.

Par ailleurs, comme on l'avait déjà identifié chez certains enseignants dont les pratiques sont particulièrement porteuses de conceptualisation, y compris en éducation prioritaire (CHESNAIS, 2014), on note une prise en charge très explicite et importante de l'articulation des différentes dimensions de l'activité et des différents registres de représentation sémiotique (DUVAL, 1993). C'est ainsi notamment le cas du langagier avec le dessin et les gestes, en lien avec les notions mathématiques.

c) Une attention permanente aux enjeux langagiers

Enfin, une caractéristique essentielle, là encore déjà pointée dans des études précédentes chez certains enseignants obtenant de bons résultats en éducation prioritaire, est une prise en charge importante des enjeux langagiers. Le meilleur indicateur en est sans doute le temps long pour élaborer une phrase collectivement, mais aussi le temps passé sur la formulation des procédures employées par les élèves, lors des phases 2 et 3. Il s'agit de favoriser une mise en lien de discours portant sur les aspects matériels de l'activité avec des discours portant sur les objets géométriques et leurs propriétés, visant à éclaircir, familiariser et rendre plus accessible la secondarisation des discours visée.

4) Le pari du sens comme logique d'action

La logique d'action serait une forme de « pari du sens » assumé de la manière suivante : les choix cognitifs globaux (choix des tâches initiales, piloté par les acquis et les difficultés connues et conforme au relief dégagé par les chercheurs et partagé) est pris en charge et renforcé en classe par le médiatif. Ces choix de déroulement orientent l'itinéraire cognitif local (au fur et à mesure) à partir de ce qui vient des élèves, sollicités oralement, pendant ou juste après la résolution des tâches, y compris lorsque leurs productions sont très loin de l'attendu, comme la première année.

Le pari du sens tiendrait à l'hypothèse suivante : l'acquisition avec du sens est assurée par, provient de, l'élaboration collective de la définition visée, à partir de tâches ayant amené les élèves à s'appuyer sur, puis à se passer de (successivement) la mesure numérique (remplacée par EM) et l'appui sur un dessin (avec le double travail sur le nuage), en généralisant ce qui a déjà été fait. C'est possible grâce à la nature même de la tâche de formulation de la définition en relation avec les deux premières tâches, grâce à l'explicitation du lien entre les deux par le fait que la question de définir le cercle en utilisant la notion de distance est posée. La généralisation est d'ailleurs déjà un peu préparée grâce à ce que disent les élèves en décrivant les procédures.

Les dynamiques provoquées entre activité contextualisée et décontextualisée, avec le travail collectif, le professeur reprenant des élèves successifs, conduisent à des connaissances partagées de plus en plus proches de la définition visée (ZPD collective, ROBERT & VANDEBROUCK 2023). Les choix de tâches et la vigilance multifactorielle déployée pendant leur réalisation (cf. ci-dessus) donnent suffisamment d'occasions de proximités pour que le processus se déroule effectivement et, au fil des années, de manière de plus en plus efficace. Le pari est que cela assure le passage aux ZPD individuelles des élèves, garantissant "du sens" et de la mémorisation.

III Quelles formations ?

copyrigth©2025neuroMATH – Grupo de Pesquisa/CNPq/IFS

Nos recherches sur les pratiques orientent nos réflexions sur leur émergence ou leur développement. Ainsi nous apparait comme une nécessité la prise en compte de la complexité des pratiques, en particulier due aux contraintes du métier. Pour les formations continues nous retenons la stabilité des pratiques, liée à leur cohérence, comme devant être prise en compte devant servir d'appui pour des enrichissements ensuite, même si cela peut conduire à des transformations. C'est le manque de ressources aux niveaux micro (manque de routines) et global (manque d'idées générales sur les programmes par exemple) que nous retenons pour penser les formations initiales.

