

INGENIERIE DIDACTIQUE DE DEVELOPPEMENT EN GEOMETRIE AU CYCLE 3 DANS LE CADRE DU LEA VALENCIENNES-DENAIN

Christine **MANGIANTE-ORSOLA**

Laboratoire de Mathématiques de Lens, Université d'Artois, ESPE Lille Nord de France
christine.mangiante@espe-Inf.fr

Marie-Jeanne **PERRIN-GLORIAN**

Laboratoire de Didactique André Revuz, Université Paris Diderot, Université d'Artois
marie-jeanne.perrin@univ-paris.diderot.fr

Résumé

Nous revenons dans ce texte sur la notion d'ingénierie didactique pour le développement et la formation (IDD, Perrin-Glorian, 2011) et sur les problèmes méthodologiques liés à sa mise en œuvre (Mangiante & Perrin-Glorian, 2016). Dans le cas de l'enseignement de la géométrie plane à l'école élémentaire, nous tentons de préciser le questionnement de niveau 1 (lié au contenu à enseigner, Perrin-Glorian & Godin, 2014) et de niveau 2 (lié aux pratiques ordinaires des enseignants et à leurs conditions d'évolution). Prenant appui sur le dispositif de travail mis en place dans le cadre du LéA de Valenciennes-Denain, nous précisons comment notre dispositif de travail et de recherche nous permet de tester à la fois des hypothèses concernant l'enseignement et l'apprentissage de la géométrie (G) et des hypothèses concernant les pratiques des enseignants (P). Nous questionnons également la notion de ressource et ses implications à chacun des niveaux de l'IDD ainsi que les conditions de fonctionnement d'une instance de conversion bidirectionnelle entre le monde de la recherche et le monde de l'enseignement ordinaire.

Mots clés

Ingénierie didactique ; géométrie plane à l'école primaire ; évolution des pratiques et formation des enseignants ; collaboration chercheurs - formateurs de terrain - enseignants.

INTRODUCTION

Cet exposé prend appui sur les derniers développements d'une recherche qui a commencé au début des années 2000 avec le soutien de l'IUFM Nord Pas-de-Calais et se prolonge dans le cadre d'un LéA sur l'enseignement de la géométrie du CE2 au CM2 à Valenciennes-Denain. Notre intention dans ce texte est d'apporter des précisions à propos de l'ingénierie didactique pour le développement et la formation (IDD) (Perrin-Glorian, 2011) en mettant l'accent sur les problèmes méthodologiques et les moyens de contrôle théoriques. Nous reviendrons tout d'abord sur la démarche d'IDD pour mieux la situer à l'intérieur de l'ingénierie didactique. Nous présenterons ensuite la mise en œuvre de cette démarche dans le cadre du LéA et nous terminerons par une discussion autour de certains points plus théoriques.

PRECISIONS A PROPOS DE L'INGENIERIE DIDACTIQUE POUR LE DEVELOPPEMENT ET LA FORMATION DANS LE CAS DE LA GEOMETRIE

Ingénierie didactique pour le développement et la formation comme méthode de recherche : quelles sont les questions ?

La question des relations entre recherche et enseignement n'est pas nouvelle. Le développement de la didactique des mathématiques et de ses cadres théoriques s'est fait contre l'idée d'une recherche-action qui proposerait directement des solutions aux problèmes d'enseignement et d'apprentissage. Le projet était de développer une recherche fondamentale et des cadres théoriques qui permettraient d'étudier les phénomènes didactiques et, plutôt que de donner aux enseignants des solutions toutes faites, leur donner des outils qui les aident à gérer les problèmes d'enseignement et d'apprentissage qu'ils rencontrent dans leur quotidien. Outre les outils qui permettent l'étude des phénomènes, les recherches en didactique ont produit des résultats qui pourraient contribuer à améliorer l'enseignement et la formation des maîtres, par exemple l'élucidation de contenus mathématiques et des organisations possibles de ces contenus en lien avec d'autres, les difficultés d'apprentissage des élèves sur ces contenus, l'impact des choix institutionnels et didactiques sur l'enseignement et l'apprentissage de ces contenus, les pratiques des enseignants et leurs possibilités de développement. Comment ces résultats peuvent-ils se traduire pour un enseignant qui a besoin de préparer et gérer sa classe, d'organiser le travail de ses élèves pour assurer leur apprentissage, pour un formateur en prise directe avec les demandes pressantes des enseignants ? Un enseignant a besoin d'intégrer ces résultats à son fonctionnement ordinaire et la prise en compte de résultats de recherche, portant sur certains aspects de son travail à l'exclusion des autres, risque de déstabiliser plus que d'améliorer sa pratique d'où la résistance des enseignants et les effets parfois négatifs de la diffusion des recherches dans l'enseignement. Pour que les travaux de recherche puissent contribuer à améliorer l'enseignement et la formation des maîtres, il faut qu'ils prennent en compte le fonctionnement réel des classes et les besoins des enseignants.

Dès le début, l'ingénierie didactique a la volonté de prendre en compte le fonctionnement réel des classes et le souci de diffuser les résultats de recherche. Ainsi, dans plusieurs textes, notamment assez récents (Brousseau (2006), Brousseau (2013), Brousseau & Brousseau (2006), cité par Bessot (2011)), Brousseau donne les raisons qui placent l'ingénierie didactique au cœur de la didactique : comme indispensable instrument de confrontation de la science didactique à la contingence mais aussi comme moyen de mise en œuvre et de diffusion des résultats de didactique vers les enseignants et le public. L'ingénierie didactique produit des situations qui peuvent en effet être des ressources pour l'enseignement mais la diffusion de ces situations ne va pas de soi. Les ingénieries issues des recherches, surtout les ingénieries longues, sont difficilement reproductibles dans l'enseignement ordinaire. Dans les années 90, il devient évident qu'il faudrait mieux connaître le fonctionnement ordinaire des classes et les besoins des enseignants. Se développent alors des recherches appuyées sur l'observation de classes ordinaires, par exemple par le biais d'une caméra au fond de la classe, et des cadres théoriques comme la double approche didactique et ergonomique (Robert & Rogalski, 2002) qui, à la suite de Vergnaud, mettent davantage l'accent sur le développement des individus via la théorie de l'activité.

L'expression « ingénierie didactique pour le développement et la formation (abrégée en IDD) » est peut-être mal choisie parce que ce n'est pas « une ingénierie de production et de développement qui vise uniquement l'enseignement » comme la caractérise Bessot (2011), en citant Brousseau et Brousseau (2006). Dans l'IDD, la production de situations d'enseignement n'est pas le but unique : il s'agit d'étudier leur adaptation aux conditions ordinaires

d'enseignement et aux besoins des enseignants, de prendre comme objet d'étude la diffusion de ces situations dans l'enseignement ordinaire via la production de ressources et les besoins de formation et d'accompagnement des enseignants qu'elles nécessitent pour que ceux-ci puissent les utiliser efficacement pour améliorer l'apprentissage de leurs élèves. Il s'agit donc de mettre à l'épreuve les conditions qui permettent de définir ces situations. L'IDD est en fait une ingénierie didactique de recherche particulière qui se distingue par le type de questions qu'elle aborde, questions qui posent des problèmes méthodologiques et théoriques particuliers.

Qu'une étude préalable ait été effectuée ou non, il s'agit en même temps d'élaborer une proposition de transposition didactique et d'en étudier les conditions de diffusion dans l'enseignement ordinaire, sur un contenu assez large, ici l'enseignement de la géométrie plane au cycle 3, c'est-à-dire, en termes de niveaux de codétermination (Chevallard, 2005) qu'on se situe au moins au niveau du secteur si ce n'est du domaine. Le questionnement est triple :

- sur le contenu lui-même et sa possible transposition didactique. Cela suppose la recherche d'une organisation mathématique conforme aux programmes d'enseignement pour qu'elle soit acceptable par les enseignants, sans se soumettre à l'interprétation qui en est généralement faite et la recherche de situations permettant de mettre en scène cette organisation du contenu mathématique avec des contraintes sur le milieu matériel et l'organisation du temps, donc une réflexion de nature épistémologique, cognitive et didactique.

- sur les pratiques actuelles de l'enseignement de ce contenu et l'identification des besoins des élèves (difficultés d'apprentissage) et des enseignants (difficultés d'enseignement) en confrontant ceux qui sont identifiés par les chercheurs à ceux qui sont exprimés par les enseignants et par l'institution.

- sur le contenu des ressources à produire et leur mode d'élaboration.

Perrin-Glorian (2011) distingue deux niveaux de questionnement pour l'IDD :

- un premier niveau où il s'agit surtout de tester la validité théorique des situations au plan épistémologique et cognitif et de dégager les choix essentiels de l'ingénierie ;

- un deuxième niveau concernant les pratiques ordinaires des enseignants et leurs possibilités d'évolution en repérant les points sur lesquels ils ont besoin de soutien, points à prendre en compte dans les ressources et dans les formations.

Ces deux niveaux ne sont pas indépendants et le questionnement au deuxième niveau amène à reprendre le premier niveau pour mieux élucider ce qui relève du milieu et ce qui relève de la gestion du milieu par le maître dans la situation, par exemple dans le passage d'un niveau de milieu à un autre. En particulier, il est nécessaire de prévoir soigneusement les modifications à apporter dans le milieu pour la formulation et la validation, vu la difficulté souvent observée dans les classes à faire le lien entre l'activité des élèves et le savoir à retenir. Ainsi, dans le travail au premier niveau, on essaie d'anticiper le deuxième niveau et dans le travail au deuxième niveau, on remet aussi en question le premier niveau.

Dans tous les cas, une ingénierie didactique teste la validité théorique des situations par confrontation de l'analyse *a priori* et de l'analyse *a posteriori*. Dans le cas de l'IDD, des contraintes et des questions supplémentaires se posent dès l'élaboration des séances, par exemple : le milieu matériel demande-t-il un temps de préparation raisonnable à partir du matériel ordinaire des élèves ? La suite de situations peut-elle se réaliser en un temps raisonnable, compatible avec le temps total consacré aux mathématiques ? Quels sont les milieux et les choix de variables didactiques incontournables de la progression, lesquels peuvent être omis ou modifiés ?

Un appui sur des mises en œuvre précédentes dans des conditions expérimentales peut aider à prendre en compte ces contraintes supplémentaires. Cependant, le travail avec les enseignants sur un projet d'ingénierie didactique avant la mise en œuvre en classe et l'observation de cette mise en œuvre permettent de mieux connaître les pratiques ordinaires des enseignants, les

manques éventuels relatifs aux conditions qui devraient favoriser l'apprentissage des élèves mais aussi des enrichissements qui pourraient être apportés à l'ingénierie initiale en y intégrant des éléments qui font partie des pratiques ordinaires des enseignants.

Pour assumer le lien entre les deux niveaux, il est donc nécessaire d'itérer le processus. Ainsi, dans les modalités de travail que nous présenterons dans la deuxième partie, apparaissent plusieurs versions des ressources¹, retravaillées avec un groupe de formateurs dont des EMF² qui mettent en œuvre les situations dans leurs propres classes, avant d'être proposées à d'autres enseignants puis rediscutées après observations dans les classes. C'est dans ces allers et retours entre chercheurs, formateurs de terrain et enseignants que se tissent les liens entre les deux niveaux de questionnement de l'IDD. Nous y reviendrons.

