SEANCES DE FORMATION D'ENSEIGNANTS DE MATHEMATIQUES (COLLEGE ET LYCEE) UTILISANT DES VIDEOS – EXEMPLES[1]

Monique CHAPPET-PARIES, Aline ROBERT
Laboratoire de didactique André Revuz, Université Paris-Diderot, IUFM de Versailles-UCP

Résumé – Dans cet article, après avoir présenté certaines questions générales sur les formations d'enseignants, renouvelées dans le cadre de la mastérisation, nous signalons différents points de vue de didacticiens en France. Nous développons ensuite notre propre démarche en citant nos hypothèses actuelles sur les formations, encore en chantier, et nous détaillons certains de nos choix de contenus et de modalités de formation (notamment initiale). Nous dégageons en particulier l'intérêt de séances de formation où sont exploités, selon certaines modalités précises, des extraits de vidéos tournées en classe. Deux exemples, s'inscrivant directement dans cette démarche, permettent d'illustrer différents déroulements possibles de séances de formation ainsi conçues à partir d'un visionnement. En conclusion, nous ouvrons une discussion et des perspectives.

Cet article prolonge l'article sur les formations « Partir des pratiques » (Chesné et *al*, 2009) paru dans *Petit x* 80, et s'inscrit aussi dans la suite du premier article (Robert et al., 2007) paru dans *Petit x* 74, qui dégage différentes offres de formation, à partir de résultats de certaines recherches sur les pratiques. Nous précisons ici à la fois comment des séances conçues autour de visionnements d'extraits de vidéos tournées en classe peuvent se dérouler et comment elles s'inscrivent dans une offre de formation particulière, pour laquelle est indiqué l'ensemble de la démarche qui y a conduit. Ces séances peuvent être menées en formation initiale ou avec des formateurs (en formation) – les vidéos sur lesquelles nous nous appuyons ont été utilisées plusieurs fois mais ce n'est pas une séance effective que nous décrivons, notamment dans la mesure où nous ne disposons pas des indicateurs permettant de remonter aux pratiques éventuellement enrichies par ces formations. De plus, pour les débutants, qui nous intéressent au premier chef, les pratiques sont transitoires et nous ne pensons pas raisonnable d'attribuer les évolutions, qui ont toujours lieu les premières années, à tel ou tel segment isolé de la formation.

Il faut ajouter que, selon le public, les déroulements sont différents, peut-être encore plus que dans les classes – la présence d'un « redoublant » ou d'un collègue en reconversion peut considérablement modifier le déclenchement des interventions par exemple en formation initiale.

Le niveau de détail qu'on peut atteindre dans les analyses varie aussi notablement en relation avec l'expérience des participants – s'ils sont au début de leur formation, on en dira beaucoup moins que s'ils sont en fin de parcours, car alors ils sont perméables à plus de choses, réceptifs à plus de généralisations…

[1]Ce texte est déjà paru dans la revue *Petit x, 86*.

Introduction : un contexte particulier, une question toujours difficile, des points de départ différents

Le contexte est particulier, puisque nous devons faire face à un renouvellement des dispositifs globaux de formation des débutants et à une réduction des formations continues ; les séances, que nous décrivons ici de manière générique, ne peuvent représenter quoi qu'il en soit qu'une partie de la formation des enseignants de mathématiques (collège et lycée), et doivent être complétées de diverses manières, aussi bien pour les mathématiques qu'en termes de formation générale. Elles pouvaient jusqu'alors se placer en PLC2, cette année où les futurs enseignants lauréats de la partie théorique des concours de recrutement exerçaient en responsabilité dans deux classes seulement. Ils étaient pris en charge à ce niveau par un professeur expérimenté servant de tuteur, et devaient compléter par deux jours par semaine de formation en séances collectives. A l'heure actuelle nous avons suggéré que ce type de séances peut être aménagé par exemple dans une UE d'un master enseignement organisée autour d'un stage (Chappet-Pariès, Lévi & Robert, 2010) – avec sans doute une portée différente.

Quel que soit le schéma général des formations, des questions ne peuvent manquer de se poser : dans quel ordre les organiser par rapport aux besoins ? A quel moment, avec quelle durée ? Avec quel découpage, local, global ? Quelles hiérarchies ?

Est-ce qu'un savoir professionnel amorcé, provoqué par un questionnement issu des pratiques et développé ensuite, peut être intégré aux pratiques ? Réciproquement est-ce qu'un savoir professionnel dispensé avant tout passage sur le terrain, présentant des « ingrédients » qui auront à être recomposés dans les pratiques peut être approprié à cet effet ? Des questions de posture se posent : dans quelle mesure des activités que des étudiants peuvent apprécier pendant leurs études sont-elles transférables et susceptibles d'alimenter des choix d'enseignants pour mettre au point des activités pour leurs élèves ?

Comment installer la nécessaire cohérence, interne à chaque enseignant, entre les pratiques en classe, les accompagnements éventuels sur le terrain, les préparations extérieures ? Quand aborder le problème de l'enseignement aux élèves défavorisés – seulement quand il se pose, ou avant ? Comment éviter de minorer les éléments de différenciation entre élèves en amont de la classe pour ne considérer que les compensations possibles en mathématiques (remédiations) ? La démarche que nous développons ici donne un exemple de réponses à ce type de questions, comme on le verra.

Mais il manque à toutes les réflexions un cran essentiel : l'évaluation. Comme nous l'avons déjà suggéré, il y a là un chantier extrêmement difficile, qui met en jeu formateurs, formations, enseignants, élèves, que nous n'avons pas vraiment abordé dans le second degré – les premières thèses menées dans le premier degré ont confirmé la complexité de la chose (Masselot, 2000 ; Vergnes, 2001 ; Ngono, 2003).

La question des formations d'enseignants (mathématiques et autres) est difficile et, par-delà les différentes positions des didacticiens évoquées ci-dessous, différents points de vue généraux sont développés pour l'aborder, y compris dans des recherches internationales. Ainsi, dès qu'on cherche à ne pas rester dans le pragmatisme initial (faute de mieux), on n'échappe pas au questionnement suivant, sur l'essence même de ce qui est en jeu : former à quoi ? Doit-on convoquer des savoirs, différenciés, comme dans les recherches anglo-saxonnes dans la lignée de Shulman (1986), de plus en plus détaillés par Ball et *al* (2009) notamment, doit-on y inclure explicitement les savoirs didactiques, doit-on réfléchir, de manière complémentaire ou non, en termes d'activités, ou encore en termes de gestes professionnels (Butlen et *al*, 2008), ou bien en convoquant les concepts pragmatiques des ergonomes, qui leur servent à analyser les sujets dans des situations de travail (Pastré, 2002 ; Samurçay & Pastré, 1995 ; Vidal & Rogalski, 2009) ? Faut-il évoquer des schèmes, des invariants ou encore autre chose, des compétences par exemple ?

Les recherches en didactique des mathématiques en France proposent différentes manières de comprendre « ce qu'il y a à comprendre » dans les relations entre enseignement et apprentissage d'un contenu donné et différents moyens pour y parvenir. Sont en jeu les découpages de la réalité adoptés par les chercheurs, les nécessaires simplifications choisies, la nature des relations à établir entre les variables retenues (implications et/ou boucles de rétroactions), les éventuelles hiérarchies qui sont dégagées et cela met en jeu des conceptions générales de la didactique. Ces recherches engendrent différentes transpositions, plus ou moins explicitées, vers le « comprendre pour agir » qui intéresse les enseignants, et qui peut inspirer les formations. Différents articles de cette revue s'en font l'écho, ce qui motive les lignes qui suivent (trop rapides).

Ainsi certains chercheurs, dans la lignée de Brousseau (1998) ou de Douady (1986) et pour le dire très rapidement, ont recours à une modélisation précise pour comprendre et dégager aussi bien le potentiel d'apprentissage des situations (Théorie des Situations Didactiques, Dialectique outils/objets) que ce qui peut se passer dans des situations ordinaires – on conçoit que la transmission de ces modèles organise leurs propositions de formation, que ce soit en faisant expérimenter aux débutants eux-mêmes des situations particulièrement propices ou autrement (Bloch & *al*, 2005). Notons que le point de vue est celui de situations génériques, où enseignant et élèves occupent des places marquées, remplissent leur fonction, sans que leur singularité intervienne. Les formations misent souvent sur un certain transfert de situations « exemplaires » proposées aux participants comme étudiants et explicitées à des situations analogues à proposer à leurs (futurs) élèves (ce sont des cas particuliers de stratégies d'homologie (Kuzniak, 1994 ; Bloch, 2005).

D'autres, autour de Chevallard (2010), s'inspirent de théories universelles de l'activité humaine pour aborder le système éducatif lui-même (Théorie Anthropologique du Didactique), permettant de découvrir des grandes régularités en ce qui concerne les mathématiques enseignées et de mettre en évidence des leviers réels ; leur formation veut doter les enseignants de ces outils, en quelque sorte préalables à l'exercice du métier, notamment en ce qui concerne l'organisation des mathématiques à enseigner et de leur enseignement (cf. praxéologies mathématiques et didactiques, Matheron & Noirfalise, 2007). Là encore les sujets n'interviennent pas en tant que tels dans les descriptions, mais comme assujettis à différentes institutions. Le choix correspondant, différent du nôtre, est de partir d'un domaine à enseigner ou d'un chapitre et d'étudier successivement les notions en jeu et les organisations mathématiques correspondantes, de dégager une situation fondamentale, de passer en revue les difficultés des élèves, d'envisager un scénario, pour en arriver (ou non) aux séances réelles. D'une certaine manière nous refusons pour notre part cette forme de « monumentalisme » dans les formations.

Pour d'autres, prolongeant les travaux précédents, il s'agit de dégager « le didactique », on pourrait dire de définir, de travailler l'ordre du didactique (Sensévy et *al*, 2007) – en précisant ce qui est à comprendre dans tout phénomène d'enseignement –

apprentissage, à spécifier par les contenus ensuite. C'est l'action conjointe des élèves et des enseignants, au centre des phénomènes étudiés, qui organise les formations.

Certains dont nous sommes, à la suite de Vergnaud (2002) notamment, se centrent sur les élèves en train d'apprendre, les apprentissages sont référés à des niveaux de conceptualisation et l'enseignement est analysé sous l'angle des activités que les enseignants provoquent. Ce sont ces activités des élèves qui sont retenues comme constitutives de la conceptualisation visée. Celle-ci se caractérise par l'acquisition de la disponibilité des notions enseignées, tant objets qu'outils (en référence au champ de problèmes concernés), et leur réorganisation dans l'ensemble du paysage mathématique déjà acquis. Les activités correspondantes des enseignants sont objets des formations, plus tournées que les précédentes vers les sujets en situation (cf. théorie de l'Activité, Rogalski, 2008 ; Robert, 2008), et comprenant la prise en compte des diversités individuelles (Lenfant, 2002 ; Mangiante, 2007).

Quoi qu'il en soit, ces recherches et leurs résultats ne recouvrent pas tous les besoins des professeurs, ne répondent pas à tous leurs questionnements, – ni sur le plan des mathématiques, ni sur le plan général. Nous présentons ici notre propre point de vue, issu de nos recherches sur les pratiques et la démarche, dont nous reconnaissons le caractère partiel, que nous adoptons en formation. Nos hypothèses actuelles, qui justifient ces choix, et qui sont encore en chantier, sont dégagées. Nous illustrons l'ensemble par deux exemples.

1. Notre point de départ - Enseigner : un travail complexe, à former

1.1. Un résumé de nos recherches sur les pratiques à l'origine de la démarche

Ces recherches sont inscrites dans la théorie de l'Activité qui inspire déjà nos travaux sur les apprentissages des élèves. Ainsi cherchons-nous à caractériser les activités des enseignants – tout comme pour les élèves nous centrons nos analyses sur leurs activités mathématiques, considérées comme légitimes pour nous renseigner, même si cela reste partiel, sur leurs apprentissages, référés à leur conceptualisation.