De nombreux écrits concernent les formations continues : pour se limiter à certaines auxquelles nous avons participé, on peut citer Robert 2004, 2005a, Asselain-Missenard et Robert 2010a, Chappet-Paries et Robert 2011, Abboud et al. (2022), Deblois et Robert (2022), Chesnais, Leblanc & Constantin (à paraître). D'autres sont plus spécifiques aux formations initiales : Robert 1995, Chesné et al. (2009), Sève et al. 2016. Des exemples de scénario de formations, conçus selon les hypothèses dégagées ci-dessous, ont aussi été expérimentés et décrits (ROBERT & al. 2004, ROBERT & al. 2017).

Nous allons reprendre ci-dessous l'exemple du scénario de formation de formateurs mis en œuvre pendant plus de 12 ans et qui s'appuie sur ce qui est développé ci-dessus puis livrer un rapide bilan de ce que nous retenons pour les diverses formations envisageables.

1) Un scénario de formation de formateurs

Ce scénario, sans véritable évaluation cependant, a été développé pour une formation à ce que nous avons appelé le métier de formateurs (d'enseignants de mathématiques du secondaire). Il s'inscrit dans une formation universitaire, un M2, et il est animé par des chercheurs en didactique des mathématiques pour cette partie directement professionnelle. L'idée est qu'après cette formation, ce sera à la charge de chaque formateur d'adapter ses formations d'enseignants aux spécificités de chaque public, avec l'hypothèse que ces adaptations seront facilitées par les acquis de la formation de formateurs, notamment en termes d'outils d'analyses des pratiques. Cette formation est fortement appuyée sur l'expérience des participants (qui doivent avoir plus de 5 ans d'ancienneté) mais elle ne prépare pas à « la classe du lendemain ». En revanche, cette exigence d'une possibilité d'utilisation assez directe en classe de ce qui est travaillé en formation est beaucoup plus présente dans les formations d'enseignants et rend plus difficile d'y aborder des aspects non immédiatement ou directement réutilisables qui sont, eux, très présents dans la formation de formateurs.

Des éléments généraux sur les apprentissages des élèves et sur les pratiques sont ainsi travaillés avec les outils issus des recherches adaptés à des objectifs de formation, pendant le premier trimestre. Au deuxième trimestre ils sont mis à l'épreuve dans des analyses de vidéos tournées dans la classe des participants, présentées par l'enseignant qui s'est filmé, et discutées collectivement, chaque enseignant se pliant à l'exercice. Des conséquences sur les formations sont discutées, renforcées par un mémoire sur des exemples de formation, élaboré au troisième trimestre en petits groupes puis soutenu devant tous les participants (ROBERT & al. 2012).

Certes la formation n'a pas été évaluée directement, cependant des questionnaires très positifs ont été recueillis, donnant les appréciations a posteriori de nombreux participants, exprimées par écrit (ABBOUD-BLANCHARD, M., ROBERT, A. 2015, pages 186-7). Plus généralement cette expérience a été formalisée et inscrite dans les principes que nous défendons pour toutes les formations professionnelles que nous proposons (ABNOUD & al. 2020).

2) Un bilan sur les formations : une constante à respecter, partir des pratiques

Tout ce qui précède, nos premières expériences et constats en la matière et l'expérience de l'une d'entre nous de plus de 12 ans en master pro (cf. ci-dessus), ont amenée à distinguer les processus de formations des

copyrigth©2025neuroMATH – Grupo de Pesquisa/CNPq/IFS

(futurs) enseignants de ceux de l'enseignement aux élèves et à y réfléchir spécifiquement, en les distinguant des apprentissages. Et même plus, cela nous amène aussi à penser la transposition de nos recherches pour alimenter les formations professionnelles – en termes de méthodologie (cf. ROBERT & VIVIER, 2014) ou de concepts ou de résultats… Et peut-être encore plus que de transposition faut-il parler d'adaptation, voire de migration (cf. HOROKS & ROBERT, 2024) suite au travail avec des enseignants en formation, qui amène à enrichir à la fois l'expérience des formés et les connaissances des formateurs-chercheurs. Enfin nous restons convaincues de l'utilité de formations de formateurs disciplinaires (ABBOUD & ROBERT, 2012, 2015 ; ROGALSKI & ROBERT, 2015 ; ROBERT & al. 2017 ; ABBOUD & al. 2020), dans des formes traditionnelles ou d'autres formes de travail avec les enseignants qui ont fait leur apparition, notamment des dispositifs de recherches et formations collaboratives, qui ont des ambitions proches des nôtres.

