# UNIVERSITE DE MONS

## Faculté de Psychologie et des Sciences de l’Education


# Passage à la visualisation non iconique au 4ème cycle primaire par l’usage de la déconstruction dimensionnelle :

# Adaptation et validation d’un dispositif pédagogique


Direction :
N. Duroisin

Mémoire présenté par
Romain BEAUSET en vue de
l’obtention du diplôme de
Master en sciences de
l’éducation, à finalité
spécialisée en enseignement et
apprentissages scolaires



**Année académique 2018-2019**

## ***Remerciements***

Je remercie dans un premier temps tous les formateurs de ce master en Sciences de l'Education et plus particulièrement Madame Duroisin, qui a accepté d'être promotrice de ce travail de fin d'études. Son suivi de qualité et nos nombreux échanges ont indéniablement enrichi le travail et permis son aboutissement. Ceux-ci ont nourri ma réflexivité tout au long du travail. Mes remerciements s'adressent également aux membres du service INAS pour leur accompagnement notamment lors des séminaires.
Je me dois également de remercier l'ensemble des enseignants ayant pris part de manière plus ou moins investie au projet de recherche mené. Mes remerciements s'adressent en particulier à l'équipe éducative des Ursulines de Mons qui a accepté de prendre part à cette recherche collaborative. Sans le partage de leur expérience, ce travail n'aurait jamais pu avoir lieu. Je les remercie donc pour leur engagement et leur confiance ainsi que pour le temps précieux qu'ils m'ont accordé. Bien évidemment, merci également à leurs élèves.

Il me semble primordial de remercier aussi famille et amis pour le soutien moral et l'aide qu'ils ont apportés au cours de ces derniers mois. Je ne peux qu'être reconnaissant de tous ces encouragements reçus au cours de cette période stressante.

Enfin, je remercie l'ensemble des personnes qui ont pris le temps de me relire et de me corriger. Qu'ils soient membres de la famille, amis ou simples connaissances, leurs remarques constructives m'ont permis d'aller au bout de cet objectif.

Que toute personne ayant contribué, de près ou de loin, à l'élaboration de ce travail, trouve ici le témoignage de mes plus sincères remerciements.

## *Sommaire*

# Liste des tableaux



# Liste des figures

# Introduction générale

En mathématiques, et plus particulièrement en géométrie, la transition entre l'enseignement primaire et l'enseignement secondaire est un changement parfois radical qui pose des difficultés à un grand nombre d'élèves (Stegen, Géron & Daro, 2009 ; Bouchard, 2016). A titre d'illustration, citons les résultats au CEB et CE1D 2018 obtenus en mathématiques qui atteignent respectivement un score moyen de 75,92% et de 51,5% (Fédération Wallonie-Bruxelles, 2019a, 2019b).

Divers facteurs peuvent être à l'origine de ces difficultés de transition et les auteurs qui ont tenté de les identifier sont nombreux (FUNDP, 2002 ; Bednarz, Auclair, Lafontaine, Leroux & Morelli, 2009 ; Boublil-Ekimova, 2010 ; De Kesel, Hauchart, Ben Naoum, Plumat & Tinant, 2012 ; Mangiante-Orsela & Perrin-Glorian, 2014 ; Groupe IREM Transition école-collège de Montpellier, 2014 ; Bouchard, 2016 ; Chambris, Tempier & Allard, 2018 ; …). Citons par exemple le manque de prérequis des élèves ou encore la présence de ruptures de contrats didactiques entre les deux niveaux d'enseignement.

Les recherches menées en didactique de la géométrie ces quinze dernières années, sous l'impulsion de Duval (2005), ont permis de relever une de ces ruptures dans l'enseignement de la géométrie au sujet de la visualisation des figures. En effet, les élèves se retrouvent seuls à devoir faire face au défi de passer de la visualisation iconique, exercée en enseignement primaire, à la visualisation non iconique, attendue en enseignement secondaire et nécessaire pour pouvoir développer des compétences géométriques (Duval, 2005 ; Perrin-Glorian, 2014). D'après Duval (2005), la déconstruction dimensionnelle constitue un réflexe que doivent acquérir les élèves puisqu'elle leur permet de développer la visualisation non iconique, indispensable donc à la poursuite de l'apprentissage de la discipline.

Bulf et Mathé (2018) estiment qu'aujourd'hui encore, malgré les nombreuses recherches menées, les enseignants ont du mal à constituer des outils qui puissent leur permettre d'enrichir les pratiques en géométrie. Il parait donc primordial, en vue de faciliter la transition vers l'enseignement secondaire de leurs apprenants, de mettre en place des séquences d'activités, dès l'enseignement primaire, qui ont pour but de développer la déconstruction dimensionnelle chez les élèves afin d'observer un changement de mode de visualisation chez ces derniers.

Lucchese (2015) s'est engagée dans ce travail en créant une séquence didactique, à destination des classes de dernière année de l'enseignement primaire. Pour les élèves ayant suivi ce dispositif pédagogique, des progrès ont été soulignés dans l'acquisition de la visualisation non iconique. Dans ses conclusions, Lucchese (*Ibidem*) confirme la nécessité de guider les enseignants en leur proposant des activités plus concrètes à mener en classe. Cela dans le but de les convaincre de l'intérêt de développer la visualisation non iconique des élèves et de leur faire prendre conscience des finalités de la géométrie. Ce constat est d'ailleurs renforcé par Bulf et Mathé (2018) qui soulignent la présence d'une difficulté, chez les enseignants de primaire, à percevoir les enjeux et finalités de cette discipline ainsi que le fonctionnement cognitif des apprenants.

Cette recherche s'inscrit donc dans le prolongement du travail de Lucchese (2015) et se fixe pour objectif de répondre à la question de recherche suivante : Quelle(s) activité(s) **concrète(s) et proche(s) de la réalité du terrain** proposer aux enseignants de sixième année de l'enseignement primaire afin de favoriser, chez les élèves, le passage à la visualisation non iconique par le recours à la déconstruction dimensionnelle ?