Nos premiers travaux, sur la diversité des pratiques notamment, nous ont conduites à poser, avec J. Rogalski, que la seule référence aux objectifs en terme d'apprentissages d'élèves ne permettait pas de rendre suffisamment compte des analyses réalisées, des différences ou des écarts entre enseignants, et entre enseignants et didacticiens. Aussi avons-nous élaboré ce qu'on a appelé « la double approche » des pratiques : un cadrage théorique croisant didactique et ergonomie et permettant d'intégrer aux analyses la complexité des pratiques, en imbriquant

- des composantes décrivant les activités proposées aux élèves, reliées aux apprentissages, en termes de contenus mathématiques et de gestion de classe
- et des composantes liées aux déterminants et contraintes du métier (institutionnels, sociaux, personnels).

Nos premières analyses ont été reprises et interprétées dans ce nouveau cadrage pour mieux comprendre les difficultés et les évolutions éventuelles des pratiques (cf. ci-dessous).

Les premiers résultats ont ainsi révélé des régularités dans les pratiques individuelles en terme de champ mathématique abordé, qui est souvent bien circonscrit par les programmes (Roditi, 2005 ; Horoks, 2008), ce qui indique l'importance de ce type de contraintes ; on a vu que les marges de manœuvre investies par les enseignants concernaient des choix plus fins de contenus et de gestion (Horoks, 2008 ; Chesnais, 2009) ; on a aussi commencé à illustrer la stabilité des pratiques des enseignants expérimentés (en régime de croisière), qui semble concerner d'abord la gestion de la classe, en termes d'automatismes, de routines, de choix et de décisions avant la classe et surtout en classe (Robert, 2007). Il serait ainsi plus facile, pour un enseignant donné, de changer les contenus à enseigner que les modes de gestion. Cela permet d'interpréter aussi certaines difficultés de diffusion des travaux issus de recherches en didactique, qui demandent des gestions particulières, pas nécessairement habituelles aux enseignants qui s'y réfèrent (d'où leur réticences), ou encore des difficultés d'installation de pratiques régulières intégrant les TICE, devant être associées à des déroulements (usages) inhabituels (Blanchard et *al*, 2008 ; Haspekian, 2005 ; Lagrange et *al*, 2003). Cela peut majorer l'importance des formations initiales.

1.2. Nos hypothèses sur la formation : encore en chantier

1.2.1. Une posture générale de chercheur : apprendre des professeurs, apprendre aux professeurs, pour passer d'un « comprendre » à « un comprendre pour agir » et pour transposer nos recherches

Nous avons travaillé le passage entre notre « comprendre » de didacticien et le « comprendre pour agir » qui intéresse les enseignants et les formateurs – même si les deux ne se recouvrent pas exactement. Inspirée par notre cadre théorique, cette conversion, pour tenir compte de la complexité, consiste notamment à dégager des variables précises, pouvant avoir une influence sur les activités des élèves et accessibles directement aux enseignants, en termes de choix, d'actions et de décisions quotidiennes ou plus globales. On pourrait évoquer un « comprendre l'agir » de l'enseignant, intermédiaire « opérationnalisable ». Les variables en jeu concernent ainsi directement le travail de l'enseignant, en incluant une part de la complexité, sans jamais bien sûr jouer le rôle d'un GPS (Asselain et Robert, 2010), impossible à concevoir dans ce métier. Il y a une certaine analogie avec la didactique professionnelle préconisée par Butlen et *al* (2008).

Nous devons donc d'abord présenter notre conception de ce travail de l'enseignant avant d'énoncer les hypothèses générales de formation, toujours issues de la théorie de l'Activité, sur lesquelles nous nous appuyons.

1.2.2. Retour sur le travail de l'enseignant que nous cherchons à former

Ce travail de l'enseignant provoque (en grande partie) les activités mathématiques des élèves et c'est à ce titre qu'il nous intéresse, c'est pour nous l'objet des formations dites professionnelles qui nous occupe. Le travail (hors classe), dans l'établissement, en formation, n'est pas pris en compte ici.

Nos recherches précédentes nous apprennent l'importance du fait que ce travail est contraint – par l'institution (programmes, horaires, établissement), socialement (élèves, collègues, parents) ; par ailleurs il est déterminé en partie par les ressources individuelles, dont les expériences et les connaissances, les ressources collectives (manuels) et dépend étroitement des conceptions propres de chaque enseignant

Comme les pratiques dont il constitue une partie, ce travail est complexe – une modification d'une composante amène une modification de l'ensemble.

Il intervient dans différents lieux et à différents moments, sans qu'il y ait complète indépendance de ces phases. Le travail de préparation est ainsi marqué par la traduction d'un projet global, mathématique et par l'anticipation de sa mise en actes, avec des prévisions d'adaptations. Il se poursuit par le travail en classe, avec de continuelles improvisations à partir des préparations.

Plusieurs objectifs, eux aussi à la fois liés et en partie indépendants, sont présents, notamment le fait que la classe tourne, que les élèves réussissent, qu'ils apprennent. Il s'agit des réponses des enseignants à plusieurs cahiers des charges de leur métier, éventuellement contradictoires. Une classe doit tourner par exemple mais elle peut tourner sans apprentissages, ce qui n'est pas le but recherché ; cela dit, sans un certain niveau de paix sociale, il n'y aura pas non plus d'apprentissages. Les recherches actuelles menées sur les formations des PE débutants ont dégagé ainsi les dimensions de paix scolaire et de vigilance didactique pour rendre compte de ces intrications (Charles-Pezard, 2010).

Qui plus est, l'évaluation de ce travail de l'enseignant est indirecte, médiatisée. On ne peut pas en connaître directement, complètement les effets sur les apprentissages des élèves.

Enfin, le travail de l'enseignant met en jeu plusieurs niveaux d'activités qui interfèrent, de manière cohérente chez les enseignants expérimentés, « global » (projet et conceptions), « local » (gestion en classe, au quotidien), et « micro » (automatismes, routines). On retrouve dans l'imbrication de ces niveaux la complexité déjà évoquée.

Reprenant cette description, on peut estimer qu'un des problèmes importants des débutants est la surcharge du niveau local – ils n'ont pas d'automatismes sur lesquels s'appuyer, pour se mettre de temps en temps en roue libre, ni suffisamment de représentations globales des objectifs mathématiques.

1.2.3. Nos hypothèses actuelles sur le développement des pratiques (installation et ou enrichissement)

Plusieurs idées sont apparues ou ont été renforcées, qui n'ont pas eu le temps d'être soumises à des recherches effectives, mais qui sont directement inspirées des travaux précédents. La première hypothèse admise, non spécifique à la profession d'enseignant, est l'importance de « partir des pratiques » pour former des pratiques (cf. théorie de l'Activité) – cela implique l'appui sur les besoins ressentis par les enseignants dans leur pratiques, quitte à les faire évoluer, et/ou la recherche d'une proximité à installer en formation avec la posture professionnelle en jeu ou même avec le « vécu ». C'est ce qui est tenté dans le segment de formation présenté ici. Le point de départ en est l'étude de séances de classe de mathématiques ayant eu lieu, dans toute leur complexité, même si cela reste local. Cela peut se réaliser par exemple par l'intermédiaire de vidéos tournées en classe. Les analyses de ces séances servent à ce que les participants questionnent le travail correspondant de l'enseignant, qu'ils peuvent apprécier en vraie grandeur, en se sentant concernés, et en associant étroitement les activités des élèves et les accompagnements de l'enseignant. C'est là qu'interviennent la spécificité de la profession et notre inscription théorique, tant pour les apprentissages que pour le développement des pratiques : elles se marquent dans le choix de faire analyser, dans ces séances les tâches proposées aux élèves et leur « devenir » en classe, sous l'angle des mathématiques en jeu. Ces études révèlent en effet, certes sur quelques tâches seulement, à la fois le travail de préparation de l'enseignant, puis ses activités pour faire travailler les élèves sur les tâches prévues et enfin les activités effectives des élèves, constitutives de leur apprentissage. Cela doit amener dans un deuxième temps à compléter ce qui a été vu et discuté, selon les questions qui ont émergé, que ce soit du côté des mathématiques, des programmes, des ressources et/ou de la composition des classes et autres contraintes sociales, en introduisant diversités et surtout alternatives. Cet élargissement est partie prenante du travail à partir des pratiques.

D'autres hypothèses complètent et précisent la précédente. Dans ce cadre, se dégage ainsi également l'importance que nous donnons en formation au collectif des participants, aux discussions, aux échanges, aux mutualisations, facilités par le partage d'un vocabulaire professionnel commun : ainsi est-il essentiel à nos yeux de mutualiser des « mots pour le dire » qui centrent l'attention sur ce qui est en jeu dans le travail de l'enseignant en classe et pour la classe ; ils permettent d'analyser les séances, d'exprimer des différences, ils autorisent des catégorisations, des généralisations, des élaborations ultérieures sur les problèmes qui divisent les enseignants par exemple, ils favorisent des mises à distance et des dépersonnalisations qui facilitent les retours sur ce qui s'est passé dans la classe de manière non culpabilisante. Les formateurs ont un rôle à jouer dans ce processus, pour ne pas utiliser trop tôt ce qui peut apparaître comme un « jargon », redouté des enseignants.

Nous insistons aussi sur l'importance de la prise en compte explicite des contraintes, y compris en partie extérieures aux professeurs, liées à l'institution, aux mathématiques à enseigner et aux conditions de travail (composition des classes, hétérogénéité). Cela amène à intégrer dès que possible (compte tenu des questions des participants) l'étude des programmes dans le travail de préparation des séances par exemple. Cela contribue aussi à ne pas essayer de faire adopter des séquences « idéales » mais qui seraient décalées par rapport aux programmes ou aux postures, rapports au savoir et langage des élèves concernés. Peuvent être abordés sous cet angle certains aspects des évaluations des élèves, notamment par compétences, même si les dernières injonctions ministérielles peuvent être questionnées.

En revanche et a contrario, nous accordons aussi beaucoup d'importance au travail explicite, jugé indispensable, sur les marges de manœuvre individuelles des enseignants. C'est à la fois un témoignage de notre souci théorique de la nécessité de tenir compte des diversités et d'adapter les ressources aux individus et de nos hypothèses sur le développement des pratiques jusqu'à la phase d'exécution. Il ne s'agit pas de donner des modèles (voire le modèle du formateur) mais de dégager les possibles, les ouvertures, les enrichissements, constitutifs du développement visé des pratiques, notamment à cause des nécessités d'adaptations ultérieures. En effet ce développement ne se limite pas à la compréhension de ce qui peut être en jeu, mais doit être associé à des actions de l'enseignant, à des mises en acte en classe, peut-être aussi à la possibilité de revenir après la classe à ce qui s'est passé. Le travail sur les alternatives de choix de contenus et de gestion, à organiser systématiquement à la fin des analyses de séances de classe, peut permettre de développer cette exploration.

Tout se passe comme si notre choix de modalités de formation pouvait amener les participants, grâce à cette proximité avec leur propre agir en situation, à mieux comprendre « l'agir enseignant », centré par nous sur les activités mathématiques des élèves en classe. Cette intelligibilité nouvelle, certes partielle, certes issue d'analyses locales à compléter, contribuerait à renouveler leur potentiel d'action, en se transformant en « comprendre pour agir » puis en agir, grâce notamment au dernier volet évoqué ci-dessus. Soulignons que c'est un accès à une « palette de possibles » qui est dégagée en formation, sans plus !

Encore une fois, l'« originalité » de ce point de vue, partagé par beaucoup d'autres chercheurs, est cette hypothèse de l'intérêt, pour le développement des pratiques enseignantes, de partir de questionnements et de prises de conscience locales, discutées collectivement, sur le travail effectif quotidien de l'enseignant, limité à l'échelle des séances de classe, en prenant en compte la complexité et les contraintes... D'une certaine manière nous faisons appel à une forme d'homologie-transposition, non sur des contenus mais sur la posture à adopter – notamment en termes de questionnements et de types d'activités à développer. Ce seraient les prises de conscience explicitées à partir d'exemples effectifs qui engendreraient des activités ultérieures enrichies, permises notamment par la prévision ces activités (cf. orientation de l'action). On retrouve ici l'inspiration théorique de la théorie de l'Activité.