Questions méthodologiques à propos des relations chercheurs/enseignants

L'IDD pose des questions méthodologiques particulières, notamment en ce qui concerne l'organisation des relations entre chercheurs et enseignants dans la mesure où on est dans une position un peu intermédiaire entre ingénierie didactique classique et observation de séances ordinaires.

Dans l'ingénierie didactique pour le développement et la formation, on cherche à avoir accès simultanément à un nombre assez important de classes ordinaires et on cherche à mettre au point une ressource utile pour le plus grand nombre possible de classes et susceptible d'améliorer l'apprentissage des élèves. L'accès aux classes ordinaires se fait par un intermédiaire institutionnel : dans notre cas, nous avons eu accès à une circonscription via un inspecteur ancien formateur de mathématiques de l'IUFM qui avait participé à des étapes antérieures de notre recherche sur l'enseignement de la géométrie. L'accès à la circonscription n'est donc pas ordinaire et cela influence sans doute les formateurs de terrain mais la circonscription est ordinaire et même dans un quartier plutôt défavorisé socialement.

La question de recherche doit prendre en compte les besoins ressentis par les enseignants et leurs questions sur le thème pour qu'ils puissent s'investir raisonnablement dans le travail demandé. Elle doit aussi prendre en compte les besoins identifiés par le chercheur qui ne coïncident pas nécessairement avec les précédents.

Les dispositifs de travail avec les enseignants sont soumis aux contraintes institutionnelles usuelles et ont donc besoin d'être formalisés un peu plus que dans une ingénierie didactique classique. Il reste des questions sur les rôles respectifs des chercheurs, formateurs de terrain et enseignants dans l'élaboration de la ressource et sur la formation à prévoir pour accompagner cette ressource.

Les problèmes méthodologiques à propos des choix concernant l'élaboration de la ressource sont d'autant plus importants que l'enjeu d'enseignement concerne un secteur large voire un domaine, comme c'est le cas pour la géométrie plane à l'école élémentaire. Sans pouvoir être exhaustif, ce qui demanderait d'établir une progression sur plusieurs années scolaires, et donc de gros moyens de suivi et d'observation, il faut élaborer des situations qui mettent en jeu de façon suffisamment cruciale les hypothèses concernant l'apprentissage de ce contenu.

De plus, les situations élaborées doivent pouvoir être mises en œuvre avec les pratiques ordinaires des enseignants tout en leur donnant l'occasion de réfléchir à ces pratiques en observant leurs élèves dans des situations inusuelles. Et bien sûr, la validité de la situation pour produire les connaissances visées chez les élèves ne peut être testée que via la mise en œuvre dans les classes. Or cette mise en œuvre n'est pas nécessairement celle qui était prévue dans la ressource (Gueudet & Trouche, 2010). D'où la nécessité de reprendre la ressource si

¹ Nous employons ressource dans le sens ordinaire de document à disposition des enseignants pour préparer leur classe.

² Enseignants Maîtres Formateurs

on s'éloigne trop de l'apprentissage prévu et la nécessité des boucles itératives.

Comme dans toute ingénierie didactique, nous exerçons un contrôle théorique sur l'analyse du savoir, sur la définition des situations, du milieu et sur les connaissances des élèves. Mais nous cherchons aussi un contrôle théorique sur la mise en œuvre de la situation en classe par les enseignants et même sur les échanges chercheurs - enseignants. Sur les trois premiers points, nous combinons des outils théoriques issus des mathématiques et de leur histoire, de la théorie des situations et de la théorie anthropologique du didactique. Sur la gestion de la classe par l'enseignant, nous combinons la théorie des situations avec la double approche didactique et ergonomique. Nous reviendrons en troisième partie sur les possibilités d'importation d'autres éléments théoriques.

Caractériser l'approche de la géométrie

L'approche de la géométrie dont nous étudions les possibilités d'implantation dans les classes ordinaires se caractérise à travers des hypothèses relatives à la possibilité de penser un enseignement cohérent sur la scolarité obligatoire, permettant de s'appuyer efficacement sur G1 pour introduire G2 plutôt que de le rejeter en mettant en avant la méfiance par rapport à la figure. Nous interprétons les paradigmes définis par Houdement et Kuzniak (Houdement, 2007 ; Houdement & Kuzniak, 2006), en considérant G1 comme la géométrie des figures matérielles qui permet la représentation de l'espace, des objets de l'espace et des actions dans l'espace ou sur les objets de l'espace, que nous appelons géométrie physique. Elle correspond à la situation fondamentale du charpentier dont parlait Brousseau (1983) ; le problème se pose dans l'espace sensible ou dans l'espace graphique³ et la validation se fait dans cet espace. G2 est pour nous une théorie de l'espace, un modèle de G1, défini à partir d'objets premiers, les points, les droites et les plans et de relations entre ces objets dont certaines sont posées comme axiomes et les autres démontrées : c'est la géométrie d'Euclide, représentée par Brousseau (1983) par la situation de l'intersection des médiatrices d'un triangle, avec comme outil de validation la démonstration.

Nous faisons l'hypothèse que les figures planes tracées sur une feuille de papier avec des instruments constituent un milieu riche pour mettre en scène les savoirs de base de la géométrie élémentaire plane dans leur capacité à représenter les formes et grandeurs des objets plats de l'espace et leurs relations, sans passer par les nombres. Pour mettre à l'épreuve cette hypothèse, il nous faut rechercher des conditions pour que le contrôle par la vue soit insuffisant et le contrôle par les instruments, nécessaire. De plus, comme nous pensons que les grandeurs géométriques contribuent à fonder les nombres, les opérations sur ces grandeurs doivent avoir un sens indépendamment des nombres. Ainsi les reports de grandeurs (longueurs et angles) se font avec des instruments sans passer par les nombres.

Vision des figures

Pour éclairer la suite et expliciter nos hypothèses de départ, il nous faut rappeler les différentes visions des figures que nous avons définies en lien avec la déconstruction dimensionnelle (Duval, 2005) et aussi avec la capacité à voir des unités figurales non tracées mais qui pourraient se définir à partir de celles qui sont présentes sur la figure et permettraient d'engendrer tout ou partie de la figure.

3 Nous appelons espace graphique l'espace des figures tracées sur une feuille de papier ou sur un écran.

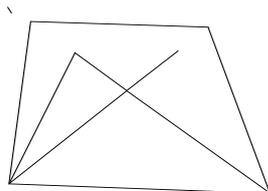


Figure 1

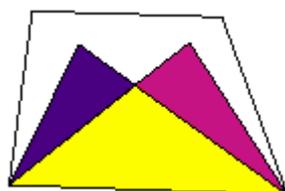


Figure 2

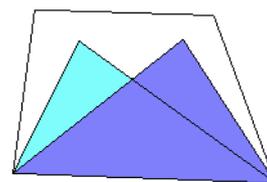


Figure 3

La vision naturelle des figures, que nous appelons vision « surfaces », est une vision en termes de surfaces juxtaposées ou, éventuellement, superposées. Ainsi, sur la figure 1, on peut voir trois triangles juxtaposés et superposés sur un quadrilatère (figure 2) ou bien deux triangles superposés sur un quadrilatère (figure 3). Le quadrilatère, surface fermée convexe, est perçu plus facilement que l'heptagone laissé en blanc. Les lignes sont seulement des bords de surfaces et les points des sommets de surfaces ou des intersections de lignes déjà tracées.

Dans une vision « lignes », la figure est constituée de lignes qui peuvent se tracer avec des instruments : la règle pour les droites, les demi-droites (qu'on peut prolonger) et les segments, le compas pour les cercles ou les arcs de cercle. Les points sont des extrémités de lignes ou des intersections de lignes qu'on a déjà. On peut tracer des segments (voire des demi-droites ou des droites) qui relient des points qu'on a déjà. On peut obtenir de nouveaux points par intersection de lignes qu'on a prolongées mais on ne peut pas créer ces points pour obtenir de nouvelles lignes. Sur l'exemple (figure 4), on verra plus ou moins de lignes supports des côtés. Les lignes qui font sortir de l'enveloppe convexe de la figure initiale sont plus difficiles à considérer.

Dans une vision « points » de la figure, on peut créer des points par intersection de deux lignes et les points peuvent définir des lignes.

Sur l'exemple (figure 5), on peut identifier des points qui permettent de définir les lignes de la figure et de créer de nouveaux points : la donnée de A, B, C, D (le quadrilatère) détermine quatre droites (et même six) dont les intersections donnent deux nouveaux points E et F. Le choix de G sur (EF) détermine les petits triangles.



Figure 4

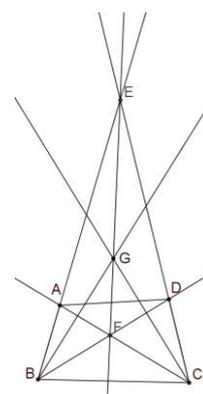


Figure 5

La vision géométrique des figures demande la mobilité entre ces différentes visions des figures. C'est nécessaire dans G2 parce que les objets géométriques sont définis à partir des notions premières de droites et de points. Or cet apprentissage n'est jusqu'à présent pas pris en compte dans l'enseignement.

Notre approche de la géométrie

Un des points forts de notre approche (Perrin & Godin, 2014) est de prendre en compte des éléments cognitifs concernant la différence entre le regard porté naturellement sur les dessins et celui qu'il faut porter sur les figures géométriques. Nous faisons l'hypothèse qu'un regard analytique sur les figures peut se construire dès la géométrie instrumentée en créant des milieux adéquats pour la reproduction de figures et en jouant sur les variables didactiques concernant les propriétés des figures et les instruments à disposition (nous entendons ici instrument en un sens large qui inclut par exemple les gabarits et le papier calque).

Un autre point que nous avons commencé à travailler plus récemment concerne le langage géométrique. La plupart des mots de la langue utilisée en géométrie élémentaire sont aussi des

mots de la langue courante où ils ont, en plus du sens proche de celui qu'ils ont en géométrie, d'autres sens qui s'en éloignent plus ou moins. De plus, la signification de ces mots et les moyens de reconnaissance et de justification évoluent, de qualités perceptives d'objets matériels en début de primaire à des propriétés d'objets théoriques établies par des définitions et des démonstrations en fin de collège, en passant par des propriétés que l'on produit et vérifie avec des instruments. Dans ce cas, la figure matérielle est l'objet même du travail et les propriétés sont rencontrées et établies par les contraintes de la construction. Les propriétés géométriques se confondent souvent avec le langage lié à la manipulation des instruments règle, équerre, compas, puisque ce sont ces instruments qui permettent de réaliser et de vérifier les propriétés. Edith Petitfour dans sa thèse (Petitfour, 2015) a fait un énorme travail pour clarifier les rapports entre langage géométrique et ce qu'elle a appelé langage technique géométrique qui est lié à la manipulation des instruments pour obtenir des propriétés géométriques des figures.