Compte tenu de la complexité, de la cohérence, de la stabilité des pratiques à partir d'un certain moment et de leur diversité, nous avons fait une hypothèse, mise en travail mais qui reste à vérifier : en formation des pratiques, continue et même initiale, hors formation sur le terrain, voire de formateurs, il s'agit d'organiser un travail collectif s'appuyant sur les pratiques, au moins à certains moments, et non sur les (seuls) contenus (listes d'exercices par exemple) ou les (seuls) déroulements (gestion du tableau par exemple), ou même les programmes, abordés séparément, successivement[21]. C'est ce caractère « séparé », dissocié de l'exercice même du métier qui est mis en question et remplacé par ce travail collectif sur des pratiques, filmées ou transcrites ou décrites. Soulignons que cela implique de disposer d'un temps long de formation, pour arriver à installer un tel travail et à ce qu'il porte ses fruits.

Cela remet en question certaines habitudes, notamment étudier d'abord les contenus et programmes en jeu : nous ne renonçons pas à cette étude, mais essayons d'abord d'en créer le besoin à partir des pratiques travaillées, et d'y arriver dans un second temps. L'idée est de pouvoir s'appuyer sur ce qui est perçu et exprimé par les participants en relation avec leurs propres questionnements, liés à leurs expériences, pour interroger les pratiques et remonter seulement ensuite aux composantes et au relief, en lien avec les discussions[22]. Cela met en jeu, on le reconnait, un modèle inspiré encore de celui de la ZPD, que nous avons qualifié de ZPDP (P comme pratiques ou professionnel).

Outre ces caractères holistique (global) et inductif (partant des pratiques), qui viennent d'être évoqués, nous avons ainsi dégagé ce que les formations ont besoin d'être collectives, au moins à certains moments – par exemple des études de pratiques partagées permettent l'expression des diversités et facilitent leur mise en discussion, en termes d'alternatives notamment, à apprécier, en relation avec les marges de manœuvre qui se dégagent. Cela implique d'organiser des discussions entre les participants, en établissant le climat de confiance indispensable. Cela peut aussi donner l'occasion d'enrichir et de partager des outils qui servent à ce type d'étude[23]. Il s'agit pour le formateur de s'appuyer sur ce qui est apparu dans la séance pour le compléter, voire le bousculer, en un mot l'enrichir, en termes de palette des possibles. Il y a en filigrane le pari, justifié par nos hypothèses théoriques, que les participants vont « entendre » ce qui aura été ajouté, l'adopter grâce à la proximité avec ce qui aura été dit par l'ensemble des présents (cf. ZPDP), et pouvoir par la suite l'adapter aux classes dont ils auront la charge.

Cela peut s'accompagner d'une variabilité dans le choix des thèmes mathématiques

[21] Souvent en commençant par les programmes et les mathématiques en jeu.

[22] D'où le nom « formations à l'envers » utilisé quelquefois.

[23] Et c'est d'autant plus utile que ces outils sont partagés par les formateurs de tous les segments des formations.

copyrigth©2025neuroMATH – Grupo de Pesquisa/CNPq/IFS

abordés, au gré de la conjoncture (cf. formation opportuniste), rendue possible par le schéma inversé adopté en formation – le relief étant abordé en fin de course, cela laisse le temps d'y réfléchir en relation avec les questions qui se sont posées. Une hypothèse sous-jacente doit être explicitée, encore une fois : la nécessité de formations longues, ou en tout cas pas trop courtes, pour qu'il y ait un début d'appropriation des démarches un peu enrichies qui se dégagent des interventions des formateurs suite à ce qui a pu apparaître dans les discussions.

L'institution aussi est questionnée par ces travaux, dans la mesure où les réalisations conformes à ces travaux qui pourraient être mises en place ne collent pas avec les projets en cours, ni avec les moyens alloués, ni même avec l'alourdissement des charges qui pèsent sur les enseignants. Les programmes sont aussi souvent mis en question, soit parce qu'ils changent trop vite et n'ont pas le temps d'être travaillés suffisamment, soit parce qu'ils manquent de cohérence.