Pour y arriver, ce travail passe dans un premier temps par l'élaboration d'un cadre théorique. Etendu sur les cinq premiers chapitres, il permet entre autres de comprendre le fonctionnement de la visualisation en géométrie pour percevoir la rupture entre l'enseignement primaire et le secondaire. Il sert également à l'identification des pratiques qui permettent de la limiter. En plus de cela, le cadre théorique présente la démarche de recherche collaborative, technique permettant d'aboutir à un dispositif proche de la réalité du terrain au moyen d'un travail mené avec des praticiens. Est ensuite proposé un cadre pratique ayant pour but de présenter le travail de recherche réalisé. Celui-ci est d'abord composé, au sein des chapitres 6 et 7, d'un descriptif de la méthodologie de recherche mise en place pour apporter une réponse à la question précédemment citée. Dans un premier temps, une recherche collaborative est réalisée avec des enseignants afin d'aboutir à un dispositif pédagogique. Ensuite, ce dispositif est testé par ces derniers au sein de leur classe au travers d'une quasi-expérimentation. Les résultats obtenus au cours de la recherche collaborative ainsi qu'au cours du plan quasi-expérimental sont ensuite présentés respectivement aux chapitres 8 et 9, et ces derniers sont discutés dans l'ultime chapitre de ce travail.

L'originalité de la recherche mise en place réside dans la présence en continu des praticiens. Cette présence semble apporter une plus-value aux précédents travaux réalisés puisqu'elle permet de comprendre les pratiques de ces derniers, d'aboutir à un dispositif plus proche de leur réalité, mais également d'entamer une réflexion *a posteriori* sur le dispositif après qu'ils l'aient testé en classe.

# CADRE THEORIQUE

## Introduction au cadre théorique

Avant l'élaboration du dispositif et son expérimentation, plusieurs questions semblent apparaitre et y répondre est nécessaire. D'abord, il parait essentiel d'explorer le fonctionnement de la visualisation en géométrie en se demandant : Quels sont les gestes de visualisation de figures ? Comment ce processus fonctionne-il ? Que faire pour faciliter l'apprentissage et la transition ? Ensuite, il semble nécessaire de se demander comment élaborer des séquences pédagogiques proches de la réalité du terrain. Au vu de ces questions, deux grandes thématiques sont abordées à travers ce cadre théorique.

La première, qui recouvre les quatre premiers chapitres, traite de l'enseignement de la géométrie et apporte les connaissances permettant de comprendre le sujet de cette recherche. Au sein de cette dernière, le premier chapitre introduit le sujet de l'enseignement de la géométrie et évoque ses principales difficultés. Il met ensuite en évidence certaines notions de base qui semblent nécessaires pour la compréhension de la suite du travail, entre autres la distinction entre dessin et figure. Le chapitre suivant se concentre sur le fonctionnement de la visualisation en géométrie. Celui-ci est l'occasion de mettre en lumière le décalage à ce sujet entre les niveaux d'enseignement primaire et secondaire. C'est dans ce chapitre que sont présentées les notions phares de ce travail telles que la visualisation non iconique ou encore la déconstruction dimensionnelle. Par après, un troisième chapitre traite de la mise en place d'activités pour faciliter la transition entre primaire et secondaire en évoquant notamment les exercices de restauration. Finalement, le chapitre 4 permet d'aborder un autre élément de rupture existant en géométrie entre les deux niveaux d'enseignement, la notion de paradigme géométrique, qui semble avoir des liens avec la visualisation.

La seconde thématique, abordée à travers le cinquième chapitre, évoque les recherches participatives qui semblent être une solution pour élaborer des dispositifs proches de la réalité du terrain. En effet, ces recherches permettent de légitimiser les savoirs produits, au niveau de leur acceptabilité par les acteurs de terrain (Sanchez & Monod-Ansaldi, 2015). Sont abordées en détail les recherches collaboratives qui semblent appartenir au type de recherches participatives correspondant aux intentions de ce travail. Les recherches participatives et en particulier la recherche collaborative, semblent posséder des caractéristiques qui leur sont propres et la connaissance de celles-ci semble indispensable pour mener à bien le travail.

# Chapitre 1 : Enseignement de la géométrie : quelques notions de base

La géométrie constitue une discipline difficile à apprendre et également à enseigner et ces difficultés font, selon Bulf (2019), l'objet de nombreux travaux de recherche. Il est par exemple possible de citer les travaux d'Ekimova (2005), de Kalogirou, Elia et Gagatsi (2009), de Celi (2014), d'Emprin (2014) ou encore plus récemment de Jones, Maschieto et Mithalal (2017).

Ekimova (2005) a mis en évidence l'existence de quatre catégories de difficultés : les difficultés visuelles, les difficultés langagières, les difficultés liées à l'emploi du raisonnement et enfin les difficultés de résolution de problèmes. Si Celi (2014), Emprin (2014) mais aussi Bulf (2019) s'accordent eux-aussi sur l'existence des difficultés visuelles et langagières, ils mettent également en évidence l'existence de difficultés liées à l'activité matérielle (utilisation des instruments, précision des tracés…).

> *Indeed, geometry is unique and complex in terms of the role of material activity (using instrument, manipulation, modeling...), visualization and language for the construction of mathematical concepts* (Bulf, 2019, p.2).

Duval (2005) confirme que la géométrie est un domaine d'enseignement difficile et le justifie par le fait qu'elle exige une activité cognitive intégrant des éléments trop complexes dont l'acte de « voir » fait partie. De plus, il existe, selon Duval et Godin (2005), confirmés par Perrin-Glorian et Godin (2018), une incohérence entre ce qui est fait au cours de l'enseignement primaire et ce qui est attendu en enseignement secondaire au sujet de la visualisation, ce qui ne facilite pas la transition entre ces niveaux. Cette incohérence illustre donc la présence d'une rupture didactique.

Les difficultés visuelles semblent donc faire l'objet d'un consensus et constituent le sujet principal de cette recherche. Cela est d'autant plus vrai qu'elles sont même, d'après Tanguay (2002), à l'origine d'autres difficultés comme celles liées à la mise en place d'un raisonnement géométrique.

Avant d'aborder en détail, dans les chapitres suivants, des aspects spécifiques à la visualisation, il semble indispensable d'aborder quelques notions de base. D'abord, il semble nécessaire de distinguer la notion de figure et la notion de dessin, utilisées tout au long du travail et qui font souvent l'objet de confusion. Sont présentées ensuite la notion de dimension et d'unité figurale, indispensables pour comprendre la suite du travail et notamment le concept de déconstruction. Enfin, il semble également nécessaire de distinguer monde sensible, monde graphique et monde géométrique.