En résumé, notre approche de la géométrie vise à prendre en compte dans l'ensemble des activités géométriques trois aspects liés :

- Mobilité à apporter dans le regard porté aux figures matérielles tracées sur papier ou sur écran (en particulier surfaces, lignes, points) ;
- Rôle d'interface des instruments d'une part pour outiller la perception dans le travail sur les figures matérielles, d'autre part pour représenter des propriétés de la géométrie théorique ;
- Rapports entre langage courant, langage technique géométrique et langage géométrique.

Nos hypothèses à propos de la géométrie et à propos des pratiques

Hypothèses et objectifs sur l'enseignement et l'apprentissage de la géométrie (G)

Notre hypothèse générale à propos de l'enseignement et l'apprentissage de la géométrie est qu'il est possible de travailler sur les figures dans la géométrie physique de façon à développer chez les élèves 1) une vision des figures qui sera nécessaire dans la géométrie théorique, 2) un rapport aux objets géométriques et à la notion de propriété qui prépare celui de la géométrie théorique, 3) un lien entre le langage géométrique et le langage technique géométrique.

Pour la mettre en œuvre, nous formulons les hypothèses suivantes :

- Pour que les instruments matériels puissent jouer le rôle d'interface entre la géométrie physique et la géométrie théorique, il est important que les élèves apprennent à en faire un usage que nous appelons géométrie parce qu'il respecte des règles qui correspondent au report des propriétés géométriques avec les instruments théoriques⁴ correspondants.

- Le travail sur le report de grandeurs sans passer les nombres qui les mesurent est essentiel pour accéder à une vision géométrique des figures.

Enfin, nous y ajoutons une hypothèse de travail : la restauration de figures, par le jeu qu'elle permet sur les variables didactiques que sont notamment les propriétés de la figure à reproduire, de l'amorce et les instruments fournis, constitue un milieu qui permet de produire des situations de classe visant ces objectifs.

Une restauration de figure est une reproduction de figure mais avec des contraintes particulières : une figure modèle est donnée (en vraie grandeur ou non) ; une partie de la figure à obtenir (amorce) est donnée ; les élèves disposent d'instruments variés ; soit l'amorce, soit des instruments permettant de reporter des informations de dimension 2 (D2) de la figure initiale mais sans donner toute l'information, c'est-à-dire qu'on peut démarrer la restauration avec une vision surfaces des figures ; la vérification se fait à l'aide d'un

⁴ Par exemple, la règle et l'équerre théoriques ont des bords infinis, le compas théorique a un écartement aussi petit ou aussi grand qu'on veut. Voir Perrin-Glorian et Godin (soumis pour un livre édité par la Corfem).

transparent portant la figure à obtenir.

Dans le cadre du LéA, notre objectif est d'aider les élèves à passer d'une vision des figures comme surfaces juxtaposées ou superposées à une vision en termes de lignes et de points de construction, qu'on peut obtenir avec des instruments de tracé. Plus précisément, nous cherchons à ce que les élèves soient capables d'utiliser le support d'un segment en le prolongeant, d'obtenir un point par l'intersection de deux droites supports de segments de la figure, de reporter une longueur sur une droite déjà tracée, et de créer les extrémités d'un segment pour tracer ce segment.

Hypothèses sur les pratiques ordinaires en géométrie et leurs possibilités d'évolution (P)

Notre pratique de formatrices, un questionnaire réalisé dans les années 2000, au début de notre groupe de recherche, les discussions avec les formateurs de terrain et l'examen des manuels du primaire nous amènent à supposer que l'enseignement de la géométrie est centré sur l'acquisition du vocabulaire et de la maîtrise des instruments usuels ; qu'il relève principalement de pratiques ostensives ; que les concepts de droite, droites parallèles ou perpendiculaires sont enseignés sans beaucoup de lien avec la reproduction de figures ; qu'il n'y a pas de travail explicite sur le report des grandeurs indépendamment de leur mesure.

Nous formulons aussi des hypothèses à propos de ce qui est susceptible de favoriser l'appropriation des situations par les enseignants. Les recherches menées dans le cadre de la double approche attestent que les pratiques enseignantes constituent un système complexe, cohérent et stable (Robert, Rogalski, 2002). Il nous semble par conséquent tout à fait légitime de tenir compte de cette organisation des pratiques et d'interroger les possibilités d'une intégration progressive de pratiques nouvelles au sein de pratiques existantes (Leclercq & Mangiante-Orsola, 2014).

Nos précédentes analyses montrent que certains enseignants ont des difficultés à mettre en lien les situations proposées avec certains enjeux d'apprentissage de l'enseignement de la géométrie et que cela constitue un frein à l'enrichissement de leurs pratiques au-delà de la simple mise en œuvre de ces situations.

De même, nous estimons qu'il est important d'éviter de fournir des descriptions trop détaillées, des situations trop « clés en main », qui pourraient enfermer les enseignants dans un déroulement trop contraint mais en même temps de veiller à leur fournir les éléments d'analyse suffisamment précis pour éviter qu'ils dénaturent la situation proposée. Enfin, les situations produites par le groupe de recherche du Nord Pas-de-Calais visent un enrichissement des pratiques enseignantes qui ne va pas de soi car nos propositions sont généralement assez éloignées des pratiques ordinaires. C'est pourquoi nous devons au préalable mieux cerner les besoins ressentis par les enseignants, leurs préoccupations, leurs priorités... pour à terme mieux tenir compte des contraintes du métier qui pèsent sur eux.

Ainsi, nous retenons la nécessité de clarifier dans notre ressource les hypothèses et objectifs sur l'enseignement et l'apprentissage de la géométrie (caractériser l'approche de la géométrie développée) ; de prévoir dans la présentation des situations proposées la possibilité pour les enseignants d'investir une certaine marge de manœuvre tout en les aidant à cerner les éléments fondamentaux des situations ; de mettre en évidence en quoi nos propositions peuvent répondre aux priorités qui sont les leurs.

MISE EN ŒUVRE DE LA DEMARCHE D'IDD DANS LE CADRE DU LEA DE VALENCIENNES-DENAIN

Présentation générale du dispositif de travail

Depuis un peu plus de deux ans, nous travaillons à l'élaboration de ressources pour l'enseignement de la géométrie au cycle 3, avec l'équipe de circonscription de Valenciennes Denain et depuis septembre 2014, ce projet s'inscrit dans le cadre d'un LéA (Lieu d'éducation Associé à l'IFE). Au cours de l'année précédant notre entrée dans le réseau des LéA, des séances ont été testées dans les classes des maîtres formateurs associés au projet (année 0). En 2014-2015 (année 1), nous avons rédigé un document de travail présentant une séquence que des enseignants de la circonscription (bénéficiant de temps de formation continue) ont mise en œuvre dans leur classe, accompagnés par les formateurs du LéA. En septembre dernier (début de l'année 2), nous avons décidé de poursuivre le travail de conception et d'évaluation de ressources tout en élargissant notre réflexion (il s'agira d'inscrire nos situations dans une progression⁵) pour à terme (fin de l'année 3) rédiger et diffuser une ressource sur l'enseignement de la géométrie dont tout enseignant de cycle 3 pourrait éventuellement s'emparer.

Dans cette deuxième partie, notre intention est de présenter comment la démarche d'IDD décrite précédemment a été mise en œuvre dans le cadre de ce LéA et comment notre méthodologie de recherche s'est précisée au fur et à mesure des choix du groupe de travail et de l'évolution des questionnements.

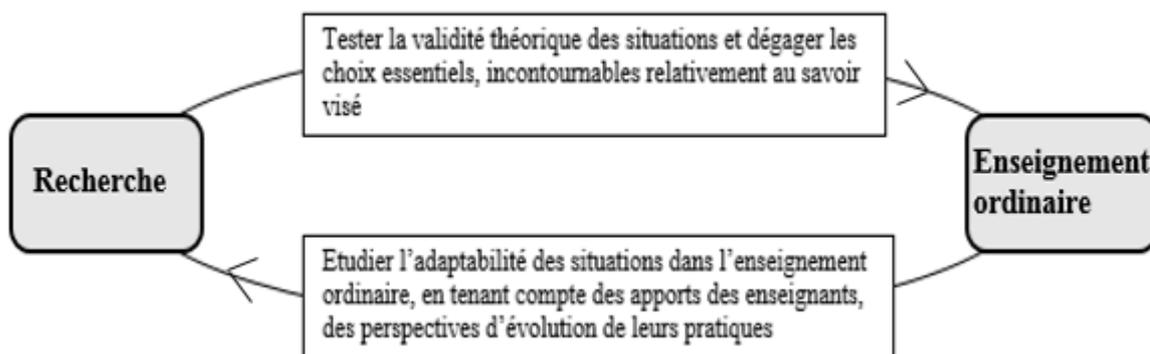


Figure 6

Le schéma ci-dessus (figure 6) présente de manière succincte la démarche d'IDD : les deux flèches correspondent aux deux niveaux de questionnement, l'aspect cyclique du schéma traduit le lien entre ces deux niveaux, le tout étant situé à l'interface de la recherche et de l'enseignement ordinaire. Nous allons l'enrichir au fur et à mesure de l'explicitation de notre méthodologie.

Le projet de conception de ressources du LéA est porté par une équipe constituée d'acteurs rattachés à des institutions différentes : nous travaillons en effet avec six formateurs de terrain, trois CPC⁶ et trois EMF, et une dizaine d'enseignants (associés au projet dans le cadre des heures de formation continue). Même s'ils ne participent pas directement à l'écriture de la ressource, ces enseignants savent qu'ils contribuent à sa conception à travers leur participation à la préparation des séances testées et observées dans leurs classes ainsi que les entretiens et bilans organisés par le groupe restreint. C'est pourquoi, complétant le schéma initial (figure

⁵ A ce stade de notre réflexion, nous n'avions pas encore déterminé sur quels apprentissages précis allait porter cette progression. Ce choix faisait partie du travail à accomplir ensemble.

⁶ Conseiller pédagogique de circonscription

7), nous faisons apparaître au cœur du dispositif de recherche, un espace de travail créé par les acteurs eux-mêmes réunis autour d'une finalité commune : la production de ressources pour l'enseignement de la géométrie au cycle 3.