Partir des pratiques n'est pas une mince affaire à nos yeux. Cela amène à trouver des ressources adéquates, et ce n'est pas simple, car, par exemple, laisser une caméra au fond de sa classe n'est pas facile. La question de l'utilisation des ressources disponibles, notamment issues des recherches, est à discuter.

Cela a donné lieu à un ouvrage déjà cité (ROBERT & al. 2012), à de nombreux articles (presque une dizaine) – et même à un nouvel ouvrage, collectif, qui fait suite au premier (HOROKS & ROBERT, 2024).

Une extension est travaillée depuis quelques temps (cf. COULANGE & ROBERT 2015, N. GRENIER-BOLEY & ROBERT 2024) : c'est la formation mathématique à prévoir, dès les études universitaires, pour faciliter, peut-être, pour les futurs enseignants, notamment l'accès au relief… Il y a dans cette conception d'une formation initiale spécifique, où on travaille en amont de la classe et de ses contraintes[24], l'idée d'une certaine continuité des formations professionnalisantes, les éléments sur les mathématiques et leur apprentissage introduits ici dès le début pouvant resservir très utilement lors des futurs passages sur le terrain : et pour les étudiants, déjà familiarisés avec certains choix à faire et les ayant éprouvés pour eux-mêmes, même s'il leur manque les aspects directement liés au métier, et pour les formateurs, analysant les séances avec les étudiants. L'hypothèse supplémentaire d'une certaine cohérence entre les différents segments des formations, concernant particulièrement les formateurs, peut être avancée à ce sujet. Cela fait suite aussi aux formations des moniteurs organisées des années 1990 aux années 2010 pour les jeunes collègues qui allaient possiblement devenir maîtres de conférences. C'est aujourd'hui approfondi avec les travaux sur la pédagogie universitaire, autre aspect de ce qui précède (non cités ci-dessous, cf. BRIDOUX & al. 2023).

Conclusion : de nouvelles questions

Une première difficulté s'élève quand il s'agit de mettre en œuvre le principe défendu ci-dessus : c'est cette nécessité d'un temps long évoquée à plusieurs reprises, et d'ailleurs mis en place dans l'exemple. Or souvent les formations professionnelles sont très limitées. Comment faire ?

Les dispositifs de recherches collaboratives sont-ils des solutions, si on leur associe une diffusion locale ? Les formations de formateurs peuvent aussi être suggérées comme pouvant « démultiplier » ce que nous défendons, mais demandent un temps long…

Une autre question importante, plus théorique, est celle de l'évolution des pratiques, des renoncements[25] ou nouveaux engagements, du poids de l'expérience (qui remplace de fait l'expérimentation des premières années) avec les naturalisations qui risquent de s'installer, du découragement aussi suite à la dégradation des conditions de travail (HOROKS & ROBERT,

[24] Cela peut évoquer le travail des PLC2 « avec filet » dans des classes dont ils n'ont pas la responsabilité.

[25] On peut penser à l'obsolescence décrite par Chevallard

copyrigth©2025neuroMATH – Grupo de Pesquisa/CNPq/IFS

2024, pages 303-308).

De plus les évolutions à la fois institutionnelles et sociétales amènent à devoir toujours s'adapter à de nouvelles contraintes et à de nouvelles ressources.

Nous suggérons de travailler à partir de ce qui est dégagé ci-dessus pour élaborer des réponses adaptées aux questions des formations et des conditions de travail à mettre en place pour garder le cap du pari du sens.

RÉFÉRENCES

ABBOUD-BLANCHARD, M.; ROBERT A. **Strategies for training mathematics teachers – the first step, training the trainers.** In Vandebrouck F. (Ed) Mathematics classrooms, students activities and teachers'Practices**,** p. 229-246, Sense publishers, 2012.

ABBOUD, M. ROBERT, A. Former des formateurs d'enseignants de mathématiques du secondaire : un besoin, une expérience et une question d'actualité, **Annales de didactique et de sciences cognitives**, n.20, p.181-206, 2015.