### 1.1. *Figures, dessins, objets géométriques…*

Si dans le langage courant, dessin et figure sont utilisés comme des synonymes, il semble qu'en didactique de la géométrie, il faut différencier ces deux notions puisqu'elles occupent un statut cognitif différent. Nous retenons, à l'instar de Bulf et Mathé (2018), la distinction proposée par Parzysz (1988) qui est, depuis longtemps, approuvée et réutilisée par les chercheurs en didactique des mathématiques comme le soulignent Larguier et Bonnet-Philip (2014).

Pour Parzysz (1988) tout comme Laborde (1994), la figure constitue l'objet mathématique du modèle euclidien. C'est un objet géométrique théorique possédant une dénomination, une définition et des propriétés Le dessin est quant à lui une matérialisation de la figure sur un support (papier, écran …). Dès lors, ce dernier ne constitue qu'une représentation de la figure et appartient au monde sensible. Parzysz (1988) complète cette idée en soulignant que la figure est décrite par le texte qui le définit. C'est-à-dire que pour un objet géométrique invoqué, deux représentations sémiotiques de nature différente peuvent être mises en lien. D'abord, une représentation discursive qui est le texte descriptif et ensuite une représentation non discursive, dans le registre graphique, qui est cette fois le dessin matériel. Cette distinction entre figure et dessin est confirmée par Coutat-Gousseau (2006) qui opte pour des arguments semblables à ceux cités précédemment. De plus, la "figure" en géométrie peut être décrite comme un tout qui combine des hypothèses donnant des propriétés avec une représentation visuelle (Duval, 2005). En d'autres mots, cela signifie que l'ensemble des codes utilisés (lettres nommant les points de la figure, marques…) font partie de la figure. En effet, la présence du codage illustre bien que le travail se réalise sur un ensemble de propriétés (Emprin, 2014). Laborde et Capponi (1994) complètent cette première distinction entre dessin et figure.

> *Le dessin peut être considéré comme un signifiant d'un référent théorique […] La figure géométrique consiste en l'appariement d'un référent donné à tous ses dessins, elle est alors définie comme l'ensemble des couples formés des deux termes, le premier terme étant le référent, le deuxième étant l'un des dessins qui le représente ; le deuxième terme est pris dans l'univers de tous les dessins possibles du référent. Le terme figure géométrique renvoie dans cette acception à l'établissement d'une relation entre un objet géométrique et ses représentations possibles* (Laborde & Capponi, 1994, p.168).

Ainsi, les différents auteurs semblent donc d'accord pour souligner qu'une figure correspond à la représentation mentale d'un objet géométrique, issu d'une théorie géométrique alors que le dessin constitue le moyen utilisé pour représenter cette figure.
Dès lors, une même figure peut être représentée par plusieurs dessins (Coutat-Gousseau, 2006). Le choix du dessin réalisé pour représenter la figure dépend de la façon dont les éléments constitutifs de l'objet sont représentés. Par exemple, pour représenter un rectangle dont la longueur vaut le double de la largeur, plusieurs représentations sont possibles. On observe que, sur certaines d'entre elles, les informations sur les angles droits et/ou sur les longueurs de côtés peuvent être explicitement indiquées à l'aide notamment de codages alors que d'autres nécessitent le recours à l'instrument pour pouvoir déterminer les caractéristiques de la figure en question. On constate aussi que certaines représentations peuvent être proposées à l'échelle et d'autres à main levée (Coutat-Gousseau, *Ibid*.).

### *1.2. Dimensions et unités figurales nD/mD*

En géométrie, la dimension est une composante ou propriété servant pour décrire un espace de référence. Cette notion permet également de caractériser une figure géométrique. Dans ce cas, elle représente le nombre de composantes nécessaires pour la décrire. Ainsi, on dira qu'un triangle est une figure géométrique de dimension 2 ou une figure à deux dimensions ou encore une figure en 2D (Patenaude & Mathieu, s.d).
Les unités figurales d'un objet sont les composantes élémentaires de cet objet, dont l'assemblage produit la figure. Par exemple, un carré est l'assemblage de segments mais aussi de points. Pour pouvoir au mieux décrire les unités figurales, il semble nécessaire d'adopter une notation permettant d'une part de décrire la dimension de l'unité figurale ainsi que la dimension de l'espace dans lequel cette unité figurale est plongée. Comme l'ont fait de nombreux auteurs (Duval, 2005 ; Mithalal, 2010 ; Bulf & Mathé, 2018 ; …), la notation utilisée est *unité figurale nD/mD*. Elle est utilisée pour signaler une unité figurale de dimension *n* plongée dans un espace à *m* dimensions. Par exemple, une droite représentée dans le plan est une unité figurale 1D/2D alors que si elle est représentée dans l'espace, elle devient unité figurale 1D/3D.

### 1.3. *Monde sensible, monde graphique, monde géométrique*

Perrin-Glorian et al. (2013) mettent en évidence l'existence de trois mondes distincts en géométrie lors de la résolution de problèmes : le monde sensible, le monde graphique et le monde géométrique. Ces trois mondes interagissent les uns avec les autres. Le premier monde est l'espace dans lequel le problème trouve son origine, il s'agit d'un espace en trois dimensions. Le monde graphique est un espace dans lequel l'apprenant produit des schémas ou des dessins qui lui permettent de représenter le problème physique. Finalement, le monde géométrique, appelé également *espace euclidien théorique*, est un monde qui contient les outils théoriques permettant de résoudre un problème.

Il semble maintenant possible, avec ces quelques notions de base, d'envisager une explication du processus de visualisation en géométrie. Le chapitre suivant a cette ambition puisqu'il tente de répondre à la question suivante : Quel est le fonctionnement de la visualisation des figures en géométrie chez les apprenants ?

# Chapitre 2 : Fonctionnement de la visualisation en géométrie

Pour pouvoir comprendre le fonctionnement de la visualisation, ce chapitre aborde principalement les concepts et principes mis en évidence par Duval il y a plus d'une dizaine d'année et repris par d'autres chercheurs à l'instar de Mithalal (2010) ou Bulf et Mathé (2018). Dans un premier temps, il est question d'identifier les deux modes de visualisation existant pour ensuite identifier le mode de visualisation qui semble adapté pour l'apprentissage de la géométrie. Après, le chapitre aborde le principe de déconstruction. Il met enfin en évidence le décalage présent entre l'enseignement primaire et l'enseignement secondaire, et le passage du mode de visualisation inadapté au mode de visualisation adapté à l'apprentissage de la géométrie.