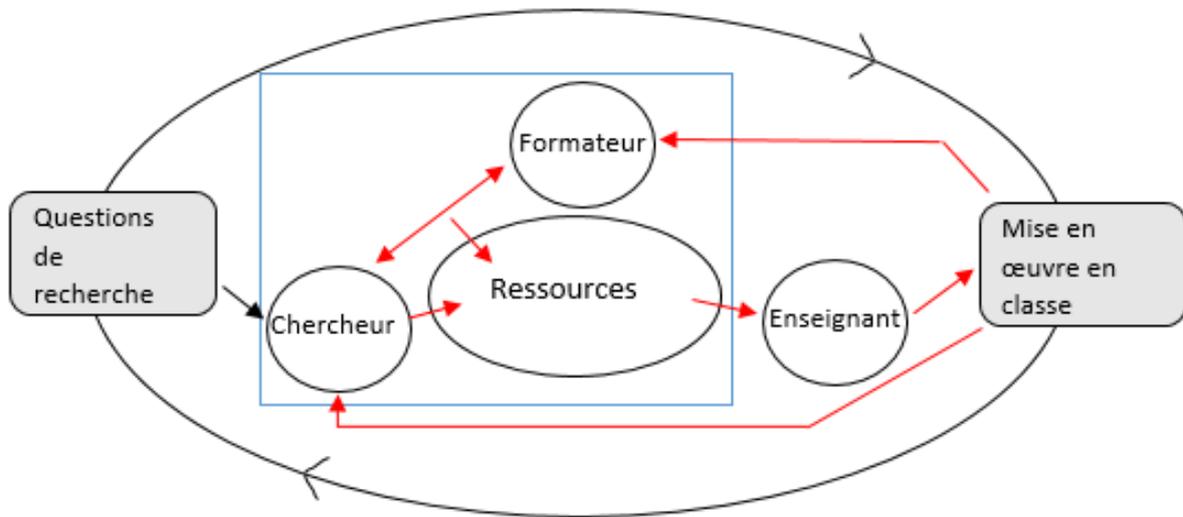


Figure 7

L'équipe restreinte (chercheurs et formateurs) pilote le dispositif, élabore des versions provisoires de la ressource (cadre rectangulaire bleu) que les enseignants maîtres formateurs testent eux-mêmes dans leur classe. Les situations ainsi conçues sont ensuite proposées à des enseignants de la circonscription lors d'une première séance de formation continue de trois heures. Accompagnés par les formateurs de terrain, les enseignants participant à cette formation, testent à leur tour ces situations dans leur classe. Les séances mises en œuvre sont observées par des membres du groupe restreint, certaines sont filmées et un entretien « à chaud » est mené avec chaque enseignant. Une deuxième séance de formation continue de trois heures préparée par le groupe restreint sur la base des observations, enregistrements vidéos et entretiens menés dans les écoles permet de faire le bilan en grand groupe des expérimentations réalisées. Ainsi, la conception de ressources est organisée selon des boucles itératives (flèches rouges) dont le but est de produire des séquences d'enseignement adaptées, utiles et diffusables dans l'enseignement ordinaire.

Au sein de ce dispositif, les modalités de travail sont diverses : les séances de formation continue en grand groupe alternent avec des séances de travail du groupe restreint. De plus, les formateurs de terrain se réunissent parfois en l'absence des chercheurs pour mener certaines analyses ou élaborer des propositions d'activités et de leur côté, les chercheurs échangent régulièrement par mail et se rencontrent pour préparer les séances de travail du groupe restreint. Ainsi, l'organisation du dispositif induit différents niveaux de collaboration et des degrés divers d'autonomie des uns et des autres selon les modalités de travail prévues.

Première année de travail (année 0)

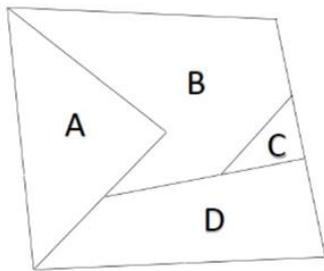


Figure 8

Comme cela a déjà été précisé, cette recherche s'inscrit dans une approche de la géométrie qui vise à accompagner le changement de regard des élèves sur les figures. Nous avons, dans cette perspective, conçu des situations de restauration de figures.

L'année précédant notre entrée dans le réseau des LÉA (année 0), l'équipe restreinte a fait le choix de travailler sur une situation de restauration de figure destinée à différents niveaux de cycle 3 et de laisser les enseignants participant au projet fixer les différentes étapes de la séquence.

Lors de la première séance de formation continue les enseignants ont été invités à jouer sur les variables didactiques à disposition pour proposer une séquence composée de différentes activités de restauration de la même figure à partir d'amorces différentes. Certaines restaurations nécessitaient le tracé des diagonales du quadrilatère cadre pour y repérer des alignements de segments et de points (par exemple, restaurer la figure modèle en donnant pour amorce, le quadrilatère-cadre et les pièces C et D sous forme de gabarits).

L'équipe restreinte décide aussi de mettre à disposition des enseignants des activités à mener avant la séquence préparée ensemble dans le but d'installer un certain contrat didactique. Or, dans plusieurs de ces activités, les élèves étaient amenés à tracer des diagonales, comme dans l'exemple ci-après (figure 9).

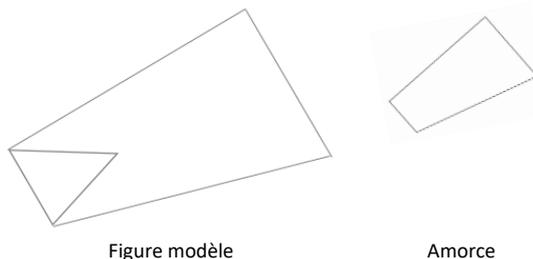


Figure 9

L'intention des formateurs était d'habituer les élèves à utiliser les diagonales comme support des côtés de triangles juste avant la situation de restauration de figure qui devait constituer l'essentiel de la séquence c'est-à-dire, le moment où les élèves devaient repérer des alignements sur la figure modèle grâce au tracé des diagonales du quadrilatère.

Suite à ce travail, nous avons réalisé des observations dans deux classes seulement. Néanmoins, l'analyse des vidéos recueillies a permis au groupe de prendre conscience que certaines activités insistaient trop sur le tracé de diagonales et les formateurs en ont conclu que « certaines activités préalables allaient trop loin » et « tuaient le problème » posé dans la séquence principale.

Situons à présent le bilan de cette première année par rapport aux deux niveaux de questionnement de l'IDD. Le groupe restreint a fait des choix : favoriser l'appropriation de la situation par les enseignants en les laissant jouer sur les variables didactiques et proposer un large éventail d'activités préalables. Ces choix ont eu un impact sur la manière dont nous avons investi les deux niveaux de questionnement ainsi que sur le lien entre eux.

Au niveau 1, le contrôle théorique s'est exercé *a minima* : une situation a été donnée avec des variables sur lesquelles jouer mais rien de plus.

Au niveau 2, une large part a été laissée à l'expérimentation et au travail des formateurs de terrain. C'était un choix de formation : il s'agissait de laisser les acteurs (formateurs et enseignants) expérimenter pour mieux s'approprier l'approche proposée.

Le lien entre les deux niveaux a lui aussi été impacté. En effet, il y a eu peu d'anticipation du

niveau 2 au niveau 1 et c'est le retour d'expérimentation qui a été privilégié.

Même si nous ne sommes pas allées au bout de l'expérimentation, nous avons appris des pratiques ordinaires et les EMF et CPC ont appris de l'approche développée par les chercheurs et de leurs propres pratiques. Nous avons aussi appris à travailler ensemble – ce qui est important – mais, pour l'année 1, nous avons pris un certain nombre de décisions.

Du côté du groupe restreint est apparue la nécessité de mieux organiser l'accompagnement des enseignants par les formateurs de terrain notamment en clarifiant le contrat passé avec eux : leur proposer davantage d'aide à la mise en œuvre mais en retour leur demander de s'engager à mettre en œuvre les situations proposées, à être éventuellement filmés, au moins observés et à participer au dispositif pendant deux ans.

En tant que chercheurs, nous avons aussi fait d'autres choix. Tout d'abord, nous avons décidé d'investir différemment les deux niveaux de questionnement, de renforcer le contrôle théorique du niveau 1 en proposant une situation davantage « clé en main », conçue par les chercheurs mais une situation suffisamment déstabilisante pour permettre aux enseignants d'entrer dans le questionnement souhaité (nous voulions leur donner une certaine sécurité par le côté clé en main tout en déstabilisant suffisamment leurs pratiques).

Ensuite, il nous fallait préciser notre méthodologie à travers un certain nombre de questions à mieux prendre en charge : quelle articulation penser entre le dispositif de travail et le dispositif de recherche ? Quelles sont nos hypothèses de travail ? Nos hypothèses de recherche ? Et quels cadres théoriques faisons-nous intervenir ?

Deuxième année de travail (année 1)

Précisions apportées à la méthodologie

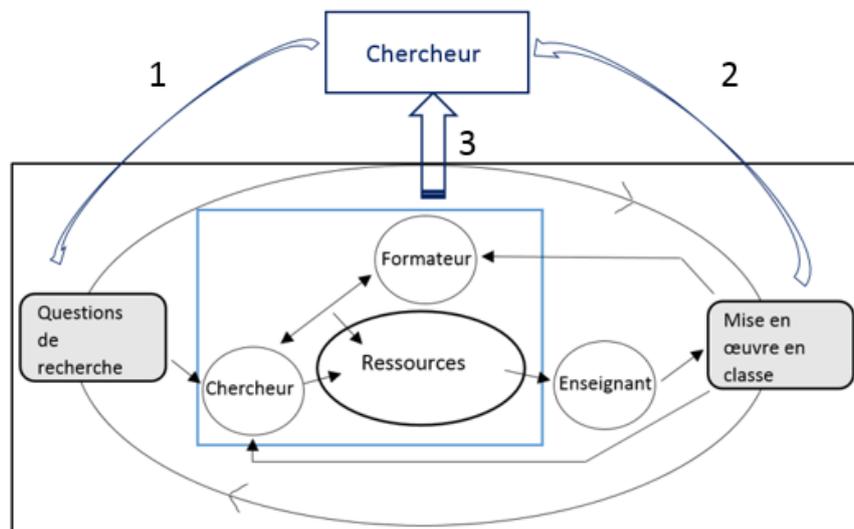


Figure 10

Nous avons clarifié notre méthodologie, en la pensant en termes d'espaces pour la recherche, avec un double positionnement du chercheur comme acteur du dispositif à l'intérieur de l'espace de travail et comme chercheur surplombant l'ensemble du dispositif (figure 10). Au cœur de cet espace de travail, nous retrouvons le groupe restreint, composé des chercheurs et des formateurs de terrain, qui pilote le dispositif et produit la ressource et le groupe élargi aux enseignants inscrits dans le stage de formation continue qui la met en œuvre et réagit à cette mise en œuvre.

Décrivons à présent plus précisément la chronologie induite par les modalités de travail.

A l'origine il y a des questions et des hypothèses de recherche identifiées par les chercheurs

en position surplombante. Elles concernent l'enseignement et l'apprentissage de la géométrie (hypothèses G) mais aussi les pratiques enseignantes et les possibilités d'enrichissement de ces pratiques (hypothèses P). Ces questions et hypothèses (représentées par la flèche 1) correspondent à des hypothèses de travail pour les chercheurs lorsqu'ils interagissent avec les autres acteurs au sein du dispositif de travail. En effet, c'est sur ces hypothèses que les chercheurs s'appuient pour concevoir une trame de situation qu'ils proposent au groupe restreint. Cette situation est mise au point à travers des échanges dans le groupe restreint représenté par le cadre bleu intérieur de façon qu'elle puisse vivre dans l'enseignement ordinaire. Un document/ressource d'accompagnement de la situation est également rédigé dans le groupe restreint.