ABBOUD M., ROBERT A., ROGALSKI J. Educating mathematics teacher educators. The transposition of didactical research and the development of researchers and teacher educators. In K. Beswick & O. Chapman (dir.), **The Mathematics Teacher Educator as a Developing Professional: Vol. 4 of The International Handbook of Mathematics Teacher Education**, (p.131-156), Sense Publisher, 2020.

ABBOUD, M., ROBERT, A., ROGALSKI. J. Interroger les pratiques de formation des professeurs de mathématiques : orientations de recherche et perspectives (un agenda). **Annales de didactique et de sciences cognitives**, numéro thématique « Les pratiques de formation à l'enseignement des mathématiques. Une approche par la recherche en didactique », *1*, 261-285, 2022.

ALLARD, C. & BOUTRAIS, M. (2022) Gestes professionnels et exercice de la vigilance didactique : le cas d'une enseignante expérimentée, **Revue française de pédagogie**, 216, 5-22, 2022.

ASSELAIN-MISSENARD, C. & ROBERT, A. Formation des enseignants : pas de GPS, **Bulletin de l'APM,** 489, 432-446, 2010a.

BROUSSEAU, G. Théorie des situations didactiques ; **Textes rassemblés et préparés par** Nicolas Balacheff, Martin Cooper, Rosamund Sutherland, Virginia Warfield. Grenoble : la pensée sauvage, 1970-1990.

BRIDOUX, S. GRENIER-BOLEY, N., LENINGER FREZAL, C. **Les recherches en pédagogie universitaire** ISTE, 2023.

BAUTIER, E. & GOIGOUX, R. Difficultés d'apprentissage, processus de secondarisation et pratiques enseignantes : une hypothèse relationnelle. **Revue française de pédagogie**, 148, 89-100, 2004.

BUTLEN, D. & PEZARD, M. Étapes intermédiaires dans le processus de conceptualisation en mathématiques. **Recherches en didactiques des mathématiques**, 23(1), 41-78, 2003.

CERCLE, V., CHESNAIS, A., NYSSEN, L.. Le repérage au collège et au lycée : des enjeux d'apprentissage au croisement des cadres numérique, géométrique, algébrique et fonctionnel (première partie), **Petit x**, 113, pp. 59 à 88. https://irem.univ-grenoble-alpes.fr/medias/fichier/113x4_1633083537539-pdf, 2020.

CHAPPET- PARIES, M. & ROBERT, A. Séances de formation d'enseignants de mathématiques (collège et lycée) utilisant les vidéos – exemples, ***Petit x,*** 86, 45-77, 2011.

copyrigth©2025neuroMATH – Grupo de Pesquisa/CNPq/IFS

CHAPPET-PARIES, M. & ROBERT A. Introduire le théorème de Thalès en troisième. Quel appui sur le travail des élèves ? **Cahiers du laboratoire de didactique André Revuz**, 24, Irem de Paris, 2022.

CHARLES-PEZARD, M. Installer la paix scolaire, exercer une vigilance didactique. **Recherches En Didactique Des Mathématiques**, *30*(2), 197–261. https://revue-rdm.com/2010/installer-la-paix-scolaire-exercer/, 2010

CHESNAIS, A. L'enseignement de la symétrie orthogonale en sixième : des contraintes, des ressources et des choix. **Recherches En Didactique Des Mathématiques**, 32(2), 229–278. https://revue-rdm.com/2012/l-enseignement-de-la-symetrie/, 2012.

CHESNAIS, A. Différenciation dans le processus d'enseignement-apprentissage en mathématiques en éducation prioritaire et ailleurs. **Revue Française de Pédagogie**, 188, 63-73, 2014.

CHESNAIS, A. L'apport d'un point de vue de didactique des mathématiques sur la question des inégalités scolaires. **Éducation & Didactique,** Presses Universitaires de Rennes, 14-1, pp.49-79, 2020.