## 2.1. *Deux modes de visualisation*

Deux niveaux d'opérations sont mis en jeu dans l'acte de voir : « la reconnaissance discriminative de formes et l'identification des objets correspondant aux formes reconnues » (Duval, 2005, p.13). A partir de cela, plusieurs manières de « voir » les figures sont définies et dépendent de la manière dont le passage est réalisé de la première à la deuxième opération. Duval (*Ibid.*) distingue deux modes opposés de fonctionnement cognitif : la visualisation iconique et la visualisation non iconique.
Au sein de chacun d'entre eux, deux approches spécifiques dans la manière de voir sont distinguées. Celles-ci dépendent du type d'activité effectuée par l'élève. Il y a l'approche du botaniste et de l'arpenteur-géomètre pour la visualisation iconique, alors que pour la visualisation non iconique, ce sont les approches du constructeur et de l'inventeur-bricoleur (Duval, *Ibid.*).

### 2.1.1. Visualisation iconique

Dans le mode iconique, c'est sa ressemblance avec une forme type qui permet à l'élève d'identifier le dessin observé. L'apprenant possède un répertoire de formes types au sein duquel chacune d'elles est associée à un nom. Ce nom attribue à la forme le statut d'objet et permet aux élèves de l'évoquer (Duval, 2005). Mithalal (2010) ajoute que l'élève, dans cette visualisation, n'a accès qu'à la forme générale. De plus, celui-ci ne va pas opérer sur cette forme générale pour ne pas la dénaturer. Dans ce contexte, c'est le dessin dans son ensemble qui constitue donc lui-même l'objet d'étude.
Au sein de la visualisation iconique, deux approches sont distinguées. D'une part, l'approche du botaniste dans laquelle les formes sont reconnues et nommées sur base de leur contour, à partir d'un constat perceptif immédiat. Celui-ci est possible par

superposition et ne constitue donc pas une activité géométrique. En effet, dans cette approche, les élèves ne réalisent pas de liens entre les propriétés de la forme. D'autre part, il y a l'approche de l'arpenteur-géomètre dans laquelle la visualisation passe par une prise de mesures à l'aide d'instruments. L'élève reconnait la figure par comparaison des valeurs numériques obtenues à l'aide d'instruments de mesure (Duval, *Ibid*.).

#### 2.1.2. Visualisation non iconique

Opposée à la visualisation iconique, la visualisation non iconique exige une séquence d'opérations pour reconnaitre les propriétés géométriques de la figure (Duval, 2005). Ce mode de visualisation passe par la modification du dessin pour y faire apparaitre des propriétés. Dès lors, la figure appartient à un réseau ou une organisation plus complexe et est une configuration qui peut être détachée de ce réseau (Mithalal, 2010).

Deux approches sont également distinguées par Duval (2005). D'abord l'approche du constructeur dans laquelle l'élève introduit, grâce au recours à l'instrument, des tracés *auxiliaires* « imposés » qui n'appartiennent pas à la figure finale. Par la ou les opérations de traçage qui lui sont demandées et avec les instruments qui lui sont imposés, l'élève pourra constater et intégrer les propriétés de la figure. Enfin, l'approche de l'inventeur-bricoleur où l'élève introduit des tracés *réorganisateurs* pour transformer les formes afin de découvrir sur la figure une procédure de résolution. Ces tracés ont la particularité d'être présents dans la figure finale et ne sont, cette fois, pas imposés. C'est donc à l'élève de les inventer et pour se faire, il devra passer par une décomposition de la figure de départ en unités figurales qui seront reconfigurées. Le tableau 1 propose un résumé des deux modes de visualisation présentés.

*Tableau 1 : Deux modes de visualisation dans la géométrie (Duval, 2005)*

| **Visualisation iconique** | **Visualisation non iconique** |
|---|---|
| Ça ressemble au profil d'un objet réel, ou à un ensemble d'itinéraires ou de déplacements sur un territoire ou à un modèle type (étalon). | C'est une séquence d'opérations qui permet de reconnaitre des propriétés géométriques, par l'impossibilité d'obtenir certaines configurations, ou par invariance des configurations obtenues. |
| *La figure reste un objet indépendant des opérations que l'on effectue sur elle.* | *La figure est une configuration contextuellement détachée d'un réseau ou d'une organisation plus complexes.* |

### 2.2. *Du mode de visualisation iconique aux obstacles à l'apprentissage*

Même si la vision iconique constitue celle utilisée dans la vie de tous les jours, elle est décrite comme une impasse pour l'apprentissage de la géométrie (Duval, 2005). En effet, elle fait entrave au regard adéquat à porter sur les figures et entraine notamment chez l'élève des difficultés à mettre en place un raisonnement de démonstration et de résolution de problèmes. Duval (*Ibid.*) précise d'ailleurs plusieurs obstacles qui découlent de ce mode de visualisation : la focalisation sur le contour des figures, la possibilité de tromperie et la présence d'une stabilité de la perception.

### 2.2.1. Focalisation sur le contour des figures

La visualisation iconique entraine une limitation de l'objet à son contour. En effet, la forme est d'abord considérée comme un profil, ce qui rend difficile l'utilisation des propriétés de la figure qui ne sont pas liées au contour. C'est le cas par exemple des propriétés des diagonales ou des médianes qui ne sont pas directement liées au contour de la figure mais qui pourtant peuvent s'avérer utiles en cas de résolutions de problème ou de démonstration. Sans mention explicite dans l'énoncé du problème, ces propriétés restent difficilement mobilisables par l'élève. En se focalisant sur le contour, il se contente uniquement d'associer l'objet à une forme 2D. Il aura dès lors une difficulté à sortir de la figure en prolongeant par exemple ses côtés ou en la décomposant. Néanmoins cette capacité semble nécessaire pour passer à la visualisation non iconique.

### 2.2.2. Possibilité de tromperie

Dans le mode de visualisation iconique, et en particulier dans la démarche du botaniste, l'apprenant se fie à ce qu'il voit. Toutefois, cela peut être source de tromperie en cas de ressemblance de l'objet à un exemple type. La figure 1 illustre cet exemple puisqu'au premier coup d'œil, certains élèves pourraient penser que le quadrilatère représenté est un carré alors qu'il n'en est pas un puisqu'il ne possède pas quatre angles droits.