Les hypothèses de travail gardent la trace des hypothèses G et P qui se manifestent dans une double analyse : l'analyse *a priori* de la situation (hypothèses G) et l'analyse par anticipation de la tâche de l'enseignant (hypothèses P qui se traduisent par la formulation des besoins supposés des enseignants, des indications à leur donner etc.).

La situation ainsi conçue est transmise aux enseignants du groupe élargi via la formation et la mise à disposition d'une ressource (un document écrit). La mise en œuvre en classe, accompagnée par les formateurs, observée par les chercheurs et les formateurs, suivie d'un entretien, nourrit le travail du groupe restreint (cela correspond aux flèches internes). Une analyse *a posteriori* est menée dans le groupe restreint. Elle permet de préparer la deuxième séance de formation qui fait avec les enseignants le bilan de l'expérimentation en classe. Ces observations et analyses permettent aussi de mettre à l'épreuve les hypothèses de recherche et nourrissent ainsi le travail du chercheur en position surplombante (flèche 2).

De plus, à chaque étape, pendant l'action même et/ou après coup, le chercheur prend aussi des informations sur l'ensemble du dispositif de production de la ressource et de la formation et en observant comment les différents acteurs interagissent, ce qui est négocié entre eux (cela correspond à la flèche 3)⁷.

Organisation du travail et choix effectués

Cette deuxième année de travail a débuté par une phase de préparation entre chercheurs puis entre chercheurs et formateurs du groupe restreint. Au cours de la première séance de formation continue nous avons présenté nos objectifs et donné un certain nombre d'arguments susceptibles de convaincre les enseignants de s'inscrire dans l'approche proposée. Nous les avons aussi accompagnés dans une analyse *a priori* d'une situation de restauration présentée plus loin et un premier document leur a été remis. L'accompagnement organisé par les formateurs (EMF et CPC) a permis d'aller dans les classes de tous les enseignants associés au projet, d'observer des séances et de recueillir des vidéos ainsi que des entretiens et notes sous forme de carnets de suivi. L'analyse de ces séances par les chercheurs, partagée ensuite au sein du groupe restreint, a permis de préparer la deuxième séance de formation qui a donné lieu à la rédaction d'un second document.

Partant du constat – appuyé sur des analyses précédentes (Leclercq & Mangiante-Orsola 2014) – que l'appropriation par les enseignants de situations issues de la recherche ne va pas de soi, tout particulièrement lorsque les propositions qui leur sont faites sont éloignées de leurs pratiques ordinaires, nous avons des choix importants à faire.

Dès le début de l'année, nous avons décidé de proposer une situation « déclenchante », c'est-à-dire susceptible d'amener les enseignants à faire évoluer leurs représentations à propos de l'enseignement de la géométrie et de ses enjeux, à travers d'une part l'analyse *a priori* menée lors de la séance de formation et d'autre part l'observation de leurs élèves. Nous avons

⁷ Nous reviendrons dans la troisième partie sur les cadres théoriques qui guident la méthodologie mise en œuvre par le chercheur en position surplombante.

également choisi de faciliter la mise en œuvre de la situation, notamment à travers le déroulement en étapes qui fixe le jeu sur les variables didactiques. La marge de manœuvre porte principalement sur des routines de type 1, plutôt liées à l'installation et au respect d'attitudes de travail ou d'attitudes générales (Butlen, Masselot & Pezard, 2009).

Présentation de la situation de restauration

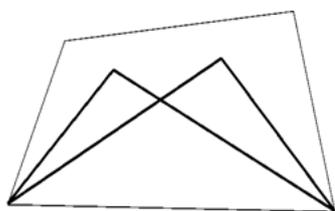


Figure 11

La situation de restauration évoquée porte sur une figure (figure 11) qui présente des alignements mais pas d'angle droit. Le déroulement de la situation prévoit quatre phases au cours desquelles il est demandé aux élèves de restaurer la figure modèle mais l'amorce donnée ainsi que les instruments mis à disposition diffèrent d'une phase à l'autre.

Phase 1 : Réaliser un assemblage par superposition / chevauchement puis tracer les contours des gabarits.

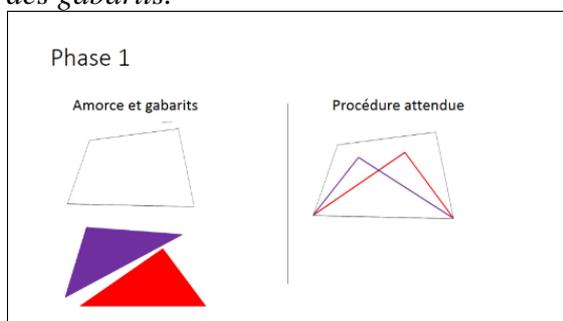


Figure 12

Au cours de cette première phase, les élèves ont à leur disposition les deux grands triangles sous forme de gabarits, ils doivent tout d'abord les positionner pour retrouver la figure modèle et ensuite organiser les tracés : placer un gabarit, tracer, placer l'autre gabarit, tracer. Ici, certains élèves peuvent avoir des difficultés à organiser la réalisation des tracés mais justement ces difficultés sont dues à la nécessité de se représenter mentalement des parties cachées par la superposition des gabarits et c'est précisément ce qui est visé ici.

Phase 2 : Commencer à prendre en compte certains alignements en utilisant le fait que certains côtés des petits triangles sont portés par une même droite.

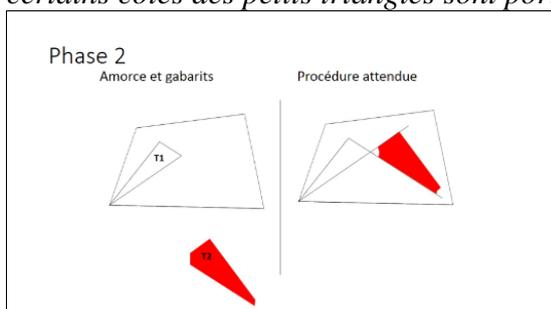


Figure 13

Dans cette deuxième phase, l'un des deux petits triangles est donné. Pour compléter la figure, les élèves doivent placer le gabarit grignoté du second petit triangle. Pour cela, ils doivent utiliser leur règle et prolonger les côtés du triangle T1. Or, ce n'est pas dans leurs habitudes de prolonger des traits au-delà de ce qui est nécessaire et de gommer ensuite "ce qui dépasse". De plus, lorsque les élèves placent le gabarit grignoté, ils doivent faire attention à ses deux côtés en même temps.

Cela ne peut pas être fait dans un seul mouvement, c'est comme lorsque les élèves doivent prêter attention aux deux côtés de l'équerre lorsqu'ils tracent une perpendiculaire. Soulignons le fait que dans cette deuxième étape, les élèves sont tenus de prolonger les côtés du triangle, mais rien ne les oblige à voir que ces côtés sont portés par les diagonales du quadrilatère.

Phase 3 : Prendre en compte les diagonales (alignement de segments et de points)

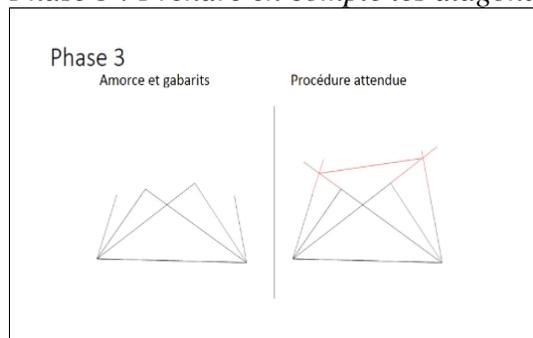


Figure 14

Il s'agit dans cette troisième phase de restaurer le quadrilatère à partir des deux triangles et du début des côtés du quadrilatère (les élèves doivent restaurer les deux sommets du haut). Signalons que cette étape est la plus importante dans la mesure où les élèves doivent prendre en compte les diagonales. Certains élèves peuvent avoir déjà remarqué cette propriété mais rien ne les y obligeait dans les étapes précédentes. La taille de l'amorce est réduite par rapport à la figure modèle pour empêcher les reports de longueur.

Phase 4 : Tracer les diagonales pour placer les gabarits (alignement de segments et de points)

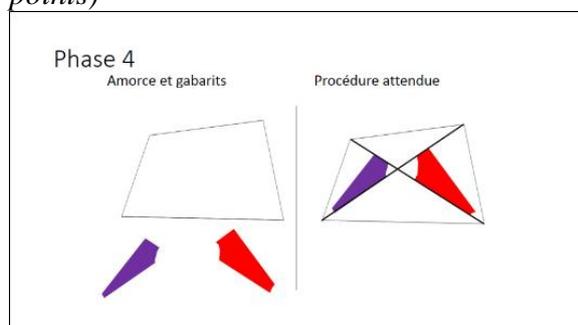


Figure 15

Cette dernière étape vise à réinvestir ce qui a été découvert par les élèves au cours des trois premières phases. Les élèves ont à leur disposition les gabarits grignotés des deux petits triangles et ils doivent en tracer les contours. Pour cela, ils doivent commencer par tracer les diagonales du quadrilatère pour pouvoir ensuite placer les gabarits et obtenir les côtés manquants.

Observations réalisées et bilan de l'année 1

Dans le document distribué aux participants à l'issue de la première séance de formation figuraient les différentes phases de cette situation, les procédures attendues, les difficultés spécifiques de chacune des phases mais aussi une rubrique « les mots pour le dire » afin de fournir aux enseignants une aide à l'institutionnalisation.

Nous avons analysé les modifications apportées par les enseignants au cours de la préparation des séances et de leur mise en œuvre. Nous avons relevé des modifications témoignant d'interprétations erronées montrant par exemple que certains enseignants n'avaient pas compris (ou avaient oublié) que le changement de taille du modèle dans la phase 3 permettait d'éviter le report de longueur. Mais, nous avons aussi relevé des modifications témoignant d'une réelle appropriation de la situation de la part des enseignants. Citons par exemple le choix d'ajouter un gabarit intrus obligeant les élèves à placer chaque gabarit sur la figure modèle pour identifier ceux à utiliser (figure 16) ou encore l'usage d'une ficelle pour rechercher des alignements (figure 17).

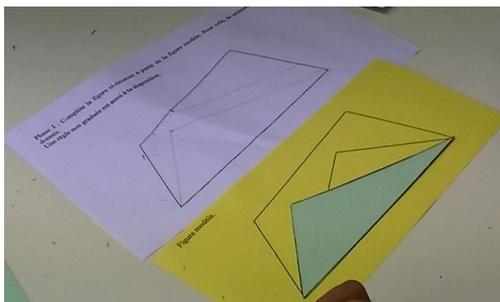


Figure 16

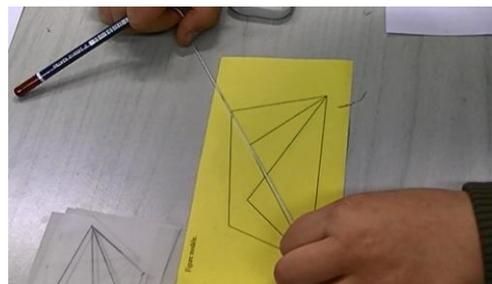


Figure 17

Suite à cette analyse *a posteriori*, nous avons organisé et mené la deuxième séance de formation continue. Nous avons demandé aux participants de prendre appui sur leurs observations pour compléter un tableau en trois colonnes en indiquant les procédures observées dans leurs classes, les difficultés rencontrées par les élèves et les aides apportées. La mise en commun de ce travail a débouché sur un document collectif (Annexe 1).