CHESNAIS, A. & MATHE, A.-C. Construire les objets élémentaires de la géométrie, de l'école au lycée : une cohérence possible ? **Conférence au XXVème colloque de la COmission de Recherche sur la Formation des Enseignants de Mathématiques** (Bordeaux, 11 et 12 juin 2018). https://docplayer.fr/86565769-Construire-les-objets-elementaires-de-la-geometrie-de-l-ecole-au-lycee-une-coherence-possible.html, 2018.

CHESNAIS, A. & COULANGE, L. Rôle du langage verbal dans l'apprentissage et l'enseignement des mathématiques. Synthèse et perspectives en didactique des mathématiques, **Revue française de pédagogie,** *214*, 85-121. http://journals.openedition.org/rfp/11357 ; DOI : https://doi.org/10.4000/rfp.11357, 2022.

CHESNAIS, A., DESTRIBATS, A., DELAMARRE, A., LAHMOUCHE, N., LEFORT, J. et BEJAUD, M. Mieux faire apprendre tous les élèves en prenant en charge des objets transparents et des enjeux langagiers : un exemple avec la notion de distance, en lien avec le concept de cercle, **Revue Mathématiques Ecoles,** 240, 55-68, 2023.

CHESNAIS, A., LEBLANC, S. et CONSTANTIN, C. (à paraître). Etudier le développement professionnel d'enseignant.e.s accompagné.e.s par des didacticiennes au sein de dispositifs collaboratifs : regards croisés en didactique en analyse de l'activité. A paraître dans la revue **Questions vives** dans le cadre d'un numéro thématique sur l'accompagnement.

CHENAIS, A., HOROKS, J., ROBERT, A., et ROGALSKI, J. Teacher telling in the mathematics classroom: A microlevel study of the dynamics between general and contextualized knowledge. **McGill Journal of Education / Revue Des Sciences De l'éducation De McGill**, 57(2), 115-136. Retrieved from https://mje.mcgill.ca/article/view/9907, 2022.

CHESNE, J.F., PARIES, M., ROBERT, A. « Partir des pratiques » en formation professionnelle des enseignants de mathématiques des lycées et collèges. ***Petit x***, 80, 2009.

COULANGE, L., ROBERT, A. Les mathématiques dans les activités du professeur - conséquences pour la formation. **Actes du Colloque EMF**, p. 81-94, 2015.

CHEVALLARD, Y. Les programmes et la transposition didactique illusions, contraintes et possibles ? **Bulletin APMEP**, 352, 1986.

copyrigth©2025neuroMATH – Grupo de Pesquisa/CNPq/IFS

DEBLOIS, L. & ROBERT, A. Avancées et nouvelles questions sur les pratiques de formation en enseignement des mathématiques. **Annales de didactique et de sciences cognitives**, numéro thématique « Les pratiques de formation à l'enseignement des mathématiques. Une approche par la recherche en didactique », 1, 377-405, 2022.

DORIER, J. L., GUEUDET, G., Peltier, M. L., ROBERT, A., RODITI, E. **Enseigner les mathématiques, didactique et enjeux d'apprentissage**. Belin, 2018.

DOUADY, R. Jeu de cadres et dialectique outil objet, **Recherches en Didactique des Mathématiques,** 7(2), 5–31, 1986.

DUMAIL, A. La racine carrée en 3ème – des enseignements aux apprentissages. **Cahier de Didirem n°57.** Irem de Paris, 2007.

DUVAL, R. Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. **Annales de Didactique et de Sciences Cognitives.** IREM de Strasbourg, 1993. https://mathinfo.unistra.fr/websites/math-info/irem/Publications/Annales_didactique/vol_05/adsc5_1993-003.pdf

DUVAL, R. Les conditions cognitives de l'apprentissage de la géométrie : développement de la visualisation, différenciation des raisonnements et coordination de leurs fonctionnements. **Annales de didactique et sciences cognitives,** 10, 5 – 53, 2005.

GALPERINE, P. Essai sur la formation par étapes des actions et des concepts. Dans A. Leontiev, A. Luria et A. Smirnov (dir.), **Recherches psychologiques en URSS** (p. 114-132). Editions du Progrès, 1966.