Ainsi si le passage du local (la classe) au global (les projets mathématiques par exemple) n'est pas le premier objectif, il est déterminant à terme, d'où l'importance du temps long de la formation, pour avoir suffisamment rencontré de situations diverses qui se « recollent » et avoir complété le bagage précis des formés - dernière hypothèse fondamentale.

Pour les débutants il s'agit de surmonter et de dépasser la surcharge du niveau local, du quotidien et d'arriver, par petites touches, au global, aux projets, aux mises en relation de leurs mathématiques et de celles de leurs élèves ou à la prise en compte d'élèves différents. Pour les enseignants confirmés, il s'agit d'enrichir quelque chose de déjà très stable, et cela demande aussi de la confiance et du temps !

Cela dit, les séances conformes aux hypothèses exposées ici sont à compléter par d'autres segments de formation. Selon le public, un travail sur les mathématiques à enseigner, ou sur les élèves et leurs apprentissages est nécessaire, à la suite des premières séances. Si de même la gestion de la classe n'est pas considérée comme une dimension devant être travaillée séparément, d'autres formations, liées au terrain et à une personnalisation sans doute nécessaire, le font, et sans doute dans de meilleures conditions (cf. compagnonnage).

1.3. Le travail mathématique sur les tâches et les déroulements, les scénarios et le relief sur les notions à enseigner : quoi former ?

Notre ambition en formation est d'organiser un travail des participants conforme à nos hypothèses. Pour cela l'idée forte est d'imbriquer le plus possible le travail sur la préparation qui, de fait, doit tenir compte non seulement des mathématiques à enseigner mais aussi des déroulements passés et à venir, et la gestion en classe, à l'origine d'improvisations inévitables à partir des projets.

Il s'agit de faire réfléchir en même temps aux énoncés et à leurs déroulements, que ce soit pour étudier une tâche proposée en classe ou pour concevoir une tâche possible et adaptée. A cet effet, une analyse a priori est d'abord menée puis elle est mise en relation avec le déroulement effectif ou avec un déroulement qui permette de conserver tout le potentiel d'apprentissage prévu. Cela implique d'introduire rapidement des éléments pour analyser les énoncés – en faire une analyse de tâches (a priori). La recherche des connaissances à utiliser, anciennes ou nouvelles, indiquées ou non, est complétée par celle de leurs nécessaires adaptations éventuelles. Mises à part les applications immédiates des propriétés du cours, les autres tâches mathématiques recelées dans les énoncés sont complexes et mettent en jeu des reconnaissances de modalité d'application, et/ou l'introduction d'intermédiaires ou d'étapes ou de raisonnements, et /ou le mélange et les mises en relation de plusieurs aspects des connaissances (cadres, registres…) ou de questions antérieures, et/ou des choix (Robert, 2008) ; cela caractérise la richesse des activités ultérieures possibles des élèves. En fait les programmes sont implicitement présents dans ces analyses et leur méconnaissance est source d'erreurs, sources de formation.

Ces analyses amènent à revenir plus globalement, à un moment donné, sur les choix de scénarios, comme nous appelons l'ensemble des tâches proposées, dont nous travaillons la cohérence, la variété, et les dynamiques entre cours, exercices et adaptations attendues des connaissances des élèves. Mais dans ce travail nous imbriquons des aspects liés à la gestion, en particulier des prévisions de déroulement qui pondèrent les activités prévues des élèves. Par exemple, les moments de travail autonome sont prévus. Ce peut être l'occasion de développer l'intérêt du silence du professeur non seulement pour laisser travailler les élèves mais aussi pour repérer leur travail, l'objectif étant d'exploiter ensuite ce qu'ils ont fait. Cela débouche sur le fait de devoir souvent renoncer à dire tout ce qui avait été préparé, l'enseignant faisant ainsi ces deuils nécessaires, instantanés, si difficiles pour les débutants et si habituels pour l'enseignant expérimenté (dans le second degré).

S'inscrit enfin aussi le nécessaire travail sur le « relief » des notions à enseigner, sorte de panorama contrasté du paysage mathématique concerné, obtenu en croisant les aspects mathématiques (fonction des notions, histoire et épistémologie), les programmes et ce qu'ils autorisent, en termes d'objets, d'outils, de types de problèmes de raisonnements et de niveau de rigueur, de distance entre l'ancien, notions déjà rencontrées, et le nouveau à acquérir, et les difficultés répertoriées des élèves.

1.4. Comment former : des formations « à l'envers », partant des déroulements

La réflexion, précédente nous amène à être très vigilantes sur les modalités des formations. Nous proposons ainsi des formations « à l'envers », qui partent des pratiques, locales mais étudiées comme un tout, pour « remonter » ensuite à des questions plus globales qui orientent par exemple l'élaboration du projet et du scénario du professeur sur une notion. Ces séances de formation sont consacrées à l'étude des pratiques réelles (à partir de vidéos notamment, ou de simulations, de récits, de visites). Les analyses de tâches et de déroulements choisis par l'enseignant se concluent par une reconstitution des activités mathématiques des élèves enclenchées et le reste suit : diversités (marges de manœuvre), mises en relation avec les contraintes, relief et scénarios.

Une formation « à l'endroit » consisterait à suivre un ordre inverse de la reconstitution du relief sur les notions à enseigner et à la mise en place de déroulements.

L'initialisation par les déroulements en classe, précédés cependant de l'analyse des tâches en jeu, amène à introduire rapidement des outils pour les analyser :

- La nature, la forme du travail proposé aux élèves et les durées – travail individuel, en petits groupes, collectif, écrit, à la maison, travail de recherche, travail de rédaction -, le temps de silence de l'enseignant,
- L'enrôlement dans le travail, avec les transitions,
- Le repérage du travail des élèves, les questions, les relances, les aides

(intermédiaires, procédurales, constructives) et le maintien dans l'activité. Une aide a une fonction procédurale lorsqu'elle indique aux élèves une manière de faire contextualisée, et une fonction constructive quand elle peut ajouter quelque chose au travail effectif de l'élève, plus général ou plus décontextualisé ou justifié…

- L'interprétation et l'exploitation du travail des élèves, avec la mutualisation, les choix et les deuils de l'enseignant, la validation et la correction, l'évaluation.

Puis on peut travailler la généralisation, la réflexion sur des méthodes (méta), l'organisation des connaissances (cohérence)

- L'exposition des connaissances, les exemples, la structuration et les liens avec le travail des élèves, le choix de ce qui est dit, répété ou non dit (deuil de l'exhaustivité), montré, « prouvé »,
- Le recours à l'écrit, l'usage des instruments, du tableau,
- Éventuellement le repérage d'implicites, de malentendus, l'explicitation du contrat.

Les prévisions des débutants notamment peuvent être très différentes de la réalité, que ce soit du côté des élèves ou de celui des professeurs, et les décalages sont sources de formation.

1.5. La place et le choix des vidéos : une mise en garde

L'analyse de vidéos s'inscrit donc bien dans le programme précédent. Compte tenu du foisonnement actuel de vidéos sur le net, nous voulons cependant insister sur le fait qu'il s'agit d'un moment particulier de la formation, qui n'a pas de sens en soi, qui n'a rien à voir avec la donnée d'un modèle à imiter (ou à éviter), mais que cela s'inscrit dans un ensemble cohérent, plus vaste, visant à former, en l'enrichissant, le travail de l'enseignant. Nous pensons qu'un visionnement de vidéo sans commentaires peut engendrer n'importe quoi, dans la mesure où la complexité de la réalité de la classe est nécessairement implicitement « découpée » par l'observateur – soit avec les repères dont il dispose a priori, et alors il n'y a rien de « garanti », soit grâce aux nouveaux repères introduits par le formateur qui peuvent enrichir la vision « naïve » première – mais alors cela présuppose un accompagnement du visionnement.

Cinq conditions nécessaires, à respecter dans l'utilisation des vidéos en formation, nous semblent indispensables pour espérer voir se réaliser nos intentions de formateurs :

- préciser le contexte de la vidéo – décrire la classe précise, le moment de l'extrait par rapport à ce qui précède, le contenu mathématique en jeu. On peut cependant laisser à l'analyse a posteriori la « remontée » aux programmes par exemple, ou aux objectifs de l'enseignant, connus ou devinés.
- inscrire le visionnement dans un « problème » : par exemple faire faire l'analyse a priori des activités des élèves et demander de comparer avec ce qui peut se passer dans l'extrait, en ce qui concerne ces activités (cf. deuxième extrait). Il y a d'autres manières de problématiser, faire prévoir un déroulement et comparer (cf. premier extrait), ou encore étudier les répétitions (de tâches, ou dans le discours) en relation avec les contenus, etc.
- donner avant tout visionnement les premiers outils pour aborder ce problème : par exemple si on a choisi le premier type de problème, on peut faire travailler avant le visionnement le repérage des connaissances nouvelles et anciennes en jeu, quitte à introduire leurs adaptations (Chesné et *al*, 2009, p.29) progressivement.

- mutualiser l'analyse a posteriori et organiser une discussion, permettant de revenir au double travail de l'enseignant de choix des tâches et de gestion, et de remonter, notamment en cherchant des alternatives, à la fois aux choix plus globaux sur les séances avant et après celle qui est montrée et aux contraintes diverses qui les conditionnent.
- inscrire la séance dans un ensemble cohérent de séances de formation, pour permettre aux participants de construire quelque chose, de dépasser les simples problèmes posés, de s'approprier de manière décontextualisée, personnelle, adaptable, ce qui est en jeu en termes de travail de l'enseignant.

Reste à préciser le choix des vidéos – filmées chez les participants, ou chez d'autres enseignants, obligatoires ou non, autant de variables encore à étudier précisément.

2. Exemples de séances collectives à partir de visionnement d'extraits de vidéos

2.1. Un schéma général de ce type de séance de formation

Le point de départ de ces séances est le visionnement d'extraits de vidéo tourné en classe. Si possible, le choix du contenu des vidéos est adapté à ce que les participants ont déjà rencontré. En général, les contenus des vidéos ne sont pas déterminés par un programme fixé d'où l'évocation de séances « opportunistes ». Un des objectifs généraux de ces séances est de profiter du travail précis sur la séance pour aborder plus généralement (« remonter ») des éléments sur la notion mathématique, les programmes, le relief et les difficultés des élèves, d'où l'évocation de séances « inductives ».

La séance ne commence pas par le visionnement mais par une analyse *a priori* de la tâche préalable, mettant en jeu le contexte. Cela permet de rapprocher les participants d'une posture d'enseignant au moment du visionnement. Certes, au lieu de donner à préparer un exercice, le formateur donne seulement à analyser l'énoncé en jeu. Il y a donc une certaine simplification du travail habituel de préparation de l'enseignant (choix d'énoncé) mais, et c'est ce qui nous intéresse, les participants peuvent tout de même s'approprier rapidement les objectifs de l'exercice et prévoir, comme un enseignant, des mises en fonctionnements des connaissances par les élèves, quitte à rectifier. Notons que le choix d'exercices peut être travaillé à un autre moment de la formation plus centré sur le seul travail de préparation de l'enseignant. Ainsi, le visionnement organisé tout de suite après l'analyse de tâche est structuré par des questions mettant en jeu les prévisions sur les élèves et leurs conséquences sur l'accompagnement de l'enseignant. Cela participe de notre première hypothèse « de l'importance de partir des pratiques ». Les participants n'agissent pas mais entrent dans l'action de l'enseignant filmé en se mettant en quelque sorte à sa place. En témoignent, s'il en était besoin, de nombreuses interventions qui commencent par « moi je … ». Les participants peuvent saisir au plus près grâce à l'analyse préalable les choix de leur « collègue » face à la classe que ce soit les mêmes que ceux qu'ils auraient faits ou d'autres. Cette sensibilité à l'agir enseignant provoqué par notre dispositif est une forme de proximité avec la posture d'enseignant recherchée en formation. La discussion collective qui suit le visionnement met en jeu les différentes appréhensions relevant d'un point de vue professionnel sur ce qu'ont vu les participants. Après avoir ainsi collectivement apprécié (sans jugement) les différences entre les analyses de tâches proposées et relevé les difficultés prévues, ignorées ou majorées, on aborde la question un peu plus générale des activités effectives des élèves à l'issue de l'exercice visionné.