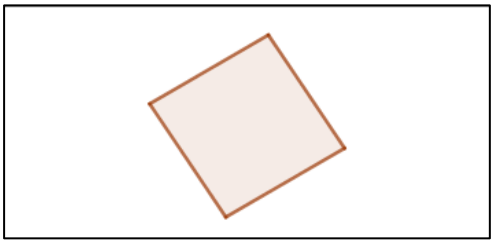


*Figure 1 : Exemple de tromperie au premier coup d'œil : Carré ou non ?*

Les apprenants ont en fait tendance à se fier à ce qu'ils voient sur le dessin, au détriment de l'entame d'un travail sur la figure géométrique (Duval, Godin & Perrin-Glorian, 2005). Parzysz (2006) semble le confirmer puisqu'elle relève que « l'évidence » de la figure peut entrainer une confusion et constituer un obstacle à la démonstration.

### 2.2.3. Stabilité de la perception

Un autre obstacle concerne la présence d'une stabilité dans la perception des figures. Cette stabilité ne permet pas de transformer une figure en d'autres figures semblables ou différentes. Ainsi, à titre d'exemple, dans le réseau de droites proposé en figure 2, il se détache d'emblée une juxtaposition de triangles alors qu'il y a une résistance à y voir une superposition d'autres formes (parallélogrammes, trapèzes, losanges mais également triangles équilatéraux de taille supérieure).

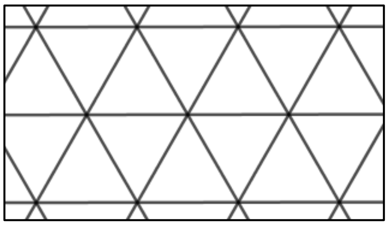


*Figure 2 : Exemple de stabilité de la perception*

Spontanément, à l'école élémentaire, les apprenants voient une figure composée[1] comme un assemblage de surfaces juxtaposées. Pourtant, elle peut être considérée également comme un assemblage de figures simples par superposition (Perrin-Glorian et al., 2013). La figure 3 constitue un exemple illustrant qu'une figure composée peut être perçue comme un assemblage par juxtaposition ou par superposition. Pour pratiquer la démonstration, le regard géométrique qu'il faut adopter est souvent une vision de figures par superposition (Perrin-Glorian, 2011). En outre, passer de la vision d'un assemblage à l'autre est compliqué car la perception de la figure est différente selon le type d'assemblage perçu (Duval & Godin, 2005). En effet, même si les formes en 2D correspondent à des contours fermés, dans l'assemblage par superposition, on peut percevoir moins de formes que de contours fermés, contrairement à l'assemblage par juxtaposition. Par ailleurs, l'assemblage par superposition « *appelle visuellement le prolongement des tracés reconnus comme appartenant à une forme et non à une autre* » (Duval & Godin, *Ibid*., p. 9).

Duval (2005) soutient que les obstacles mis en évidence pour la visualisation iconique vont à l'encontre des gestes qui doivent être faits en géométrie, des gestes de décomposition des formes en autres unités figurales. A l'inverse, la visualisation non iconique permet de mettre en place des opérations sur les dessins pour pouvoir construire

[1] Figures constituées d'un assemblage de formes usuelles, par opposition aux figures simples (Perrin-Glorian et al., 2013). L'exemple proposé à la figure 3 est considéré comme une figure composée.

une figure ou résoudre des problèmes en géométrie. Il est dès lors important d'opérer sur des dessins envisagés comme des représentants pour pouvoir résoudre des problèmes en géométrie, ce qui nécessite pour y arriver de mettre en place une visualisation non iconique (Mithalal, 2010). Par ailleurs, Duval (2005) ajoute que cette visualisation nécessite le passage par une décomposition des formes, action qui nécessite de faire passer l'apprenant par une déconstruction de la figure.

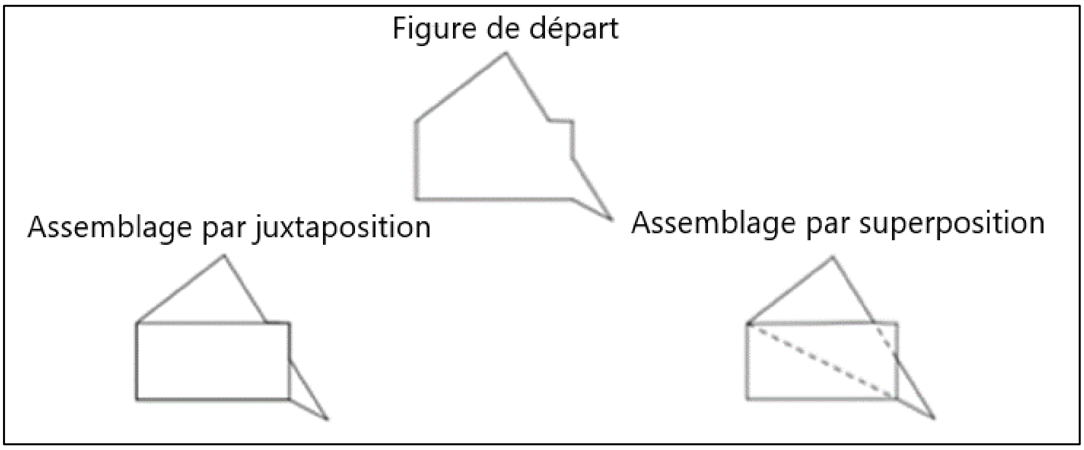



*Figure 3 : Comparaison entre assemblage par juxtaposition et par superposition*

## 2.3. Déconstruction des figures

Selon Duval (2005), au moins deux manières de décomposer la figure géométrique de départ existent et celles-ci dépendent de l'utilisation qui est faite de la figure de départ et des tracés supplémentaires qui lui sont ajoutés. Comme susmentionné lors de la mise en évidence des deux approches existant au sein de la visualisation non iconique (approche du constructeur et approche de l'inventeur-bricoleur), il y a la possibilité d'ajouter des tracés auxiliaires qui sont imposés ou des tracés réorganisateurs qui sont inventés. En parallèle à ces deux manières de décomposer, Duval (*Ibid.*) se questionne sur la possibilité d'existence d'une éventuelle autre manière de décomposer sans l'introduction de tracés supplémentaires, même mentalement ou implicitement. De plus, trois types de déconstruction sont identifiées : la déconstruction instrumentale, la déconstruction méréologique et la déconstruction dimensionnelle (Duval, *Ibid.*).

### 2.3.1. Déconstruction instrumentale

D'abord, la déconstruction instrumentale qui fait référence à l'ajout de tracés extérieurs à la figure. Elle permet de définir les étapes pour reconstruire un dessin à partir d'instruments donnés. La figure 4 présente un exemple de déconstruction instrumentale pour la construction d'un carré. Le carré étant le résultat de la procédure suivante : tracer une droite et y placer deux points, tracer deux perpendiculaires, puis deux cercles, et une droite passant par les deux points d'intersection. Néanmoins, il est à mentionner qu'il n'existe pas une seule solution de déconstruction dimensionnelle pour un même objet et que les différentes déconstructions ne sont pas toutes d'un même niveau d'évidence.