GRENIER-BOLEY, N., ROBERT, A. How can university mathematics overcome Klein's second discontinuity? Specific course design. **ZDM – Mathematics Education**, 2024. https://doi.org/10.1007/s11858-024-01604-9.

HOROKS, J. Les triangles semblables en classe de seconde : de l'enseignement aux apprentissages. **Recherches en Didactique des Mathématiques,** *28*(3), 379–416. https://revue-rdm.com/2008/les-triangles-semblables-en-classe/Cite, 2008.

HOROKS, J., ROBERT, A. **Zooms sur la classe de mathématiques : (se) former au métier d'enseignant de mathématiques du second degré à partir d'analyses de pratiques**. Besançon : Presses universitaires de Franche-Comté, 2024.

HOROKS, J., ROBERT, A. Analyses de tâches, relief, méthodes, ... : quelle migration des recherches aux pratiques ? **Actes Corfem**, 2024.

LEONTIEV, A. **Activité, Conscience, Personnalité.** Moscou : Editions du Progrès (1re édition, 1975, en russe), 1984.

MARGOLINAS, C. & LAPARRA, M. « Des savoirs transparents dans le travail des professeurs à l'école primaire ». In J. Y. Rochex et J. Crinon (Eds.), **La construction des inégalités scolaires.** Rennes : PUR, p. 19-32, 2011.

MASSELOT, P. & ROBERT, A. Le rôle des organisateurs dans nos analyses didactiques de professeurs enseignant les mathématiques. **Recherche et formation**, 56, 15-32, 2007.

PELTIER-BARBIER, M. L. (Ed.) **Dur d'enseigner en ZEP.** Grenoble : la pensée sauvage, 2004.

PERRENOUD, Ph. **La formation des enseignants entre théorie et pratique,** Paris, L'Harmattan, 1994.

copyrigth©2025neuroMATH – Grupo de Pesquisa/CNPq/IFS

PERRIN-GLORIAN, M. J. Questions didactiques soulevées à partir de l'enseignement des mathématiques dans des classes « faibles ». **Recherches en didactique des mathématiques**, 12, 5-118, 1993.

ROBERT, A. Professeurs de mathématiques de collège et lycée : formation professionnelle initiale, ou comment désaltérer qui n'a pas soif ? **Document de formation vert 14**. IREM de Paris, 1995.

ROBERT, A. Outils d'analyses des contenus mathématiques à enseigner au lycée et à l'université, **Recherches en didactique des mathématiques,** 18, 2 pp. 139-190, 1998.

ROBERT, A. De l'idéal didactique aux déroulements réels en classe de mathématiques : le didactiquement correct, un enjeu de la formation des (futurs) enseignants (en collège et en lycée), **Didaskalia n°22,** 99-116, 2003b.

ROBERT, A. Un point de vue sur les spécificités du travail géométrique des élèves à partir de la quatrième : l'organisation des connaissances en niveaux de conceptualisation. **Petit x n°63**, *7*-29, 2003a.

ROBERT, A. Une analyse de séance de mathématiques au collège à partir d'une vidéo filmée en classe. La question des alternatives dans les pratiques d'enseignants, perspectives en formation d'enseignants., **Petit x n°65** 52-79, 2004.

ROBERT, A. Deux exemples d'activités en formation d'enseignants de mathématiques du second degré. **Petit x n°67**, 63-76, 2005b.

ROBERT, A. Stabilité des pratiques des enseignants de mathématiques (second degré) : une hypothèse des inférences en formation**, Recherches en Didactique des Mathématiques**, 27/3, 271-312, 2007.

ROBERT, A. La double approche didactique et ergonomique pour l'analyse des pratiques d'enseignants de mathématiques, in In Vandebrouck F. Ed (2008) **La classe de mathématiques : activités d'élèves, pratiques des enseignants**, Partie 1, 59-69. Toulouse : Octarès (traduit en anglaise en 2012).

ROBERT, A., DESQ, J., JOYEUX, B., TERREE, N. Scénarios de formation des enseignants de mathématiques du second degré, un zoom sur l'utilisation de vidéo en formation ; un exemple de formation. **Document de formation bleu 4 et 4bis**. IREM de Paris, 2004.