Comme à la fin de l'année 0, nous avons dressé le bilan de l'année écoulée dans l'équipe restreinte et aussi entre chercheurs dans le but non seulement de rendre compte des activités réalisées au sein du LéA auprès de l'IFE mais aussi pour fixer les orientations à donner à notre projet l'année suivante. Au cours de cette deuxième année de travail, nous avons appris sur l'utilisation de cette situation dans des classes ordinaires et la description qu'il serait pertinent d'en faire dans une ressource mais nous nous interrogeons encore à propos des indications à donner aux enseignants à propos de la dévolution (jusqu'où aller dans l'analyse collective de la figure modèle avant la phase de recherche ?), de la régulation (moyens d'étayage individuel, gestion de l'avancée du groupe), de l'institutionnalisation (indiquer les mots pour le dire dans la ressource ne suffit pas). Comment les aider dans la mise en œuvre de certains gestes professionnels ? Ne faudrait-il pas les aider à distinguer les moments d'institutionnalisation locale après chaque phase et l'institutionnalisation globale qui doit revenir sur les quatre phases de la situation ?

L'organisation à deux niveaux, entre groupe restreint et groupe élargi, semble satisfaisante et nous la poursuivons en 2015-2016 en veillant à prendre en compte les demandes émises par les enseignants. En effet, si la mise en œuvre de la situation proposée a permis aux enseignants de mieux comprendre l'approche développée par les chercheurs, la demande de penser une progression à l'année, en lien avec les programmes reste forte et nous conduit à élargir le travail à la recherche de repères pour une progression sur des notions des programmes scolaires : ces repères sont proposés sous forme de situations en accord avec notre approche de la géométrie et mettant en jeu les figures des programmes pour aider les enseignants à élaborer des séances pour leurs classes (avec accompagnement par les formateurs).

Du côté des chercheurs, les questions évoluent en conséquence : il s'agira d'interroger les possibilités d'intégration de ces repères dans les pratiques ordinaires (quelle est l'utilité de ces « outils » donnés aux enseignants ? Qu'est ce qui reste à la charge des enseignants ? Quel contrôle de cette appropriation par les enseignants ? Comment mieux cibler les « idées clés » de notre approche (à mettre en lien avec les nouveaux programmes pour plus de légitimité) ?

DISCUSSION

Le travail mené dans le cadre du LéA, nous a amenées à affiner notre méthodologie et à préciser le rôle de la ressource comme fin (objectif commun pour le groupe élargi) et moyen (objectifs différents pour chaque catégorie d'acteurs) ainsi que les hypothèses (G) et (P) mais

des questions essentielles demeurent sur les moyens théoriques de contrôler les deux niveaux et le lien entre les deux. Dans cette troisième partie, nous revenons sur ces questions que nous commençons par préciser, en nous appuyant sur un premier bilan du LÉA à mi-parcours.

Des questions à propos des deux niveaux et de leur lien

Avec quels outils tester la validité théorique des situations (niveau 1) ?

Nos hypothèses sur l'enseignement de la géométrie sont issues d'un questionnement épistémologique de la géométrie d'Euclide, d'hypothèses sur le fonctionnement cognitif lié à la visualisation des figures et d'observations par Marc Godin de procédures inattendues d'élèves de l'enseignement spécialisé dans les activités géométriques, notamment d'un détournement d'instruments comme des règles ou des équerres en carton. La théorie des situations nous a servi pour l'élaboration des situations et l'identification des variables didactiques. Leur mise en œuvre a été observée dans un petit nombre de classes mais elles ont souvent rencontré l'adhésion des enseignants à la fois parce qu'elles leur fournissaient des moyens d'aborder la géométrie par des résolutions de problèmes et qu'elles les aidaient à comprendre des difficultés de leurs élèves dans la manipulation des instruments classiques, en particulier de l'équerre. Cependant les observations de classe ont aussi montré les difficultés à mettre en place un contrat didactique adéquat et la difficulté pour les enseignants à faire le lien entre ces situations et l'enseignement des notions du programme. La validité des situations ne peut se tester que sur les apprentissages des élèves sur le long terme, et à condition que notre approche ait vraiment inspiré l'enseignement de la géométrie. Le travail dans le LÉA a permis de davantage prendre en compte les besoins de l'enseignement ordinaire. Cependant, l'adaptabilité à l'enseignement ordinaire est testée dans un cadre encore assez protégé et très restreint : celui d'un stage de formation continue sur 2 ans en petit groupe (deux fois six heures plus un léger suivi dans les classes). Nous reviendrons sur nos hypothèses concernant l'enseignement de la géométrie et les moyens d'en extraire des éléments fondamentaux plus faciles à diffuser et à tester dans les classes.

Quelle dialectique entre les hypothèses de niveau 1 et de niveau 2 dans l'IDD ?

Nous avons pu voir que les niveaux 1 et 2 ne sont pas indépendants et qu'une dialectique doit s'exercer entre ces deux niveaux pour aboutir à la production d'une ressource utile pour l'apprentissage des élèves et utilisable efficacement par les enseignants. Cette dialectique s'exerce en particulier par le travail au sein du groupe restreint et par l'existence de boucles itératives entre la conception et la réalisation des séances sur le terrain. Faut-il intégrer, dans la définition même de l'IDD, une instance de conversion dans les deux sens entre recherche et enseignement ordinaire comme moyen de faire vivre une dialectique entre les deux niveaux de questionnement ?

Avec quels outils tester l'adaptabilité à l'enseignement ordinaire (niveau 2) ?

Plus généralement le niveau 1 concerne les hypothèses sur le contenu et l'organisation de milieux possibles pour l'apprentissage. Nos outils théoriques restent ceux de l'analyse épistémologique et cognitive, et de la théorie des situations didactiques. Mais pour la mise en œuvre de situations en classe, il doit y avoir compatibilité entre les milieux organisés et le contrat didactique. Or c'est l'analyse de niveau 2 qui nous renseigne sur cette compatibilité. Pour le niveau 2, nous articulons la théorie des situations avec la double approche qui nous permet de considérer l'enseignant du point de vue de son développement professionnel. Faut-il y ajouter d'autres éléments théoriques ? Comment les articuler ?

Nous allons à présent revenir sur ces questions.

Mieux caractériser notre approche de la géométrie (niveau 1)

A mi-parcours du LéA, nous identifions mieux les éléments fondamentaux sur lesquels nous devons travailler avec les enseignants en géométrie et la manière dont on peut les formuler en termes compréhensibles pour eux. Il ne suffit pas de proposer des situations complexes qui représentent le savoir géométrique qu'on veut faire acquérir aux élèves. Il faut identifier des briques élémentaires qui permettent de fabriquer de telles situations.

Un moyen de le faire dans notre cas est de considérer que reproduire des figures quelconques, c'est reporter des formes et des grandeurs. Il faut donc s'intéresser aux moyens de reporter des formes et des grandeurs (longueurs et angles). On peut commencer à le faire avec des instruments qui permettent de reporter sans les dissocier toutes les informations sur les figures, comme les gabarits et pochoirs ou le papier calque. Un des objectifs de l'enseignement de la géométrie est d'apprendre à dissocier les différentes informations qui caractérisent une figure. Les instruments de géométrie usuels : règle, équerre, compas permettent de tracer des lignes (droites et cercles) et de reporter des angles droits. On ne peut pas considérer d'emblée le compas comme un moyen de reporter des longueurs, c'est pourquoi nous ajoutons un instrument de report de longueur qui permet de la matérialiser. Les angles, autres que les angles droits, peuvent se reporter avec un papier calque ou un gabarit que l'on fabrique en pliant du papier. Le compas comme instrument de report de longueur ou d'angle ne vient que dans un deuxième temps, quand s'amorce la vision points des figures.

Il faut que les enseignants puissent identifier ces briques élémentaires concernant les reports de formes et de grandeurs dans des situations plus complexes. Les propriétés géométriques vont permettre de les formaliser progressivement.

Un autre point important est d'identifier avec les enseignants des savoirs généralement ignorés par l'enseignement et qui nous paraissent essentiels pour que les savoirs de G2 puissent s'appuyer sur ceux de G1 en dépassant les malentendus identifiés dans de nombreuses recherches. Par exemple :

- Un segment est porté par une droite qui peut se prolonger autant qu'on veut de chaque côté.
- Pour définir un segment, il faut deux points ou un point et une droite support sur laquelle on reporte une longueur ; reporter une longueur à partir d'un point seul donne un cercle.
- Un point s'obtient par l'intersection de deux lignes.

Les situations que nous proposons permettent de donner une place dans l'enseignement à ces savoirs ignorés.

Place d'une instance de conversion dans la démarche d'IDD (dialectique niveaux 1 et 2)

Il nous est apparu que le groupe restreint et la présence dans ce groupe de maîtres formateurs qui sont à la fois enseignants et formateurs jouait un rôle essentiel qui devait être identifié en tant que tel dans la démarche d'IDD. Le fait de rédiger en commun une ressource pour les enseignants est aussi un élément important de la dialectique parce qu'il donne un but commun à tous les acteurs du groupe restreint et même à ceux du groupe élargi.

C'est dans le groupe restreint que peut s'exercer concrètement la dialectique entre les deux niveaux de questionnement de l'IDD. L'existence de ce groupe crée un lieu où les hypothèses de recherche se traduisent en hypothèses de travail qui sont amenées à évoluer dans le travail commun, ce qui amène ensuite à préciser ou modifier les hypothèses de recherche.

Une alternance de modalités de travail diverses dans le groupe laissant plus ou moins d'initiative aux formateurs de terrain permet de mettre l'accent, suivant les besoins, soit sur l'étude de la transposition didactique et des situations soit sur l'étude des pratiques ordinaires et de leurs possibilités d'évolution.

Un des objets du travail de l'année prochaine sera sans doute de préciser mieux ce que nous entendons par ressource et quel rôle nous lui faisons jouer. D'abord, il s'agit d'une ressource pour les enseignants qui contient des fiches ressources pour les élèves accompagnées d'éléments d'analyse à propos de leurs besoins. En effet, c'est souvent par le biais des difficultés constatées chez les élèves qu'on enclenche la réflexion des enseignants.

L'organisation de la ressource est un point crucial parce que nous savons que les enseignants ne sont pas prêts à lire de longs textes avant de rencontrer une activité qu'ils peuvent proposer à leurs élèves. Elle doit donc comporter des activités pour les élèves qui sont presque clés en main mais, avec néanmoins des repères pour les adapter sans en perdre l'intérêt. De plus, les situations proposées doivent s'intégrer dans une progression et non rester en marge du reste de l'enseignement de la géométrie. Une piste que nous explorons cette année est de rédiger des progressions théoriques (des repères dans les savoirs) qui mettent en œuvre les hypothèses G et P et couvrent toute l'école élémentaire sur un sujet familier et d'indiquer des croisements entre ces progressions : nous avons commencé avec une progression englobant le carré, le rectangle et le triangle rectangle.