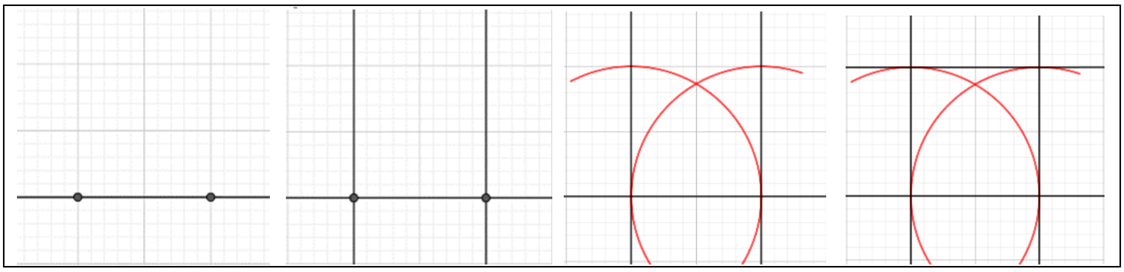


*Figure 4 : Déconstruction instrumentale d'un carré (Mithalal, 2010)*

#### 2.3.2. Déconstruction méréologique

La deuxième déconstruction envisagée par Duval (2005) est la déconstruction méréologique. Elle fait référence à l'ajout de tracés réorganisateurs et consiste à la division d'une figure en unités figurales de même dimension. Ainsi, une figure de dimension 2 serait déconstruite en plusieurs figures de même dimension juxtaposées les unes aux autres (2D/2D). La figure 5 présente un exemple de déconstruction méréologique. Selon Mithalal (2010), la mise en place d'un discours mathématique n'est pas nécessaire pour pouvoir la réaliser étant donné qu'une exploration visuelle du dessin suffit. Edward (1979) met en évidence que la division méréologique constitue une démarche existant depuis un certain temps en géométrie pour mettre en place des démonstrations. Elle apparait notamment dans une des démonstrations de la relation de Pythagore. Mangiante-Orsela et Perrin-Glorian (2014) considèrent qu'en appliquant la déconstruction méréologique, les élèves conservent une *vision « surfaces »* de la figure, c'est-à-dire une vision d'objets 2D uniquement.

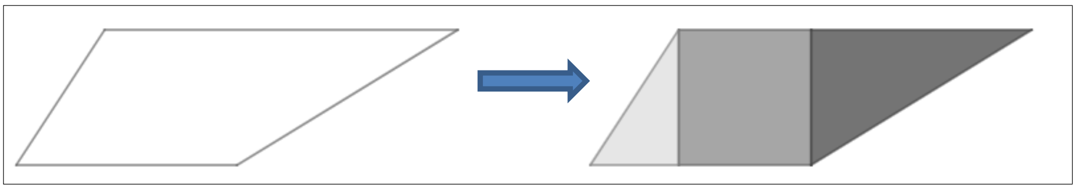


*Figure 5 : Déconstruction méréologique*

Trois catégories de déconstruction méréologique sont distinguées (Duval, 2005). Les déconstructions qu'il qualifie de *strictement homogènes*, lorsque la découpe donne des formes semblables à la figure initiale, celles qu'il nomme *homogènes*, quand la découpe donne toutes des formes identiques mais différentes de la figure initiale, et la troisième, *hétérogènes*, quand la découpe donne des formes différentes. Ainsi, un carré est découpé en quatre carrés par une déconstruction strictement homogène. Un même carré découpé en quatre triangles (par ses diagonales par exemple) consiste en une déconstruction homogène et finalement, l'exemple montré en figure 5 est un exemple de déconstruction hétérogène. Bien évidemment, plusieurs possibilités de division existent pour une figure donnée. De plus, la décomposition peut se faire graphiquement (ajout de tracés…), matériellement (découpage en puzzle…) ou par simple regard.

#### 2.3.3. Déconstruction dimensionnelle

Finalement, la déconstruction dimensionnelle constitue la dernière déconstruction répertoriée par Duval (2005). Elle fait également référence à l'ajout de tracés réorganisateurs et consiste à la division d'une figure en unités figurales de dimension inférieure. Par exemple, parallélépipède-rectangle peut être décomposé en une configuration de différents rectangles, qui eux-mêmes peuvent être décomposés en droites incluant les côtés des rectangles. La figure 6 représente un autre exemple de déconstruction dimensionnelle d'un objet en 2D. Mithalal (2010) vient compléter la définition en soulignant que la cohérence de cet assemblage d'unités de dimension inférieure est assurée par la mise en relation des unités et que cette opération est nécessaire pour que le travail porte sur les objets géométriques. Les termes *visions « lignes »* et *vision « points »* sont utilisés par Mangiante-Orsela et Perrin-Glorian (2014) pour décrire le geste de déconstruction d'une figure 2D respectivement en un ensemble de droites et de points.

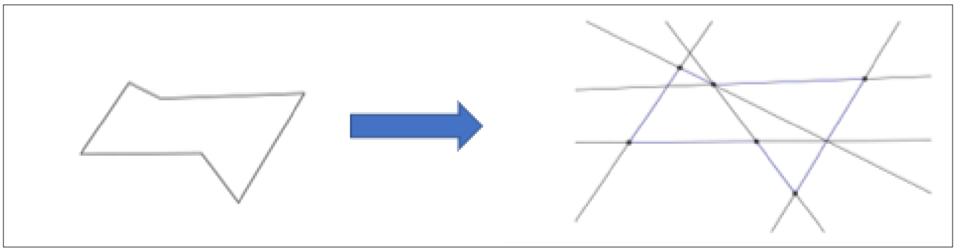


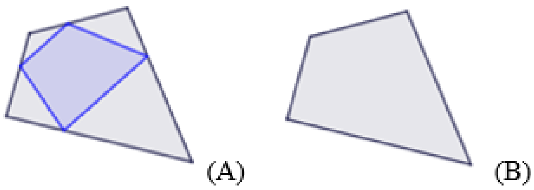
*Figure 6 : Déconstruction dimensionnelle*

Plusieurs éléments caractérisent la déconstruction dimensionnelle (Duval, 2005). D'abord, elle ne peut s'effectuer matériellement, contrairement à la déconstruction méréologique. De plus, si l'intention de la division méréologique est de reconfigurer la figure initiale en faisant apparaitre de nouvelles formes, la déconstruction dimensionnelle se fait quant à elle « *pour une (re)construction déductive des objets représentés* » (p. 24).