Le travail sur les alternatives qui termine la séance de formation permet de revenir aux énoncés et souvent aux programmes ainsi qu'à la gestion de la classe avec ses spécificités qui permettent d'interpréter le choix des questions, des aides etc. Le formateur intervient pour compléter ce qui est apparu dans les discussions et ces moments, même brefs, sont essentiels à nos yeux. Nous avons envie d'évoquer le modèle de la Zone proximale de développement des pratiques.

Les autres hypothèses énoncées ci-dessus sont aussi mises en œuvre. Ces séances sont collectives et on y joue sur le collectif et tous les échanges oraux. Le partage d'un vocabulaire professionnel spécifique précis se fait au moment des analyses de tâches et de déroulements. L'importance du travail sur les variations de tous genres (alternatives), énoncés, déroulements, scénarios, à la fois pour prendre la mesure des marges de manœuvre, expliciter les contraintes et les problématiques du milieu enseignant, et pour préparer les adaptations ultérieures, incontournables, oriente les commentaires du formateur.

Les séances dans lesquelles s'inscrivent les exemples ci-dessous sont appuyées sur des vidéos. Cela étant, les vidéos elles-mêmes manquent – nous avons fait le pari un peu fou de réussir à transmettre quand même la substantifique moelle de ces séances. Il faut dire que la question de la « publication » de vidéos est très compliquée – pour des raisons de droit et aussi pour éviter toute tentation d'en faire des modèles, d'où cette gageure.

2.2. Les exemples

Nous illustrons ici des formations à partir de deux extraits de vidéos centrés sur le travail des élèves sur une tâche complexe. Cela met en jeu en particulier le repérage du travail des élèves par l'enseignant et la manière dont il s'appuie sur ce qu'il a pu constater pour faire avancer les activités.

Dans la classe de quatrième filmée (2008), classe ordinaire, l'enseignant vient de traiter le chapitre sur le théorème de Pythagore (au premier trimestre). C'est une séance d'exercices, qui se déroule à la fin du chapitre, le cours est terminé et les premiers exercices simples déjà proposés. Il s'agit de deux exercices successifs, filmés le même jour, qui suivent un exercice préliminaire de calcul mental (faisant utiliser le théorème). Le premier exercice a été cherché à la maison et c'est la correction qui est filmée, le deuxième est cherché en classe – et non terminé. On joint en annexe un contrôle ultérieur dont une question ressemble à un des exercices, ce qui pourrait alimenter la suite de la séance de formation.

Deux modalités de formation à partir des extraits sont présentées, au fil du déroulement ou conduisant à une comparaison *a posteriori*.

2.2.1. Premier extrait : une correction qui s'appuie sur le travail d'un élève au tableau – une formation « au fil du déroulement »

Ce premier exemple de séance de formation porte sur le moment où l'enseignant corrige un exercice travaillé à la maison ; c'est le deuxième passage de la vidéo, avec arrêts sur images, après un visionnement en continu, non commenté, qui suit les analyses de la tâche des participants. Il s'agit maintenant d'exploiter, au fur et à mesure, le détail des échanges organisés par l'enseignant avec l'élève au tableau et la classe (cf. deuxième type de problème évoqué en 1.5.).

Interrogés au début de l'extrait, neuf élèves déclarent ne pas avoir réussi à résoudre l'exercice – l'enseignant interroge alors un de ces neuf élèves, qui va au tableau « corriger », en réalité il va s'avérer qu'elle s'est trompée en lisant l'énoncé…

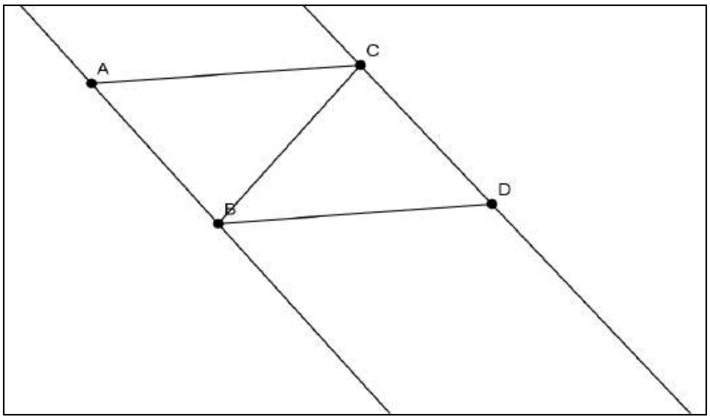
Nous présentons la chronique de la séance de formation, correspondant à des échanges des participants et du formateur sur le début de l'extrait, transcrit en partie. Nous mettons en évidence des interventions possibles des participants et du formateur, en repérant leur objet, en relation avec notre cadrage théorique précédent.

Enoncé de l'exercice qui va être corrigé en classe (après une recherche à la maison)

Dans la figure ci-dessous on a :

AB = 7,5 cm ; BC = 10 cm ; AC = 12,5 cm ; CD = 10,5cm ; BD = 14,5 cm.

Montrer que les droites (AB) et (CD) sont parallèles.



La première activité des participants est l'analyse de la tâche (analyse des connaissances à mettre en œuvre et des manières de le faire)

Les propositions des participants sont mutualisées pour arriver à quelque chose qui ressemble à ce que nous indiquons ci-dessous, en général moins complet. C'est le formateur qui décide d'arrêter l'analyse à un grain plus ou moins fin. Il décide aussi du moment de la mutualisation, avant ou après le visionnement (ou la prise de connaissance du déroulement). Enfin il introduit plus ou moins le vocabulaire partagé.

Les connaissances à mettre en œuvre

Les élèves ont la figure. Dans toute la suite du texte nous utilisons le mot figure pour qualifier tant la configuration étudiée que les divers dessins produits.

Les connaissances nouvelles qu'ils auront à utiliser sont essentiellement des calculs d'angles (droits ou non) dans des triangles à repérer, dont les longueurs des côtés sont connues (utilisation de la réciproque du théorème de Pythagore ou du théorème). Ces connaissances ne sont pas indiquées mais on peut penser que les élèves les ont très présentes à l'esprit puisque c'est juste l'objet des cours du moment.

Les connaissances anciennes, *supposées disponibles ici*, concernent la propriété, vue en sixième, que deux droites perpendiculaires à une même troisième droite sont parallèles entre elles.

Les adaptations et la stratégie

Cet exercice met en jeu *des adaptations des connaissances précédentes*. Il faut introduire des étapes, démontrer que les droites (AB) et (CD) sont perpendiculaires à une même troisième (BC) – et, pour cela, faire intervenir des angles en démontrant que les deux triangles ABC et CDB sont rectangles

Il y a donc deux *changements de point de vue* pour concevoir la stratégie. Cela donne lieu à des étapes à ordonner (un choix est possible). La recherche de droites parallèles est remplacée par celle de droites perpendiculaires à une même troisième. Il faut passer de la considération de triangles rectangles à celle de droites perpendiculaires, en faisant intervenir les angles droits. Cela correspond à un changement de points de vue *avec une perte d'information* : on ne s'intéresse plus qu'à l'angle droit du triangle rectangle et pas au reste du triangle. Il y a aussi un choix sur le théorème à utiliser pour connaître la nature des angles en question : le théorème de Pythagore ou sa réciproque.

Les calculs numériques

Soit AC^2 à comparer à $AB^2 + BC^2$ et BD^2 à comparer à $BC^2 + CD^2$. Ils mettent en jeu des carrés de décimaux simples, et le repérage du côté de plus grande longueur puis la reconnaissance dans les deux cas de l'utilisation de la réciproque du théorème de Pythagore.

Déroulement de la correction de la séance en classe

Le professeur a remis la figure au tableau. Il recense les élèves qui n'ont pas réussi l'exercice : 9 élèves (sur 26), un bon tiers. Il recherche un volontaire parmi eux, pour passer au tableau. Il interroge cette élève qui participe à la mise en place de la stratégie de résolution (et de sa justification) puis aux calculs.

Mise en place de la correction	1'30
Correction par un élève au tableau (codage de la figure, question de la nature des deux triangles)	3'30
Est-ce qu'on peut savoir à partir des hypothèses si les triangles sont rectangles ?	2'
Pourquoi cette recherche de triangles rectangles ?	2'30
Recherche rédigée de la nature des triangles	5' + 2'
Conclusion finale	5'
Nouvelle question ajoutée par un élève (recherchée et résolue)	3'

Tableau 1 – Chronologie 24 min 30

La séance de formation

Le problème posé en formation est celui du déroulement de la correction – les participants ayant tous réalisé d'abord une analyse de la tâche et vu l'extrait une première fois. Ils ont aussi la chronologie.

Le déroulement de la formation est scandé par la suite des différentes phases mises en évidence dans la chronologie de la séance en classe. Pour chacun des épisodes, une chronique rapide et quelques éléments de la transcription sont joints, les phrases qui nous semblent importantes sont surlignées en gras ; le contenu de ce qui peut faire l'objet d'échanges pendant les arrêts sur image, est indiqué en italique.

a) Les participants travaillent sur la mise en place et le début de la correction au tableau, avec le codage de la figure et l'adoption d'une stratégie de départ (recherche de la nature des deux triangles).

L'enseignant a devant lui des élèves qui ont cherché et trouvé, cherché et pas trouvé, voire pas cherché, sachant que la méthode en jeu (les adaptations) est très importante (premier exercice de ce genre). Il va choisir un intermédiaire, lui permettant s'appuyer sur un début de travail au moins et peut-être sur une difficulté à expliciter : l'élève interrogé a travaillé mais n'a pas terminé.

Les participants, se mettant à la place de l'enseignant, peuvent développer le premier questionnement suivant, à partir de leur analyse de la tâche : dans quelle mesure les élèves ont repéré comment utiliser le théorème de Pythagore ou sa réciproque, compte tenu des adaptations nécessaires ? En fait cette question n'est pas assez précise : il s'agit aussi de savoir quels élèves ont réussi. Un choix intervient immédiatement, nécessairement improvisé : comment réagir devant l'hétérogénéité qui se révèle ? Qui interroger sur cet exercice complexe travaillé à la maison, le premier du genre ? Comment faire pour s'appuyer sur les différents travaux des élèves et dégager les adaptations importantes des théorèmes recherchées dans l'exercice ?

P : C. Viens au tableau.
P : Qu'est ce que tu fais s'il te plait ?
L'élève inscrit la mesure des longueurs aux bons endroits de la figure tracée au tableau.
E : (*AB*), on veut savoir si…
[P : Tu te décales un petit peu s'il te plaît…]
E : On veut savoir si (*AB*) et (*CD*) sont parallèles.
P : oui.
L'élève surligne les segments [*AB*] et [*CD*].
P : D'accord.
E *: Donc déjà on veut savoir si ABC et CBD c'est des triangles rectangles.*
P *: Alors en quoi ça peut nous aider ?*
…
P : Alors effectivement t'es en train *parce que c'était pas évident pour tout le monde,* t'es en train de me parler de savoir il faut savoir si tu répètes.
E : *ABC* et *CBD* sont des triangles rectangles.
P : Bien donc déjà *sur cette figure t'as identifié, t'as identifié quelle figure ? Comment as-tu décomposé la figure ?*
E : En deux triangles.
P : Alors est ce que déjà tout le monde a vu ça ?
Brouhaha.
Et effectivement toi tu te demandes si éventuellement ils sont, tu me dis…
E : S'ils sont rectangles.