La ressource doit comporter ce qui relève du contenu à apprendre par les élèves, y compris des formulations pour les élèves mais aussi des connaissances complémentaires sur le contenu pour l'enseignant et des questions de gestion de la progression des connaissances des élèves en classe. Nous ne pouvons pas nous contenter de la description de la situation, des procédures attendues des élèves et de ce qu'il y a à retenir. Il faut indiquer jusqu'où on peut aller dans l'explicitation de la consigne, quels types d'aide on peut apporter et dans quelles conditions. C'est en effet un des points de difficulté que nous avons repérés dans nos observations. Plusieurs niveaux de ressources sont ainsi à envisager.

Il faut de plus que la ressource soit assez proche des pratiques ordinaires pour que les enseignants la reconnaissent comme utilisable et s'en servent. Il faut aussi qu'elle leur permette d'acquérir des connaissances nouvelles sur le contenu lui-même et sur sa didactique. Il nous semble que ces conditions sont assez proches de ce que Adler (2010) appelle la transparence de la ressource, mais dans le cas d'une ressource pour les élèves.

Ainsi, la nécessité de l'instance de conversion semble découler de la volonté de prendre en compte les deux sens des rapports entre recherche et enseignement : diffuser des résultats de recherche via une ingénierie didactique et répondre aux besoins de l'enseignement. C'est le lieu où s'organise une dialectique entre les niveaux 1 et 2 de l'IDD et c'est aussi le moyen d'élaborer une ressource utile du point de vue des chercheurs (répondant aux besoins qu'ils ont identifiés) et utilisable du point de vue des enseignants (répondant aux besoins ressentis).

Quels outils théoriques utiliser pour tester l'adaptabilité des situations ? (niveau 2)

Pour recueillir des éléments de réponses à propos de l'adaptabilité des situations à l'enseignement ordinaire, le chercheur (en position surplombante) s'appuie d'une part sur le travail mené lors des séances en circonscription (groupe restreint et groupe élargi), ce qui correspond à la flèche 3, et d'autre part sur les expérimentations menées dans les classes, ce qui correspond à la flèche 2⁸. Mais, quels outils théoriques utiliser pour tester cette adaptabilité ?

Cerner le « point de vue » des enseignants

Dans le cadre de notre dispositif de travail, la prise en compte du point de vue des enseignants est bien évidemment facilitée par les EMF et CPC qui ont une meilleure connaissance du

⁸ Le chercheur recueille d'autres types de données (certaines concernent le niveau 1) mais nous nous limitons ici aux questions relevant du niveau 2.

terrain que les chercheurs (ne serait-ce que parce qu'ils y ont plus facilement accès). L'instance de conversion facilite donc la prise en compte du point de vue des enseignants par les chercheurs (et du point de vue des chercheurs par les enseignants). Dans l'état actuel de notre recherche, nous cherchons à mieux outiller nos analyses et dans ce but nous questionnons certains aspects de notre méthodologie en les mettant en parallèle avec d'autres notions issues d'autres cadres théoriques.

La notion de monde, telle qu'elle est développée dans le travail de Beguin qui, lui-même, emprunte ce concept à Prieto⁹, vise justement à conceptualiser la notion de « point de vue » (Beguin & Cerf, 2004 ; Beguin, 2005). Il ne s'agit pas ici d'un point de vue purement subjectif comme dans l'expression « à chacun son point de vue » pour signifier « à chacun son opinion, son avis » mais d'un point de vue situé c'est-à-dire défini par rapport au métier exercé ou pour le dire autrement défini par rapport à « d'où le sujet voit ». Ainsi, face à un même objet (par exemple une situation de travail) coexistent différents systèmes de référence, différents « points de vue », différents mondes qui sont autant d'*arrière-plans à partir desquels chacun se saisit d'une réalité tangible*. Cet arrière-plan est construit par et pour l'action par le sujet ce qui fait dire à Beguin que ce monde est construit et orienté. Beguin utilise cette notion pour étudier l'activité pour la conception de situation de travail lorsque celle-ci est considérée comme un processus développemental (c'est-à-dire un processus où caractéristiques des situations et activités de travail évoluent dialectiquement). La notion de monde permet donc de conceptualiser le « point de vue des opérateurs » et le « point de vue des concepteurs » et d'étudier ce qui se joue à l'interface entre les « points de vue » en présence.

Le travail de conception est alors vu comme la construction d'un monde commun, lieu d'échanges et d'apprentissages mutuels au sein duquel de nouvelles propositions émergent peu à peu. Il est important de noter que la construction de ce monde commun ne va pas de soi, il y a des conflits, des désaccords mais c'est « *lorsqu'on s'éloigne d'un monde qu'on prend conscience de son existence* » (Beguin, 2005). Le résultat du travail des uns n'est jamais définitif, ce n'est qu'une hypothèse de travail à confirmer dans le monde des autres. Sans aller jusqu'à une intégration de cette notion dans notre méthodologie de recherche (le travail d'articulation entre les cadres théoriques reste à faire), nous souhaitons souligner quelques similitudes.

Dans le travail de conception de ressources mené au sein du LéA, nous cherchons à prendre en compte à la fois le « point de vue des chercheurs » (finalisé par la production de savoirs scientifiques) et « celui des enseignants » (finalisé par l'action auprès des élèves). Dans notre recherche, nous étudions ce qui se joue dans l'espace interinstitutionnel que nous avons créé afin de mieux comprendre ce qui peut faire obstacle à l'adaptabilité des situations à l'enseignement ordinaire ou au contraire ce qui peut la favoriser. Ce travail de conception est donc bien un lieu d'échanges et d'apprentissages mutuels. L'évolution de notre projet témoigne que la construction d'une ressource commune ne va pas de soi (il y a des débats, des désaccords, des besoins à prendre en compte) : le résultat du travail des uns n'est jamais définitif, ce n'est qu'une hypothèse de travail à confirmer par les autres.

Ce sont ces moments de confrontation (moments où le travail des uns n'est pas validé dans le monde des autres) et leur dynamique (comment évoluent ces mises en tension et comment les différents protagonistes parviennent ou non à les dépasser) qui peuvent permettre au chercheur en position surplombante de cerner ce qui est prioritaire pour les chercheurs, mais surtout ce qui est prioritaire pour les enseignants (flèche 3 sur la figure 10).

⁹ Prieto, L. J. (1975). *Pertinence et pratique. Essai de sémiologie*. Paris: Editions de Minuit.

Cerner la contribution de l'enseignant pour mieux réinterroger la situation et la ressource

Interrogeons-nous à présent sur la méthodologie à mettre en place par le chercheur en position surplombante pour traiter les données recueillies lors des expérimentations menées en classe (flèche 2 sur la figure 10). A ce stade-là du travail, ce dernier cherche à identifier ce qui doit être modifié dans la situation telle qu'elle a été conçue pour être plus adaptée aux pratiques. Mais, pour cela, il doit pouvoir identifier parmi les écarts constatés entre la situation proposée et sa mise en œuvre en classe, ceux qui sont révélateurs d'un manque d'adaptabilité et qui doivent déboucher sur des modifications à apporter à la situation et à la ressource présentant cette situation.

L'écart entre le travail prescrit et le travail réel est un sujet d'étude classique des chercheurs en analyse du travail qui opèrent comme l'indiquent Ombredane et Favergé (1955) une distinction fondamentale entre tâche et activité, c'est-à-dire entre « ce qu'il y a à faire » et « ce que l'on fait ». Selon ces chercheurs, cet écart est irréductible, y compris dans les situations où le travail est présenté comme une « simple » exécution, voire même lorsque la prescription d'une procédure est faite sous forme par exemple de fiche technique, même lorsque cette fiche technique prétend rendre compte de la totalité de ce qui est à faire. Lorsque la tâche est difficilement explicitable (et c'est particulièrement le cas pour les tâches enseignantes qui sont complexes) la contribution de l'agent est importante.

Dans le cadre de notre recherche, lorsque nous analysons les séances mises en œuvre, nous avons besoin de cerner la contribution de l'enseignant pour mieux distinguer ce qui est dû à la situation elle-même et ce qui dépend de l'enseignant (c'est-à-dire, ses propres choix, ses connaissances, son parcours...).

Le modèle d'analyse présenté ici est un modèle de l'activité de l'enseignant (Mangiante-Orsola, 2012) adapté d'un schéma de Leplat (1997) qui analyse l'activité de l'agent comme une suite de tâches. Nous y distinguons trois niveaux ou positions pour le maître : la représentation de la tâche (tout ce que l'enseignant met en œuvre pour se représenter tout ce qu'il pense qu'on attend de lui), la redéfinition de la tâche (tout ce que l'enseignant met en œuvre pour redéfinir la tâche représentée en fonction de ses propres finalités, ce qu'il pense être capable de faire) et la réalisation de la tâche (tout ce que l'enseignant met en œuvre pour réaliser la tâche redéfinie).

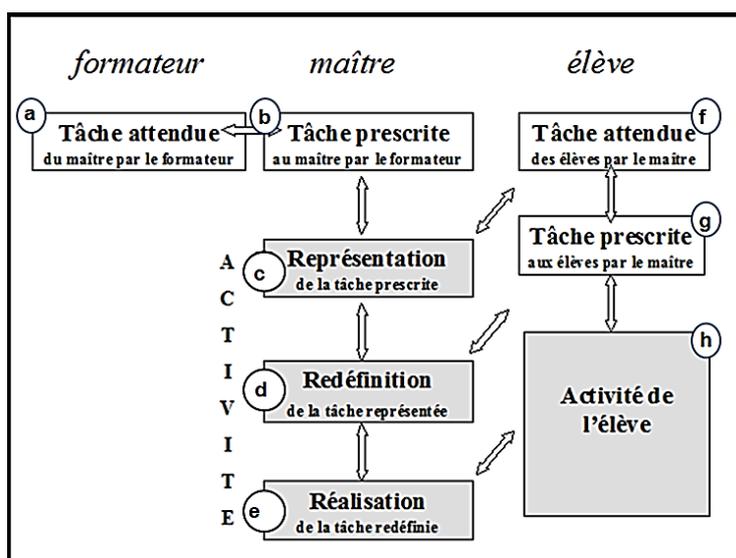


Figure 18

Par exemple, certains enseignants, malgré l'accompagnement mis en place, peuvent ne pas percevoir les enjeux de la situation et le rôle qu'ils sont censés jouer (écart entre la tâche

prescrite, c'est-à-dire, la tâche qui leur a été prescrite via la formation continue et la ressource et la tâche représentée, c'est-à-dire, ce qu'ils pensent que nous attendons de leur part. L'écart est alors au niveau de la représentation de la tâche. Certains enseignants peuvent avoir une idée assez claire de ce qu'on attend d'eux, mais faire d'autres choix, qui peuvent d'ailleurs être tout à fait pertinents, comme par exemple travailler avec le Tableau Blanc Interactif parce que cela leur semble plus pratique mais ils créent un écart au niveau de la redéfinition de la tâche parce que le TBI induit d'autres façons de manipuler les instruments (virtuels)... Ici, l'enseignant redéfinit la tâche représentée en fonction d'autres finalités (qui lui sont propres). Les écarts peuvent aussi survenir au moment de la réalisation de la tâche. Ils sont dus par exemple à la manière dont les enseignants vont réguler, vont gérer les imprévus, etc. Ainsi, l'analyse de la contribution de l'enseignant doit permettre de mieux cerner les éléments de la situation et/ou de la ressource qu'il convient de revisiter aux niveaux 1 ou 2.