ROBERT, A., PENNINCKX, J., LATTUATI, M. **Une caméra au fond de la classe, (se) former au métier d'enseignant de mathématiques du second degré à partir d'analyses de vidéos de séances de classe.** Besançon : Presses universitaires de Franche-Comté, 2012.

ROBERT, A., PILORGE, F., CHAPPET PARIES, M. Un scénario de formation de formateurs : les activités d'introduction, les moments d'exposition des connaissances et les capsules pour la classe inversée, s'appuyant sur le thème « sens de variation des fonctions » en seconde. **Document de formation bleu 16**. Irem de Paris, 2017.

ROBERT, A. & ROGALSKI, J. 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**, vol 2, 4, 505-528, 2002.

ROBERT, A. & ROGALSKI, J. A cross-analysis of the mathematics teacher's activity. An example in a French 10th-grade class, **Educational Studies of Mathematics**, 59,1, 269-298, 2005.

copyrigth©2025neuroMATH – Grupo de Pesquisa/CNPq/IFS

ROBERT, A. & ROGALSKI, J. De l'analyse de l'activité de l'enseignant à la formation des formateurs. Le cas de l'enseignement des mathématiques dans le secondaire, in Lussi-Borer V., Durand M. et Yvon F**. Analyse du travail et formation dans les métiers de l'éducation.** Editeur : De Boeck Supérieur, 2015.

ROBERT, A. & VANDEBROUCK, F. Proximités discursives entre le discours de l'enseignant et les activités des élèves pendant le cours : l'exemple de l'introduction de la définition formalisée du sens de variation des fonctions, **Revue québécoise de didactique des mathématiques, Numéro thématique 1** (Tome 2), 106–143, 2023.

ROBERT, A. & VIVIER, L. Analyser des vidéos sur les pratiques des enseignants du second degré en mathématiques : des utilisations contrastées en recherche en didactique et en formation de formateurs – quelle transposition ? **Éducation et didactique**, 7-2 115-144, 2013.

ROCHEX, J.Y. & CRINON J. **La construction des inégalités scolaires. Au cœur des pratiques et des dispositifs d'enseignement.** Rennes : Presses Universitaires de Rennes, 2011.

RODITI, E. Régularité et variabilité des pratiques ordinaires d'enseignement. Le cas de la multiplication des nombres décimaux en sixième**. Recherches en Didactique Des Mathématiques,** *23*(2), 183–216. https://revue-rdm.com/2003/regularite-et-variabilite-des, 2003.

ROGALSKI, J. Mise en regard des théories de Piaget et Vygostki sur le développement e l'apprentissage – L'apport complémentaire du cadre théorique de G. vergnaud. In Vandebrouck (ed.) **La classe de mathématique : activité des élèves et pratiques des enseignants**, pp 429-447. Toulouse : Éditions Octarès, 2008.

SEVE, C., ROBERT, A., ABBOUD-BLANCHARD, M., VINATIER, I., ORANGE, C. Des cadres pour penser l'activité des débutants. **Recherches en éducation,** Hors série n°9, 9-23, 2016.

VANDEBROUCK, F. (dir.). **La classe de mathématique : activité des élèves et pratiques des enseignants.** Toulouse : Éditions Octarès, 2008.

VANDEBROUCK, F. (dir.).. **Mathematics classrooms: students' activities and teachers'practices.** Sense Publishers, 2013.

VANDEBROUCK, F. & Robert A. Activités mathématiques des élèves avec des technologies, **Recherche en didactique des mathématiques**, *37*(2-3), 333-382, 2017.

VERGNAUD, G. La théorie des champs conceptuels. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, *10(2-3)*, 133-169, 1991.

VERGNAUD, G. Au fond de l'action, la conceptualisation in Barbier J.M. (ed) *Savoirs théoriques et savoirs d'action*, pp 275-292. Paris : Puf, 1996.

VYGOTSKI, L. **Pensée et langage**. Paris : Éditions La Dispute. Ouvrage original publié en 1934, 1934/1997.

copyrigth©2025neuroMATH – Grupo de Pesquisa/CNPq/IFS