On peut ainsi préciser ce qui est repéré par l'enseignant dans ce que l'élève donne à entendre, ce que l'enseignant valorise et reprend immédiatement, et les explicitations qu'il provoque : en l'occurrence ici c'est le traitement de la figure, lié à la tâche, qui est repris, sans doute parce que l'enseignant estime qu'il n'est pas « transparent » pour tous, que certains élèves n'ont pas distingué d'emblée les deux triangles. En revanche l'enseignant garde le point de départ de l'élève, sans le questionner encore (alternative possible).

P : Alors pour le triangle *ABC* s'il est rectangle.

E : En *B*
P : Donc. tu fais un petit codage mais pas d'angle droit. Un petit codage d'angle c'est-à-dire un arc de cercle voilà, bien. (L'élève l'a fait)
Éventuellement tu te poses la question de savoir s'ils sont comment ces triangles ?
E *: Rectangles.*

On assiste à un renforcement *ostensif* de l'objet du travail à venir sur la figure, dans la continuité du choix précédent.

L'enseignant a privilégié ce qui est le plus directement accessible aux élèves – la figure donnée. Cela peut participer d'un choix de gestion lié à une appréciation de ce qui peut aider les élèves à adapter leurs connaissances : partir de la figure…

b) Les participants travaillent sur l'ajout par l'enseignant de *sous-tâches* dont la première prolonge la première proposition de l'élève

L'enseignant enchaîne immédiatement, s'appuyant sur ce qu'a annoncé l'élève, pour enclencher une réflexion sur la possibilité de le faire (c'est donc la méthode qui est en jeu) et sur l'intérêt de le faire (c'est donc le lien avec ce qu'on cherche qui est en jeu). Il va guider l'élève sur ces deux questions qu'il a introduites lui-même.

P : *Première question c'est : est-ce qu'on a suffisamment d'informations pour démontrer qu'ils sont rectangles ? Deuxième question : est ce que ça a un intérêt pour répondre à la question,* je t'écoute.
P : Première question c'est : est-ce qu'on a suffisamment d'informations pour…
E : Oui.
P : Alors c'est quoi les informations ?
E : Euh déjà…
P : *est-ce qu'on a suffisamment d'informations pour démontrer qu'ils sont rectangles ces triangles ? Oui ou non et pourquoi ?*
E : Ben oui.
P : Pourquoi ?
E : Là on peut, je sais pas.
P : Est-ce que quelqu'un peut l'aider ?
Est-ce qu'on a suffisamment d'informations pour savoir s'ils sont rectangles. Ch ?
E : *Oui parce qu'on a les longueurs des côtés.*
P : C'est clair C. ou pas ?
E : Oui

Les demandes faites (en l'occurrence ici des questions traduisant les sous-tâches introduites par l'enseignant lui-même) n'enlèvent pas le travail des élèves mais l'orientent, en dégageant et dissociant deux étapes, la première dans la continuité du travail commencé. On peut repérer le moment précis où l'enseignant, s'appuyant sur la proposition initiale de l'élève (chercher si les triangles sont rectangles), engage les élèves à expliciter quelque chose de plus général (la même chose mais considéré cette fois-ci comme une méthode – chercher si des triangles dont les longueurs des côtés sont connues sont rectangles.

Pourquoi cette recherche de triangles rectangles ? Une impasse pour l'élève au tableau, qui révèle l'importance des difficultés de formulation.

L'enseignant reprend sa deuxième question, de l'intérêt de connaître la nature des triangles dans cet exercice. *C'est une véritable difficulté, puisque c'est là qu'interviennent les adaptations. Est-ce que l'élève au tableau va réussir à trouver ? Comment l'aider ?*

P : D'accord et … *deuxième question quel est l'intérêt de savoir que ces triangles sont éventuellement rectangles parce que la question c'est quoi, répète la question de l'exercice.*
E : Prouver que les deux droites (AB) et (CD) sont parallèles.
P : Alors est ce que ça a un intérêt de savoir s'ils sont rectangles ? Je t'écoute,
triangles sont rectangles pour répondre à la question oui ou non et pourquoi
E : Oui parce que si ces deux là ils sont rectangles, vu qu'ils sont sur la même droite, et ben ils sont parallèles.
P : D'accord *quelle propriété tu utiliserais pour conclure* ? Quelle propriété tu es en train d'utiliser pour conclure pour donner la réponse à la question ? Est-ce que tu te rappelles de la propriété si tu veux bien en français ?
E : Si deux points sont alignés sur la même droite.
P : alors c'est rigolo mais c'est pas grave. Elle a dit si quoi deux points sont alignés sur une même droite alors tu parles de quels point là ?
E : B et C.
P : D'accord. B et C sont alignés sur la même droite, ça choque personne ?
E : Si.
P : On lève le doigt.
E : Quand y a deux points, ils sont forcément alignés.
P : Deux points sont toujours alignés. Deux points sont toujours, enfin par deux points il passe toujours une unique droite. Alors OK donc tu continues, qu'est ce que t'as dit après ?
E : Si ils sont alors si ils sont alignés.
P : Ca forme une droite.
E : Ben je sais pas moi.
P : Si t'étais bien partie là après. Après Qu'est ce qu'il y a en plus ?
E : Ils sont alignés, ils sont parallèles, je sais pas.
P : *Donc je reprends ma question. Quel est l'intérêt d'avoir, de justifier éventuellement que les triangles sont rectangles ? Qu'est ce que ça va te donner comme information ?*

On assiste à une certaine incapacité de formulation de l'élève ; on constate aussi que l'enseignant n'indique pas la possibilité de dire les choses autrement (qui apparaît comme une alternative, a posteriori). Le mot perpendiculaire (ou angle droit) semble échapper à l'élève, qui ne sort pas de ses triangles rectangles. Le professeur renonce (et c'est important de le noter)! Il fait appel à la classe.

Suite et fin de l'extrait analysé.

L'enseignant, reprenant les propos des élèves, utilise alors les deux changements de point de vue implicites nécessaires : il remplace le fait qu'un triangle est rectangle par le fait qu'on a deux droites perpendiculaires, puis revient aux angles droits (en « perdant » les informations supplémentaires attachées au fait que le triangle est rectangle) et il remplace « droite perpendiculaire à une droite » par « droite faisant un angle droit avec cette autre droite ».

E. Quand j'ai une droite perpendiculaire…
P : Donc là on a une droite perpendiculaire à une droite.
…
Donc tu veux dire qu'on a une deuxième droite perpendiculaire à la première.
E : alors elles sont parallèles.
P : Donc tu peux te pousser un petit peu est ce que dans cet exercice *c'était intéressant de démontrer qu'on avait des angles droits ?*
E : Oui
P : oui parce que pour conclure, on lève le doigt ? Qu'est ce qu'on peut dire comme qu'est ce qu'on pourra éventuellement utiliser comme propriété si on a deux angles droits ? J.G ?

E : Si y a deux angles les droites…
P : sont…
E **:** *les droites sont parallèles*.
P : Donc la propriété que vous avez vue en 6°, c'est exactement quelqu'un peut la dire exactement précisément N. ?

L'appel à la classe est efficace, il permet aux élèves ayant trouvé de s'exprimer et à l'enseignant de rebondir, en explicitant d'ailleurs les changements de cadres nécessaires : de triangle rectangle à angle droit et à droite perpendiculaire.

Nous arrêtons là de relater la formation. Pour résumer, la correction en classe continue par la citation de la propriété correspondante par les élèves sollicités (là encore il faut s'y prendre à deux fois) puis par la recherche rédigée de la nature des triangles avec la correction des calculs et la conclusion.

P : Alors Conclusion, c'est-à-dire réponse à la question de départ parce que là parce que là tout ce que j'ai fait là *c'est uniquement des étapes qui vont me permettre de répondre à la question au départ.* Alors S. qu'est qu'on peut dire d'après nos réponses précédentes ?
E : Puisque que les droites (*AB*) et (*DC*) sont perpendiculaires à une même troisième *BC* alors (*AB*) et (*DC*) sont parallèles

Le changement de point de vue angle droit / droite perpendiculaire reste implicite. Le professeur écrit au tableau sous la dictée et répète.

On peut discuter alors sur les alternatives – qui interroger par exemple ? On peut aussi réfléchir à la place de cet exercice, donné à la maison. Cela laisse un peu de temps aux élèves mais l'exercice demande des adaptations (étapes, changements de points de vue pour appliquer une connaissance ancienne supposée disponible) qui peut amener à questionner ce choix. En tout état de cause, c'est peut-être une des raisons qui explique le temps que l'enseignant prend pour corriger cet exercice.

2.2.2. Deuxième extrait : recherche en classe d'un exercice complexe et début de correction (mise en place de la stratégie)

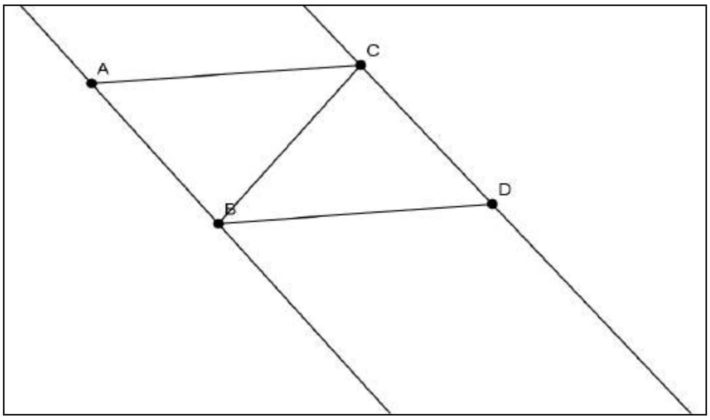
Le deuxième extrait présente un travail de recherche en classe, et le début de son exploitation par l'enseignant. On propose ici un autre mode de travail en formation : la comparaison de l'analyse des tâches, faite avant visionnement, et des activités qu'on peut supposer que l'enseignant amorce chez les élèves pendant la phase analysée (après visionnement).

Enoncé

Construire un segment [*AB*] mesurant 3 cm puis un point *C* et un point *D* tels que :

AC = 5 cm, *BC* = 4 cm, *AD* = 4,1 cm et *BD* = 2,8 cm

Les points *B*, *C*, *D* sont-ils alignés ? Pourquoi ?



La première activité des participants est l'analyse de la tâche

Cette fois-ci il n'y a pas de figure et les élèves auront à en faire une, ce qui complexifie déjà la tâche. De plus la question est ouverte, on ne sait pas la réponse (et la figure, une fois construite, ne permettra pas de conclure de manière visible). Il y a donc une vraie interrogation !

Les connaissances à mettre en œuvre

Connaissances nouvelles : ce sont les mêmes que dans l'exercice précédent, avec des calculs d'angles (droits ou non) dans des triangles dont les longueurs des côtés sont connues (utilisation de la réciproque du théorème de Pythagore et, ici, du théorème). Comme dans l'exercice précédent, elles ne sont pas indiquées mais proches dans le cours et l'exercice précédent.

Connaissances anciennes : « tracer » ou construire des points connaissant leurs distance à deux points donnés (utilisation du compas) – définition et mesure d'un angle plat – ou unicité de la perpendiculaire à une droite donnée passant par un point donné. Elles sont supposées disponibles.

Les adaptations (et la stratégie)

Pour construire *C* et *D*.

Il y a un choix sur le mode de construction (non précisé) : faut-il tracer avec la règle (graduée ?) et le compas (dans ce contexte) ou à main levée ?

Puis il y a *une reconnaissance d'un type de tâche* (antérieur) – avec introduction de plusieurs étapes : on trace successivement *C* et *D*, alors que les quatre données sont fournies ensemble.

Pour tracer *C*, il suffit d'utiliser deux informations sur des longueurs, à réunir (à partir des données de *AC* et *BC*) – cette reconnaissance des modalités d'application de la construction à faire demande de transformer *AC* = 5 cm en « *C* appartient au cercle de centre *A* et de rayon 5 » (c'est un changement de point de vue, peut-être naturalisé, automatique, chez les élèves) - on peut aussi y voir la nécessité de la reconnaissance de l'instrument à utiliser pour le faire. Enfin il y a deux points d'intersection des deux cercles – que choisir ?