CONCLUSION

Au cours de la troisième et dernière année du LéA, nous envisageons de tester avec d'autres enseignants les documents produits et d'apporter les ajustements nécessaires à la rédaction d'une ressource diffusable auprès d'enseignants n'ayant pas suivi de formation spécifique. Ce sera aussi l'occasion d'affiner nos avancées théoriques et méthodologiques. Cependant, le travail de conception n'est jamais véritablement achevé : à chaque bilan, les propositions des uns peuvent constituer un nouveau point de départ qui oriente le travail des autres vers de nouveaux choix et de nouvelles hypothèses de travail à tester.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADLER J. (2010) La conceptualisation des ressources. Apports pour la formation des professeurs de mathématiques. In Gueudet G., Trouche L. (Eds.) *Ressources vives. Le travail documentaire des professeurs de mathématiques*. Lyon : INRP et Rennes : Presses Universitaires de Rennes.
- BEGUIN P. (2005) Concevoir pour les genèses professionnelles. In Rabardel P., Pastré P. (Eds.) *Modèles du sujet pour la conception. Dialectiques activités développement*. Toulouse : Octarès.
- BEGUIN P., CERF M. (2004) Formes et enjeux de l'analyse de l'activité pour la conception des systèmes de travail. *Activités*, 1(1), 54-71.
- BESSOT A. (2011) L'ingénierie didactique au cœur de la théorie des situations. In C. Margolinas et al. (Eds.) *En amont et en aval des ingénieries didactiques* (pp. 29-56). Grenoble : La pensée sauvage.
- BROUSSEAU G. (1983) Etude des questions d'enseignement. Un exemple : la géométrie. *Séminaire de didactique des mathématiques et de l'informatique*. LSD, IMAG. Université Fourier. Grenoble.
- BROUSSEAU G. (2006) Mathematics, Didactical engineering and observation in Novotná J., Moraová H., Krátká M., Stehlíková N. (Eds) *Proceedings of the 30th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, Vol. 1*. (pp. 3-18). Prague: PME.
- BROUSSEAU G. (2013) Introduction à l'Ingénierie Didactique. guy-brousseau.com/wp-content/uploads/2013/12/Introduction-à-l'ingénierie-didactique3.pdf
- BROUSSEAU G., BROUSSEAU N. (2006) *L'ingénierie didactique en mathématiques*. Séminaire

du DAEST, Bordeaux.

BUTLEN D., MASSELOT P., PEZARD M. (2009) Gestes et routines professionnels : un enjeu pour analyser et intervenir sur les pratiques enseignantes. In Kuzniak A., Sokhna M. (Eds.) *Enseignement des mathématiques et développement, enjeux de société et de formation. Actes du colloque EMF2009. Revue internationale Francophone*, numéro spécial. [HTTP://WWW.FSE.ULAVAL.CA/LDEBLOIS/PDF/BUTLEN.PDF](http://www.fse.ulaval.ca/ldeblois/pdf/butlen.pdf), consulté le 18 novembre 2015.

CHEVALLARD Y. (2005) La place des mathématiques vivantes dans l'éducation secondaire : transposition didactique des mathématiques et nouvelle épistémologie scolaire. In *La place des mathématiques vivantes dans l'éducation secondaire*, pp. 239-263. Paris : APMEP.

DUVAL R. (2005) Les conditions cognitives de l'apprentissage de la géométrie : développement de la visualisation, différenciation des raisonnements et coordination de leurs fonctionnements. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, 10, 5-53.

GUEUDET G, TROUCHE L. (2010) *Ressources vives. Le travail documentaire des professeurs de mathématiques*. Rennes : PUR et INRP.

HOUEMENT C. (2007) A la recherche d'une cohérence entre géométrie de l'école et géométrie du collège. *Repères-IREM* 67, 69-84.

HOUEMENT C., KUZNIAK A. (2006) Paradigmes géométriques et enseignement de la géométrie. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives* 11, 175-195.

LECLERCQ R., MANGIANTE-ORSOLA C. (2014) Étude d'un dispositif articulatif production de ressources et formation continue en géométrie : quels effets sur les pratiques des enseignants ? *Actes du XLème colloque de la COPIRELEM*. Nantes

LEPLAT J. (1997) *Regards sur l'activité en situation de travail. Contribution à la psychologie ergonomique*. Paris : PUF.

MANGIANTE-ORSOLA C. (2012) Une étude de la cohérence en germe dans les pratiques de professeurs des écoles en formation initiale puis débutants. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, vol 32(3), 289-331.

MANGIANTE-ORSOLA C., PERRIN-GLORIAN M.J. (2016) Elaboration de ressources pour la classe, interface entre recherche et enseignement ordinaire. In Chopin M.P., Cohen-Azria C., Orange-Ravachol D. (Eds.) *Questionner l'espace. Les méthodes de recherche en didactiques*. (pp. 79-94) Lille : Presses Universitaires du Septentrion.

OMBREDANE A., FAVERGE J-M. (1955) *L'analyse du travail*. Paris : PUF.

PERRIN-GLORIAN M.J. (2011) L'ingénierie didactique à l'interface de la recherche avec l'enseignement. Développement de ressources et formation des enseignants. In C. Margolinas et al. (Eds.) *En amont et en aval des ingénieries didactiques* (pp. 57-78). Grenoble : La pensée sauvage.

PERRIN-GLORIAN M.J., GODIN M. (2014) De la reproduction de figures géométriques avec des instruments vers leur caractérisation par des énoncés. *Math-école* 222, 26-36.

PERRIN-GLORIAN M.J., GODIN M. (en cours de publication) Géométrie plane : pour une approche cohérente du début de l'école à la fin du collège.

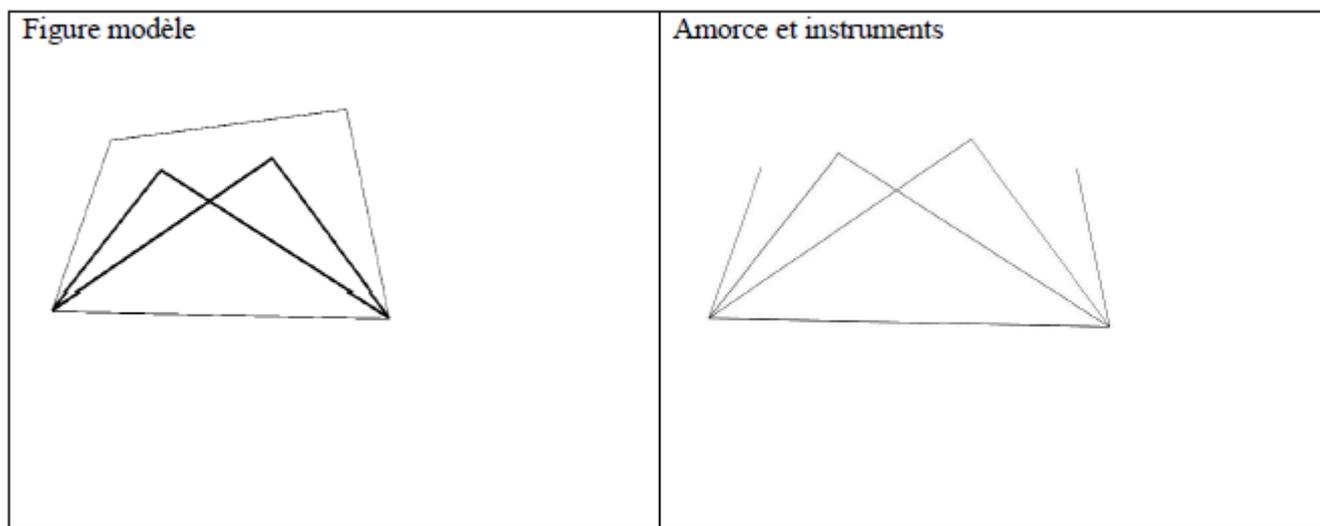
PETITFOUR E. (2015) *Enseignement de la géométrie à des élèves en difficulté d'apprentissage : étude du processus d'accès à la géométrie d'élèves dyspraxiques visuo-spatiaux lors de la transition CM2-6^{ème}*. Thèse de l'Université Paris Diderot.

ROBERT A., ROGALSKI J. (2002) Le système complexe et cohérent des pratiques des

enseignants de mathématiques : une double approche. *Revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies*, 2(4), 505-528.

ANNEXE 1

Phase 3



Variables didactiques :

Modèle à la même taille ① ou non ②

Modèle sur la même feuille ③ ou séparé ④

Procédures observées	Difficultés rencontrées	Aides / adaptations apportées	Mots pour le dire
<ul style="list-style-type: none"> ● Seuls les deux côtés latéraux sont prolongés. Le côté manquant de la figure est tracé après : <ul style="list-style-type: none"> - Estimation (plus ou moins précise) - Mesure par rapport à la taille du modèle - Réajustement par rapport à ce qui a été observé lors de la phase de vérification avec le calque - Superposition de l'amorce avec le modèle ● Prolongement des deux côtés latéraux, puis tracé du quatrième côté en s'appuyant sur la perception, puis prolongement des côtés des triangles et réajustement. ● Procédure attendue : perception des alignements (diagonales) et des sommets à l'intersection des diagonales et des côtés latéraux prolongés. 	<p>L'absence de gabarit n'incite pas les élèves à repartir sur la figure-modèle.</p> <p>Les élèves se contentent de procédures hasardeuses</p> <p>Le fait que les triangles constituent des lignes fermées n'incite pas les élèves à prolonger les côtés.</p> <p>Les élèves ne savent pas ce qu'ils doivent chercher.</p> <p>Il faut prolonger des lignes pour trouver des points. Il faut envisager une intersection de droites pour un point. Ce point est vu comme un sommet et non comme l'intersection de deux droites. Ces actions sont à faire dans un ordre précis.</p>	<p>→ Etayage</p> <p>→ Utilisation de la ficelle pour repérer des alignements</p> <p>→ Rappel du contrat didactique et notamment qu'on ne peut pas se fier qu'à la perception</p> <p>→ Etayage pour clarifier ce qu'on cherche : les deux points (activité intermédiaire autorisant les reports de longueur ?)</p>	<p>→ « On ne peut pas faire confiance à nos yeux. L'œil n'est pas un outil géométrique. »</p> <p>→ Deux points sont nécessaires pour déterminer / tracer une droite.</p> <p>→ Un point peut s'obtenir par l'intersection de deux droites.</p> <p>→ Les côtés des triangles sont portés par ces deux droites.</p>