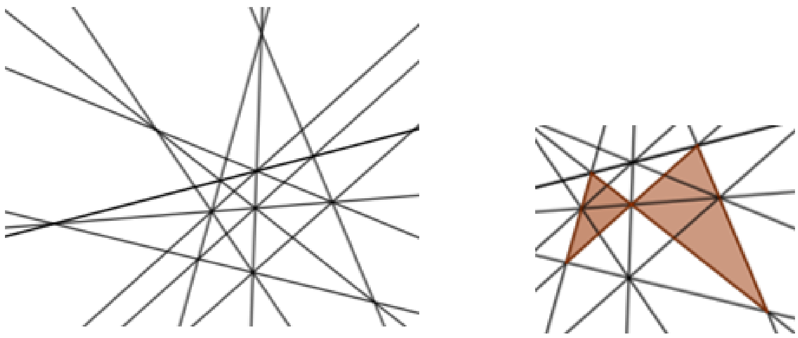
Lors de certaines résolutions de problème ou démonstration, la déconstruction dimensionnelle apparait comme un moyen d'apporter la solution. En effet, à la place d'effectuer un travail sur un champ constitué par des unités figurales 2D/2D, il s'agit de travailler sur un champ constitué d'unités figurales 1D/2D, voir 0D/2D. Grâce à ce nouveau champ, constitué d'un réseau de droites et points, une grande diversité de formes 2D/2D apparaissent. Ce sont certaines de ces formes qui peuvent amener la résolution de la situation posée, même si cela nécessite parfois de reconnaitre des formes non-visibles immédiatement (Duval, 2005). La figure 7 constitue un exemple d'usage de déconstruction dimensionnelle pour la résolution de problèmes. De plus, selon Aubert (2017), nombreux sont les problèmes de démonstration portant sur des objets 1D.

1) Énoncé du problème de départ sur des unités figurales 2D/2D

*Un quadrilatère bleu est inscrit dans le quadrilatère noir (A). Inscris le même quadrilatère bleu dans le quadrilatère noir (B), sans utiliser de règle graduée*




2) Déconstruction dimensionnelle pour aboutir à un champ d'unités figurales 1D/2D et mise en évidence d'unités figurales 2D/2D pour résoudre le problème



Dans ce cas-ci, les triangles mis en évidence sont semblables.

*Figure 7 : La déconstruction dimensionnelle dans la résolution de problèmes*

Mangiante-Orsela et Perrin-Glorian (2014) confirment que la résolution de démonstrations en géométrie passe souvent par l'articulation les trois visions de la figure présenté ci-avant (vision « surface », « ligne » et « points »). Dès lors, la déconstruction dimensionnelle semble bel et bien être un outil utile à l'élaboration de démonstrations géométriques.

## 2.4. Décalage entre l'enseignement primaire et l'enseignement secondaire

Au cours de l'enseignement primaire, les enseignants développent plutôt une vision iconique chez les élèves (Duval & Godin, 2005). Lucchese (2015) mais aussi Mangiante-Orsela et Perrin-Glorian (2014) le confirment puisqu'ils soulignent que la visualisation non iconique est peu développée voire inexistante chez les élèves de fin du primaire. En effet, « *très peu d'élèves mettent en évidence les tracés auxiliaires qui permettent de restaurer ou reproduire une figure et quand ils le font, c'est uniquement sur les formes familières à deux dimensions (carré et rectangle)* » (Lucchese, 2015, p.94).

Or, il semble qu'un changement de vision soit nécessaire et attendu au cours de l'enseignement secondaire. En effet, pour pouvoir acquérir des compétences et connaissances en géométrie à ce niveau scolaire, il est nécessaire que les apprenants sortent de cette vision de « surface » (Duval & Godin, 2005). Dans l'enseignement secondaire, une grande partie des propriétés et énoncés géométriques portent non pas sur des surfaces mais plutôt sur des objets de dimension 1 ou de dimension 0. Par exemple, pour les points, c'est le cas des propriétés liées aux relations d'incidences (alignements, appartenance…) et pour les droites et segments, les propriétés de perpendicularité, de parallélisme ou encore d'égalité de longueurs (Barrier, Hache & Mathé, 2014 ; Perrin-Glorian & Godin, 2018 ; Bulf & Mathé, 2018). Toute la discipline s'appuie sur ces propriétés, qui sont souvent considérées à tort comme déjà là (Mangiante-Orsela & Perrin-Glorian, 2014). Se situer dans un mode de visualisation non iconique semble donc essentiel pour la compréhension de ces propriétés et ainsi pour la poursuite de l'apprentissage. Cela est confirmé par Lucchese (2015) qui mentionne que la visualisation non iconique permet de développer ces propriétés géométriques, alors qu'elles ne sont pas toujours maitrisées au départ par les élèves.

Il existe donc bel et bien une rupture dans le contrat didactique en géométrie entre les deux niveaux. Comme susmentionné, ce changement ne se fera pas naturellement ce qui justifie la nécessité de le travailler dès l'enseignement primaire afin de limiter la rupture (Duval & Godin, 2005 ; Mathé, 2008 ; Bulf & Celi, 2015a…).

Elhabib (2015) traduit le fonctionnement attendu lors de la résolution de problème en géométrie par un algorithme représenté par la figure 8. Cet algorithme représente donc la stratégie à mettre en place pour faire de la visualisation en géométrie. Lorsqu'il se retrouve face à une figure de départ dans une situation problème, l'élève utilise naturellement la visualisation iconique. Il ressort de ce premier regard des éléments discursifs tels que l'énonciation des formes discriminées. Toutefois, ces éléments ne suffisent pas, la plupart du temps, à aboutir à la résolution. Dès lors, il doit repartir de la figure de départ et mettre en place une visualisation non iconique. Cela est rendu possible en effectuant des traitements sur la figure initiale ce qui lui permet d'obtenir une nouvelle figure et ainsi les réponses attendues.