Même analyse pour le point *D* – on peut obtenir deux points à partir de chaque point *C*…

Faut-il introduire la discussion de l'existence des intersections ? Les participants vont ou non se poser cette question (réponse : non) selon leur connaissance des programmes…

Pour chercher l'alignement.

La question est ouverte et les stratégies d'autant plus difficiles à élaborer.

Il faut introduire des changements de points de vue et des étapes, avec deux stratégies possibles a priori, et un choix, qui se fera au moment des calculs, entre le théorème de Pythagore et sa réciproque. Le fait qu'il y ait deux figures possibles ne change que la manière d'appliquer les stratégies et pas le principe de celles-ci.

Une première stratégie possible consiste à remplacer « points alignés » par « angle plat » (ou angles égaux, selon le cas de figure) – puis par angle de mesure 180° (ou angles de mesures égales). A chaque fois on doit se demander si un angle est ou non plat, si sa mesure est ou non 180°. Cela amène à la recherche de la somme (ou la comparaison) d'angles dans des triangles dont on se demande s'ils sont rectangles ou non (avec des angles droits ou non). C'est possible car on connaît les longueurs des côtés.

Une deuxième stratégie équivalente consiste à remplacer « points alignés » par « points appartenant (ou non) à une même droite » identifiée comme la perpendiculaire à une droite donnée passant par un point donné (unique). Cette propriété de perpendicularité s'obtient comme précédemment, par la recherche d'angles droits associés au fait que des triangles sont ou non rectangles.

Si on avait deux triangles non rectangles ? Là encore cette question amène à revenir sur les programmes et sur l'adaptation nécessaire des énoncés à ces programmes.

Calculs numériques

On peut dire la même chose que dans l'exercice précédent, à cela près qu'un des deux triangles n'est pas rectangle, ce qui amène à utiliser le théorème de Pythagore et non sa réciproque et la réciproque pour l'autre triangle (choix). Si tant est que l'enseignant a introduit les deux sens, ce qui peut amener à la discussion correspondante sur les programmes, une vraie problématique de la profession en ce moment, avec les partisans de ne pas distinguer théorème direct et réciproque, au moins dans un premier temps, et les adversaires.

Déroulement de la correction de la séance en classe

Il ne reste pas le temps de finir, l'enseignant prend le parti de laisser chercher et de corriger le début – la mise en place de la stratégie.

Au bout des 9 premières minutes, la majorité des élèves a ainsi construit la figure mais très peu ont démarré la justification. Quatre élèves avaient fini le problème avant l'intervention. Ainsi le professeur commence la phase collective suivante par ces mots :

> P. Il y en a qui ont pas fini la construction et il y en a qui ont fini la construction mais qu'on n'arrive pas à débloquer.

C'est là que commence la séance de formation imaginée ici.

Enoncé exercice. Mise en place	2’30
Le professeur circule en rendant un travail (2’) et observe le travail(5’)	7’
Intervention du professeur : bilan construction et stratégies à mettre en place	4’

Tableau 2 – Chronologie de la recherche en classe

Voici la transcription de ce que les participants voient et entendent sur la vidéo – nos commentaires sont en gras, ce que l’enseignant écrit sans le dire est en droit.

P. La construction On vous demande…
P : Déjà le premier conseil que je peux vous donner, et je le redirai pas à chaque fois, c’est de commencer à faire la figure à main levée. Donc on nous demande de tracer un segment [*AB*] de 3 cm, on est content et ensuite on demande de placer les points *C* et *D* tels que les, enfin qui vérifient les égalités de longueurs proposées (soulignées au tableau). Donc on a le point *C* qui doit être à 5 cm du point *A* et à 4 cm du point *B*.
P : Généralement on utilise un compas. Le point C, on utilise un compas, on prend les longueurs, le point *C* on va dire qu’il arrive à peu près par là. On a *BC* : 4, *AC* : 5 (sur sa figure). *Il joint les points silencieusement.*
P : Ensuite on demande de placer un point D, un point D qui se trouve à 4,1 cm du point A et 2,8 cm de *B*. Il y a deux solutions soit le point *D* il va arriver à peu près par ici, soit le point *D* il va arriver, on peut le mettre ici en dessous (figure). Ça changera rien à la question. C’est comme vous voulez. Moi j’ai décidé de le mettre en dessous. Voilà. *BD* : 2,8 et *AD* : 4 ,1 (figure).

P : Question suivante les points *B*, *C*, *D* sont-ils alignés ? Pourquoi ?
Alors, déjà, quelles peuvent être les différentes réponses ?
Benoît, Quelles peuvent être les différentes réponses à ce type de question, les points *B*, *C* et *D* sont-ils alignés ? Allez-y
…
… Ça peut être oui ça peut être non. Bon.
Voilà le genre de figure qu’on va obtenir. Pour la construction est-ce qu’il y a des questions ?
E. Non
P : Bon. *Donc ensuite soit j’ai deux triangles avec un côté commun AB, « un au dessus un au dessous », soient les deux sont imbriqués l’un dans l’autre. ABD, le point D peut être ici.* D’accord ?
P : Y en a qui ont la figure dessus, d’autres celle d’en dessous.
Bon, *c’est comme tout à l’heure. Qu’est-ce qu’on sait ? Qu’est-ce qu’on a comme figure ?*
E. Ben on va vérifier s’ils sont rectangles
P : On a des triangles déjà. On a des triangles, et on a des…
E. Mesures
P : *on a à chaque fois les longueurs, on peut s‘interroger sur*
E. rectangles
P : *Le fait qu’ils soient rectangles ou pas.* Il va y avoir deux solutions hein soit ils sont tous les deux rectangles Et qu’est-ce qui se passe à ce moment-là ? On lève le doigt ?
E. Si ils sont tous les …
P : *Alors en quoi ça peut m’intéresser d’avoir des angles ?*
C’est la question aussi comme tout à l’heure En quoi ça peut m’intéresser d’avoir des angles dans un problème d’alignement ?

Il y en a que deux qui lèvent le doigt là ? En quoi ça peut m'intéresser ? Trois, quatre ? Baptiste
S'ils font tous les deux 90°, si on fait la somme ça fait 180° donc c'est un angle plat.
Et quand si on a un angle plat, ça veut dire que les 3 points sont alignés…
Et si l'angle est pas plat, les trois points ne sont pas alignés.
Est-ce que la stratégie, la façon de faire, la méthode est claire pour tout le monde ?

La séance de formation

Le problème posé en formation est le suivant : après avoir visionné l'extrait, il s'agit d'étudier le travail collectif des élèves, organisé par l'enseignant, en mettant en regard l'analyse de la tâche précédente et ce que l'enseignant provoque pendant sa correction, compte tenu du travail individuel précédent des élèves qu'il a repéré au moins un peu.

Les tâches des élèves	**Les interventions de l'enseignant**
Sous-tâche : faire la figure (implicite) Choix : tracer avec la règle (graduée ?) et le compas ou à main levée ?	Intervention collective : *conseil* faire une figure à main levée - l'enseignant répond à la question du choix du mode de tracé (ceux qui n'ont rien fait peuvent agir – aide procédurale ?)
Sous-tâche plus précise : construire Reconnaissance d'un type de tâche « construction de points au compas à partir de deux longueurs » – avec étapes (deux points)	L'enseignant *indique* comment faire la construction : tracer le segment donné et placer les points ; il *prend à sa charge la reconnaissance du type de tâche*, ce qui valide la production de ceux qui l'ont fait – *aide constructive* et permettra aux autres d'avancer – *aide procédurale*.
Sous-sous-tâche : tracer *C* Sélectionner les deux informations sur des longueurs *AC* et *BC*, à transformer en distances de *C* à *A* et à *B* – reconnaissance des modalités d'application de la construction à faire au compas - reconnaissance de l'instrument à utiliser pour le faire.	L'enseignant *effectue lui-même, en commentant ses actions*, la construction du point *C*, à partir des deux informations sur les longueurs *AC* et *BC* qu'il *souligne* silencieusement sur le tableau, et qu'il tr*ansforme immédiatement oralement en distances, sans plus de commentaires*(*aide procédurale*, les élèves peuvent imiter).
Sous-sous-tâche : tracer *D* et compléter la figure. Finir la figure – placer *D* (il y a un choix) et tracer les triangles (joindre les points)	L'enseignant *joint* les points *A* et *C*, *B* et *C*, *sans commentaires*, … pour traduire les conditions en codage et tracer *D*. Il *signale qu'il y a un choix* et trace les deux points possibles et les deux triangles possibles. *Il insiste sur les deux figures obtenues (où les triangles sont dessinés) en les décrivant*
Sous-tâche nouvelle : comment montrer l'alignement.	L'enseignant redonne la question : les points sont-ils alignés ? Il fait dire que c'est une vraie question, avec deux réponses possibles.

Par où commencer (recherche de stratégie) ? Il y a à faire des changements de points de vue et des étapes pour utiliser le théorème de Pythagore et sa réciproque : chercher si les triangles sont rectangles, conclure sur la somme des deux angles éventuellement droits. Sous-tâche (étape 0) : redire la figure de départ	*Il ajoute une question intermédiaire : aide « stratégique » donnant un point de départ* *Qu'est-ce qu'on sait ? Qu'est-ce qu'on a comme figure ?* *l'enseignant insiste de nouveau sur le départ par les informations* (hypothèses) *sur les« triangles »…*pour aider la reconnaissance de la connaissance à utiliser *(aide constructive ?)* *On ne part pas de ce qu'on cherche (pas de liens explicités)*
Sous-tâche (étape 1) : se poser la question de la nature des triangles - Sous-tâche (étape 2) : pourquoi ? Recollement avec la conclusion cherchée	L'enseignant provoque la nouvelle sous-tâche par une question *on a à chaque fois les longueurs, on peut s'interroger sur* Appel à la résolution précédente (mémoire ?) renforçant les indications de méthode (*partir des données*) – cela sert de j*ustification générale de la méthode(à chaque fois)– aide constructive* Il valorise la réponse sans commentaires (savoir s'ils sont rectangles) et passe à l'étape 2 par une question : *en quoi ça peut m'intéresser d'avoir des angles ?* l'enseignant essaie de faire faire le lien – en demandant l'intérêt de savoir s'ils sont rectangles – il développe la réponse de quelques élèves en introduisant la somme des deux angles et la comparaison à 180°

Tableau 3 – Une modalité de ce travail peut être de remplir le tableau ci-dessus, colonne de gauche remplie avant le visionnement, colonne de droite complétée après).

La stratégie, initiée par l'enseignant, n'est pas développée davantage – faute de temps, sauf le deuxième cas de figure, celui des triangles imbriqués, que l'enseignant aborde lui-même en introduisant l'appartenance des 3 points à une même droite perpendiculaire au segment initial.

Compléments, commentaires et alternatives

Discussion et formateur peuvent faire prendre conscience des choix de l'enseignant – il a choisi une tâche complexe qui reprend certaines adaptations précédentes, il laisse travailler les élèves seuls, puis il intervient mais sur la stratégie, pas encore sur la correction complète. Son intervention est orientée par le travail des élèves, qu'il focalise sur l'exploitation des données, « des informations », en relation avec les connaissances récentes à utiliser (comme dans l'exercice précédent). La conclusion n'est pas exploitée d'emblée, pas plus que ne sont explicités les nombreux changements de points de vue en jeu. Sur la figure, on peut aussi se demander si ce qui est laissé implicite par l'enseignant (joindre les points notamment, mais aussi ne pas conclure « perceptivement ») est perçu par les élèves – le contrôle (ci-dessous) va donner une réponse positive à cette question.

Diverses alternatives se présentent – la figure peut être donnée d'emblée comme dans le premier texte (ce qui évite le deuxième cas de figure, un peu plus délicat) mais prive les élèves du réinvestissement d'une construction déjà vue, sans lien avec le reste de l'exercice au demeurant si ce n'est dans la nécessaire reconstitution des triangles ; des questions intermédiaires peuvent être proposées – qui privent les élèves (pas trop faibles) de l'élaboration de la stratégie et de la nécessité de travailler le théorème de Pythagore comme outil ; l'exercice peut être donné à travailler à la maison ou en classe en petits groupes, ce qui peut permettre davantage d'essais et d'échanges entre les élèves.

Des questions un peu plus générales peuvent structurer une réflexion sur les deux exercices.

- Le rôle de la figure : de la figure aux démonstrations.

Dans cette classe les élèves semblent avoir dépassé la seule lecture sur la figure et ont compris la nécessité de faire des démonstrations. Cette étape a d'ailleurs été préparée en introduisant auparavant des illusions optiques.

Cependant l'enseignant oriente fortement les élèves, en l'occurrence ceux qui n'ont pas réussi à résoudre les exercices, à partir de leur figure (à tracer si besoin est) et des données pour essayer d'appliquer leurs connaissances, quitte à recoller ensuite avec ce qui est à chercher. Ce choix peut être discuté.

- Le travail des élèves sur des tâches complexes – choix d'énoncés, choix des modes de travail.
- Les deux tâches choisies par l'enseignant font travailler le caractère outil du théorème et de sa réciproque ; la résolution introduit des adaptations – étapes et changements de points de vue ; l'enseignant accompagne cette complexité par l'introduction d'une réflexion stratégique, très organisée, de type méthodologique : les élèves doivent se demander comment tirer parti des données et le confronter à ce qu'ils cherchent. Les participants peuvent s'interroger sur les exercices déjà proposés, notamment sur le travail sur le théorème déjà fait, et sur les exercices qui suivront – notamment en contrôle.
- On constate que c'est l'enseignant qui introduit lui-même les étapes correspondantes, mais sous formes de questions. Le passage sous silence des changements de points de vue, dont l'explicitation alourdirait considérablement les explications, reste cependant source de questions (y aurait-il une alternative explicitant davantage ?) : preuve en est la rareté et la brièveté des réponses des élèves pour expliquer le passage des triangles rectangles à l'alignement. Ces réponses témoignent aussi des difficultés de formulation.

De ce fait, on peut se demander si la complexité de ces exercices n'est pas trop grande, d'où la discussion sur les alternatives, notamment pour les énoncés.

- Les choix sur les formes de travail provoquées par l'enseignant sont aussi sujets de questionnements - travail préparatoire à la maison (cela peut rendre plus difficile de refaire tout de suite le deuxième exercice pour les élèves qui ont échoué), travail collectif de recherche de stratégie non suivi de la recherche effective (calculs).

On peut ainsi se demander, à titre d'alternative, si une recherche en classe en petits groupes du deuxième exercice n'aurait pas à la fois pris plus de temps et permis aux élèves de davantage discuter et s'approprier la stratégie, en la mettant en œuvre immédiatement… Il aurait alors fallu démarrer l'exercice à un autre moment (question de durée). Mais peut-être que la correction du premier exercice a pris beaucoup plus de temps que prévu, rendant ainsi caduques les prévisions de l'enseignant, qui justement espérait faire travailler tout l'exercice 2 dans la séance ?

- Enfin les participants peuvent aussi s'interroger sur les activités des élèves – on constate de grandes différences ente ceux qui ont résolu l'exercice (activités a maxima), ceux qui n'ont sans doute pas fait grand-chose (a minima) et ceux qui ont commencé mais pas terminé. Comment ces activités contribuent-elles aux apprentissages ? Il semble que l'enseignant vise une certaine disponibilité méthodologique – en insistant dans les deux exercices successifs sur l'utilisation systématique du théorème dès qu'on a des triangles dont on connait les longueurs des côtés. Les copies du contrôle joint en annexe peuvent indiquer une certaine réussite, au moins à court terme, de ce projet.
- Comment gérer l'hétérogénéité ?

Aucun enseignant ne peut passer « suffisamment de temps » pour que tous les élèves résolvent tous les exercices. Il s'agit donc de trouver des équilibres entre les différentes contraintes, en essayant de ne pas dépasser certains seuils de difficultés tout en confrontant les élèves à des vrais problèmes. Par exemple on peut considérer que cet enseignant choisit de renforcer une stratégie intermédiaire – tout comme il interroge une élève « intermédiaire » – à savoir partir des informations de l'énoncé et pas de la « conclusion » recherchée. Cela correspond peut-être à ses élèves, c'est peut-être adapté au stade de leur apprentissage de la démonstration, et charge à lui d'aller plus loin un peu plus tard dans l'année…

Conclusion, discussion et perspectives

1. Bilan : du « comprendre l'agir » à l'agir ?

Reprenons nos hypothèses. Les participants à ces séances peuvent prendre conscience, à partir de ces extraits et grâce aux discussions, de certains choix de l'enseignant et de contraintes qu'il rencontre en relation avec des énoncés précis. Ils sont amenés à utiliser le vocabulaire spécifique qui a été introduit. C'est ce « comprendre l'agir », partiel, qui contribue à installer petit à petit un « comprendre pour agir » – vraisemblablement d'autant plus efficace qu'il peut être confronté à un véritable « agir » en classe.

Des contraintes observées à la question générale des contraintes

La situation observée peut permettre de « remonter » aux contraintes de temps auxquelles tout enseignant doit faire face. Plusieurs difficultés liées au temps sont apparues, nécessitant des choix modifiant les prévisions ; ainsi l'enseignant ne peut attendre l'obtention de la bonne réponse dans l'exercice 1, ni terminer l'exercice 2 en classe ; et plus généralement, le temps que prend n'importe quel épisode où l'enseignant laisse une place à la parole des élèves ne peut échapper aux observateurs. La contrainte des programmes peut aussi apparaître en relation avec celle du temps, dans la mesure où elle impose une certaine avancée du temps didactique, indépendamment des élèves.

De la gestion de l'hétérogénéité à la question des cahiers des charges contradictoires auxquels sont confrontés les enseignants.

D'autres difficultés sont apparues, liées aux contradictions de l'hétérogénéité, qui amènent à ajouter des explications, à surmonter les difficultés de formulation des élèves, quelquefois massives, leurs difficultés à faire les liens, à changer de points de vue ou à démarrer un exercice. Les participants n'échappent pas à réfléchir aux choix à faire pour intéresser à la fois les élèves qui ont réussi et les autres élèves, plus en échec. Ils sont notamment confrontés avec l'enseignant visionné au problème d'aider les élèves sans tout leur dire – et prennent conscience de choix possibles (notamment l'ordre suggéré dans la stratégie, partant de ce qui est connu, ou les aides intermédiaires sous forme de questions, très liées à l'analyse *a priori* de la tâche qu'a pu faire l'enseignant). Ils peuvent constater que l'enseignant n'explicite pas tout ce qui est apparu dans l'analyse a priori, là aussi il choisit. C'est une des contradictions que rencontrent les enseignants – le choix des élèves auxquels ils s'adressent -, plus ou moins accentuée selon les classes, culminant dans la contradiction entre logique de réussite, logique d'apprentissage et logique de socialisation mise en évidence en ZEP par Butlen et *al* (2008).

Du choix de deux tâches avec leur déroulement à la question plus générale de ce à quoi il faut faire attention quand on prépare ses exercices.

L'importance de l'analyse *a priori* des tâches apparaît clairement dans l'accompagnement que l'enseignant donne à voir sur les tâches complexes, faisant travailler le caractère outil du théorème, qu'il a choisies (après un travail sur des tâches plus simples) – il a prévu la difficulté stratégique dans les deux cas, peut-être a-t-il moins anticipé les difficultés de formulation liées aux changements de points de vue dans le premier exercice ce qui l'oblige à renoncer à faire travailler jusqu'au bout l'élève au tableau.

Les activités de certains élèves sont modifiées par les déroulements en classe – cela peut amener à réfléchir à la robustesse des tâches – lié au degré de modification des activités des élèves sur ces tâches suite aux déroulements.

D'autres extraits de vidéos permettent d'aborder davantage des questions liées au relief des notions ou à leur introduction ou aux scénarios – par exemple des vidéos sur le carré bordé sont propices à travailler sur la rupture arithmétique/algèbre. On retrouve l'importance du temps long et du visionnement de suffisamment de vidéos variées.

Mais pourquoi ne pas simplement dire ce qui précède d'emblée ? Pourquoi ces modalités de formation ? Pourquoi tenir à ce passage par le local, presque en temps réel, long, un peu flou, non organisé a priori ?

Le travail en formation que nous avons illustré comporte une phase importante où les participants suivent le déroulement de la séance, s'y intègrent en quelque sorte, se posent des questions comme un professeur, d'autant plus qu'ils ont accès aux réactions des élèves (certaines au moins), que ce soit dans la modalité « au fil du déroulement » ou dans le retour sur les activités des élèves. Certes il manque beaucoup de choses du côté des élèves (de tous les élèves), certes il n'y a pas de risque – le temps peut être arrêté -, mais le travail « simulé » est quand même suffisamment proche du « vrai » travail auquel on veut former pour que cela alimente quelque chose de l'ordre des pratiques, et pas seulement des connaissances par exemple (Vandebrouck, 2008). C'est la raison d'être de ces modalités de formation. Puis les participants questionnent et/ou discutent, à partir d'une attente créée, explicitée, sur les activités attendues des élèves, grâce à l'analyse a priori, faite en tenant compte globalement de ce qui a déjà été fait en classe et du niveau scolaire concerné, et là le collectif prend tout son sens. Ensuite, et seulement après cette discussion, des généralisations sont faites par le formateur, selon les amorces apportées par les participants. On a évoqué ici le problème des modalités de travail en relation avec les énoncés (travail à la maison ou en petits groupes), ou encore la question de savoir comment habituer les élèves à chercher un exercice complexe – on aurait pu aussi évoquer la question des programmes.

Nous pensons avoir illustré comment, grâce à ces dispositifs, la distance entre ce que les participants reconstituent dans ces séances et leur vrai (futur) travail d'enseignant est rendue « petite ». Cela dit, la contribution de ces séances de formation à l'enrichissement visé des pratiques est vraisemblablement d'autant plus facile que ce qui est en jeu est déjà proche de ce que les participants feraient ou aimeraient faire. Il y a des diversités entre les participants, incontournables.

2. Quelles ressources ? Recherches à venir

Partir ainsi des pratiques demande un effort d'adaptation très grand pour les formateurs, des improvisations constantes, et est sans doute facilité par des formations et des ressources adaptées. Une autre question tient au choix des vidéos (cf. Robert et Pouyanne, 2004).

De plus, il manque à tous ces dispositifs l'imbrication des formations générale et disciplinaire, nous l'avons dit, et c'est encore plus actuel qu'auparavant avec les masters. Dans une perspective plus large, on peut envisager de questionner plus avant la profession et de mettre à l'essai des formations grâce à des recherches à plus grande échelle (20 classes, 10 ans ?, ou encore installation d'un même projet sur une académie).

Il va aussi y avoir nécessité d'élargir à des questions dictées par l'actualité institutionnelle – socle, compétences, scientifiques au lycée… Enfin la question des évaluations reste entière.

BIBLIOGRAPHIE

Asselain-Missenard, C. & Robert, A. (2010) Formation des enseignants : pas de GPS ! *Bulletin de l'APM*, 489, 432-440.

Ball, D.L., Forzani, F. (2009) The work of teaching and the challenge for teacher education. *Journal of Teacher Education*, 60(5), 497-511.

Blanchard, M. & Chappet Paries, M. (2008) L'enseignant dans une séance de géométrie dynamique - comparaison avec une séance papier/ crayon. In F. Vandebrouck (Ed), *La classe de mathématiques* (pp. 261- 291). Toulouse : Octarès.

Blanchard-Laville,C., Nadot, S. (Eds) (2000) *Malaise dans la formation des enseignants.* Paris, L'Harmattan.

Bloch, I. (2005) Les interactions mathématiques entre professeurs et élèves. Comment travailler leur pertinence en formation ? *Petit x* 81, 25-53.

Brousseau, G. (1998) *Théorie des situations didactiques*. Grenoble : La pensée sauvage.

Butlen, D., Charles-Pezard, M., Masselot, P. (2008) Gestes et routines professionnels : un enjeu pour analyser et intervenir sur les pratiques enseignantes, EMF Sherbrooke, http://www.fse.ulaval.ca/ldeblois/pdf/Butlen.pdf

Chappet Paries, M., Lévi, M.-C., Robert, A. (2010) Enseignants de mathématiques du secondaire : stages et formation professionnelle en master ? *Document pour la formation des enseignants13*. IREM Université Paris7-Diderot.

Charles Pezard, M. (Ed) Installer la paix scolaire, exercer une vigilance didactique, *Recherches en didactique des mathématiques*, 30-2, 197-261.

Chesnais, A. (2009) L'enseignement de la symétrie axiale en sixième dans des contextes différents : les pratiques de deux enseignants et les activités des élèves. Thèse de doctorat, Université Paris 7- Denis Diderot

Chesné, E J.-F., Chappet Pariès, M., Robert A. (2009) Quelques exemples pour organiser une partie de la formation professionnelle initiale des enseignants de mathématiques des lycées et collèges, *Petit x* 80, 25-46.

Chevallard, Y. (2010) La didactique, dites-vous ? *Education et didactique* 4, *139-147.*

Clot, Y. (2007) De l'analyse des pratiques au développement des métiers, *Education et didactique,* 1,1 83-94.

Haspekian, M. (2005) Intégration d'outils informatiques dans l'enseignement des mathématiques, étude du cas des tableurs. Thèse de doctorat, Université Paris 7-Diderot

Horoks, J. (2008) Les triangles semblables en classe de seconde : de l'enseignement aux apprentissages. *Recherches en didactique des mathématiques*, 28/3, 379-416.

Kuzniak, A. (1994) Etude des stratégies de formation en mathématiques utilisées par les formateurs de maîtres du premier degré, Thèse de doctorat, Université Paris 7-Diderot.

Lagrange, J.-B. & Grugeon, B. (2003) Vers une prise en compte de la complexité de l'usage des TIC dans l'enseignement. Une méta-analyse des publications d'innovation et de recherche en mathématiques. *Revue Française de Pédagogie*, 143, 101-111.

Lenfant, A. (2002) De la position d'étudiant à la position d'enseignant : l'évolution du rapport à l'algèbre de professeurs stagiaires. Thèse de doctorat, Université Paris 7-Diderot.

Mangiante, C. (2007) Une étude de la genèse des pratiques de professeurs des écoles enseignants des mathématiques : prédétermination et développement, Thèse de doctorat, Université Paris 7- Denis Diderot.

Margolinas, C. & Rivière, O. (2005) La préparation de séance : un élément du travail du professeur. *Petit x* 69, 32-57.

Masselot, P. (2000) De la formation initiale en didactique des mathématiques (en centre IUFM) aux pratiques quotidiennes en mathématiques, en classe, des professeurs d'école – une étude de cas. Thèse de doctorat, Université Paris 7-Diderot.

Matheron, Y. & Noirfalise, R. (2007) Construire un savoir professionnel pour le professeur de mathématiques. Quelques exemples d'outils apportés par la théorie anthropologique du didactique, *Petit x* 70, 30-47.

Ngobo, B. (2003) Etude des pratiques des professeurs des écoles enseignant les mathématiques en ZEP, effets éventuels de ces pratiques sur les apprentissages. Thèse de doctorat, Université Paris 7-Diderot.

Pastré, P. (2002). L'analyse du travail en didactique professionnelle. *Revue Française de Pédagogie* 138, 9-18.

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

Robert, A. (2008) La double approche didactique et ergonomique pour l'analyse des pratiques d'enseignants de mathématiques. In F. Vandebrouck (Ed.), *La classe de mathématiques* (pp. 59-68). Toulouse : Octarès.

Robert, A. (2010) Formation professionnelle des enseignants de mathématiques du second degré. *Repères-IREM* 80, 87-103.

Robert, A., Roditi, E., Grugeon, B. (2007) Diversités des offres de formation et travail du formateur d'enseignants de mathématiques du secondaire. *Petit x* 74, 60-90.

Robert, A., Pouyanne, N. (2004) *Formateurs d'enseignants de mathématiques du second degré : éléments pour une formation*. Document pour la formation des enseignants5, IREM, Université Paris7-Diderot.

Roditi E. (2005) *Les pratiques enseignantes en mathématiques*. Paris, L'Harmattan.

Rogalski, J. (2008) Le cadre général de la théorie de l'activité. In F. Vandebrouck (Ed.), *La classe de mathématiques* (pp. 23-30 et 429-454). Toulouse : Octarès.

Samurçay, R., Pastré, P. (1995) La conceptualisation des situations de travail dans la formation des compétences. *Éducation permanente* 123, 13-31

Shulman, L.S. (1986) Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher* 15 (2) 4-14.

Sensevy, G., Mercier, A. Schubauer-Léoni, M.-L., Leutenegger, F. (2007) *Agir ensemble - L'action didactique conjointe du professeur et des élèves*. Rennes : PUR.

Vandebrouck, F. (Ed.) (2008) *La classe de mathématiques : activités d'élèves et pratiques d'enseignants*. Toulouse : Octarès.

Vergnaud, G. (2002) La conceptualisation, clef de voûte des rapports entre pratique et théorie. In Actes de la Desco de l'Université d'Automne Analyse de pratiques et professionnalité des enseignants

Vergnes, D (2001) Les effets d'un stage de formation en géométrie. *Recherches en didactique des mathématiques* 21/1-2, 99-122

Vidal-Gomel, C. Rogalski, J. (2009) La conceptualisation et la place des concepts pragmatiques dans l'activité professionnelle et le développement des compétences. *Activités* Revue électronique, vol 4 n°1.

Annexe

Le contrôle

Suite aux analyses des déroulements précédentes, l'analyse du contrôle proposé aux élèves et dont l'énoncé ressemble à celui du deuxième exercice peut renforcer certains questionnements, mettre l'accent sur des difficultés persistantes des élèves, permettre peut-être des choix plus objectivés.

Enoncé

Construire un segment [RS] mesurant 4,8 cm puis un point U et un point T tels que : RU = 6,8 cm, SU = 4,8 cm, ST = 6,4 cm et RT = 8 cm.

Les points S, T, U sont-ils alignés ? Pourquoi ?

Pour cet énoncé, l'enseignant a choisi la même forme que dans l'exercice cherché en classe. Il ne fournit pas de figure.

Les copies

Alors que souvent en formation les copies permettent un travail sur l'évaluation, ici nous essayons de les mettre en relation avec ce qui s'est passé au cours de la séance tant au niveau de ce qu'a proposé l'enseignant que des activités des élèves.

Les vingt six élèves de la classe ont tracé la figure à l'aide d'une règle graduée et du compas. Seul un élève a tracé une figure fausse. Ils ont tous relié les points pour former deux triangles. On peut faire l'hypothèse que le professeur a été entendu lorsqu'il a insisté sur le fait de considérer des « figures », comme nous le rappelons :

> P : Bien donc déjà sur cette figure t'as identifié, t'as identifié quelle figure ? Comment as-tu décomposé la figure ?

Vingt et un élèves ont construit les triangles *RST* et *RSU* de part et d'autre de la droite (*RS*), quatre élèves ont construit des triangles « emboités », un élève n'a construit qu'un seul triangle.

Il semble donc que la plupart des élèves ont privilégié la figure sur laquelle le professeur avait davantage échangé avec eux. Faute de temps en effet, le professeur avait pris en charge la stratégie et la construction dans le cas des triangles « imbriqués » (n'y passant qu'une minute ou deux).

Dix-huit élèves ont indiqué les mesures des segments tracés sur leur figure. Cela peut renvoyer à une habitude de la classe renforcée peut être par le fait que le professeur part des données pour amener les élèves à chercher ce qu'on peut en déduire. Ici la plupart des élèves mettent donc ces données en évidence sur la figure, comme l'élève au tableau l'avait déjà fait.

Dans le tableau ci-dessous nous présentons les différentes productions des élèves.

Figure trop imprécise et/ou pas de calculs (9) ou des calculs faux (2) (n'utilisant pas les carrés des mesures des côtés des triangles (1), utilisant les carrés des mesures des côtés (1)) Certaines justifications sont de type mesurage des angles(3), vérification à la règle de l'alignement (1)…La méthode à utiliser est indiquée par un élève, les calculs à effectuer sont évoqués par un autre.	La nature des triangles (rectangle et non rectangle) est justifiée La conclusion est non complète ou non justifiée	La nature des triangles (rectangle et non rectangle) est justifiée. La conclusion est correcte : l'angle TSU n'étant pas plat, les points T, S, U ne sont pas alignés	La nature des triangles (rectangle et non rectangle) est justifiée. La conclusion est correcte : la perpendiculaire à la droite (RS) passant par S est unique, les droites ((ST) et (SU) ne sont pas confondues donc les points T, S, U ne sont pas alignés)
11 2 élèves ont tracés des triangles « imbriqués »	5 Pour 2 élèves, seul un triangle est démontré rectangle 1 élève présente mal ses calculs	9	1

Tableau 4 – Les différentes productions des élèves

La plupart des élèves (18) continuent donc, dans le contrôle, à dépasser la lecture sur la figure puisqu'ils évoquent ou convoquent les théorèmes à utiliser pour trouver la nature des triangles.

Quinze élèves sur vingt six (58%) ont utilisé de façon correcte la réciproque et la contraposée du théorème de Pythagore pour trouver la nature des triangles (rectangle ou non rectangle). Ils ont reconnu la connaissance à utiliser, élaboré la première étape du raisonnement, trouver la nature des triangles à partir des mesures des côtés, et maîtrisé les calculs.

Sur ces quinze élèves, dix ont mené jusqu'au bout la seconde étape du raisonnement concernant l'alignement des points. Ils ont donc réussi à établir les liens, triangle rectangle/angle droit, triangle non rectangle/ angle différent d'un angle droit, angle non plat/points non alignés ou droite perpendiculaire en un point et droite non perpendiculaire passant par ce point/ points non alignés.

Pour seize élèves, ceux qui n'ont pas cherché ou trouvé la nature des triangles (onze élèves) et ceux qui n'ont pas, à partir de la nature correcte des triangles, trouvé la conclusion (cinq élèves), il peut manquer le fil directeur, la mise en place d'une stratégie globale reliant ce qu'on cherche à ce qu'on a comme données.

Cependant on peut différencier selon les élèves. Certains partent de la conclusion : savoir si les points sont alignés ou non. Ils adoptent le changement de point de vue alignement / angle plat (tous ont construit les points *T* et *U* de part et d'autre de *S*). Mais du coup ils ne voient pas le lien avec les données. Ces élèves font partie du groupe de onze élèves qui n'ont pas cherché la nature des triangles.

Les cinq autres élèves, eux, ont suivi la stratégie recommandée par l'enseignant : partir des données :

> P : Donc quand vous avez des longueurs et qu'on reconnaît des triangles et quand on connaît les 3 longueurs des 3 côtés du triangle, y a de grande chance qu'il faut s'intéresser au fait qu'ils soient rectangles ou pas (rappel)

On peut constater que ce qui est le plus réussi, retenu, voire disponible est la méthode pour chercher la nature d'un triangle, méthode utilisée à plusieurs reprises dans les deux exercices précédents. Cela montre une certaine efficacité de la répétition de la résolution d'une tâche complexe avec élaboration d'une stratégie comprenant plusieurs étapes.

On peut se demander si la correction des copies ne va pas inciter l'enseignant à expliciter diverses pistes pour résoudre un exercice complexe : partir de la question qu'on se pose ou partir des données pour établir une stratégie. En effet ce qui manquerait le plus aux élèves, mais de manière différente, c'est d'arriver à faire les liens entre informations/théorèmes à disposition/question à résoudre (globale).

Autant de questions importantes ajoutées par ce matériel.