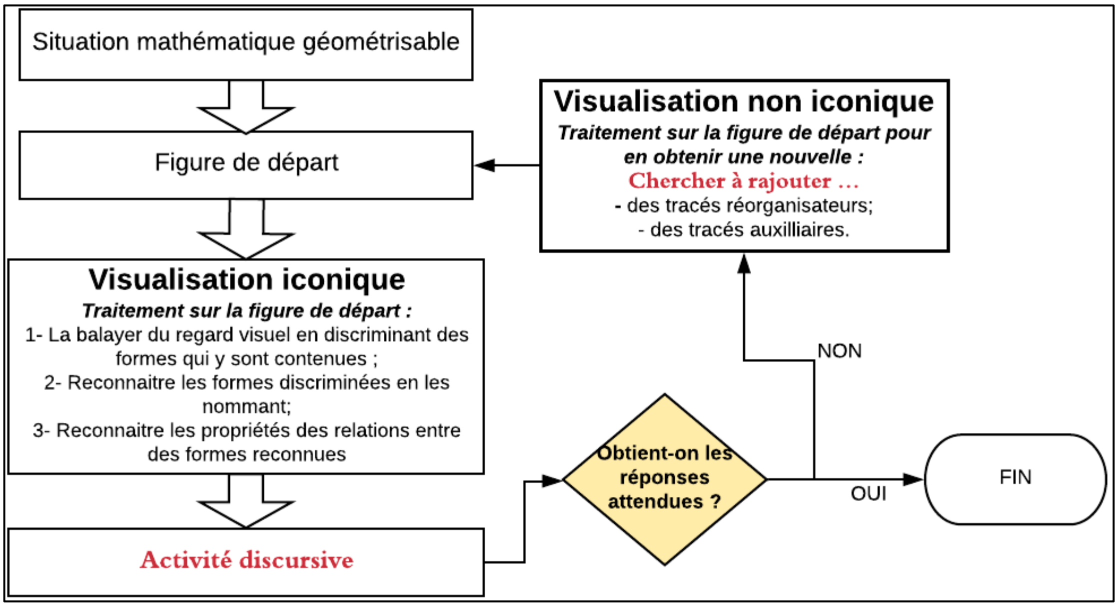



*Figure 8 : Algorithme de stratégies de visualisation (Elhabib, 2015)*

## 2.5. <u>Passage de la visualisation iconique à la visualisation non iconique</u>

Pour qu'un changement de visualisation puisse se mettre en place, les enseignants doivent passer par le développement de la déconstruction dimensionnelle chez les élèves. Elle constitue la manière de voir requise en géométrie et doit donc devenir un réflexe pour les apprenants (Duval, 2005 ; Duval & Godin, 2005). Cette déconstruction dimensionnelle des formes est le prérequis pour une compréhension effective de toute énonciation des propriétés géométriques et donc pour leur mobilisation effective par les élèves dans la résolution de problèmes. En effet, la déconstruction dimensionnelle est une condition pour que l'élève puisse analyser une figure en fonction de la connaissance qu'il a des propriétés géométriques (Duval & Godin, *Ibid*.).

Lucchese (2015) confirme d'ailleurs que l'acquisition de la déconstruction dimensionnelle constitue un moyen d'entrée dans la visualisation non iconique. L'expérience menée lui permet de confirmer l'hypothèse suivante : « *une transposition didactique basée sur le principe de déconstruction dimensionnelle permet aux élèves du 4e cycle du primaire d'entrer progressivement dans une visualisation de type non iconique (mobilité du regard entre surfaces, lignes et points)* » (p.93).

Néanmoins, pour Mithalal (2010), si la déconstruction dimensionnelle est essentielle, la déconstruction instrumentale constitue un outil lui aussi central dans le traitement des dessins et dans l'appréhension des problèmes de géométrie. Cela l'oppose donc au point de vue de Duval (2005) pour qui la déconstruction instrumentale est jugée secondaire. En outre, Mithalal (2010) met en évidence que la déconstruction instrumentale joue un rôle fondamental pour l'émergence de la déconstruction dimensionnelle. Ces deux déconstructions sont donc en interaction.

Si la déconstruction dimensionnelle est essentielle, il existe tout de même un hiatus (Manque de continuité, interruption posant problème) l'opposant avec le mode naturel d'appréhension du dessin (Duval, 2005). Il est donc problématique de faire comme si, en primaire, la déconstruction dimensionnelle était normale puisque celle-ci est contre perceptive (Duval, 2011). Il existe naturellement une prédominance des unités de dimension 2 sur les unités de dimension inférieures dans l'examen visuel puisqu'il y a « *une priorité cognitive des figures 2D sur les figures 1D* » (Duval & Godin, 2005, p.7). Autrement dit, la vision « surfaces » est naturellement prioritaire sur la vision « lignes » et sur la vision « points » (Mangiante-Orsela & Perrin-Glorian, 2014). Mithalal (2010) relie cette prédominance à la loi de clôture mise en avant par les théories gestaltistes. Cette loi évoque qu'un stimulus possédant un contour simple et fermé, se détache comme formant un tout. La figure 9 constitue une illustration de cette loi, on peut constater une tendance à y percevoir l'ensemble de ces segments (1D) comme un tout formant un rectangle.

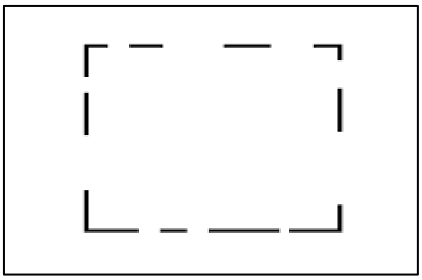


*Figure 9 : Loi de clôture et dominance des objets de dimension 2*

L'acquisition de la déconstruction dimensionnelle constitue un travail long et demande d'organiser des activités avec les apprenants pour préparer leur regard (Godin, 2004, cité par Duval, 2005). Pour y arriver, les apprenants doivent passer par une prise de recul par rapport aux objets, aux dessins et aux activités qui leur sont proposés (Keskessa, Perrin-Glorian & Delplace, 2007). Dès lors, le premier travail de l'enseignant est de faire passer les élèves d'une analyse visuelle en termes d'assemblage de surfaces (2D) à une analyse en termes d’assemblage de lignes (1D) (Duval & Godin, 2005 ; Bulf & Celi, 2015a). Il faut donc se questionner sur les activités à proposer aux élèves en classe pour permettre de développer la déconstruction dimensionnelle et ainsi entrer dans la visualisation non iconique.

En parallèle à ce premier hiatus, un deuxième hiatus est à souligner et relève plutôt de la didactique (Duval, 2005). Il y a en effet un décalage entre, d’une part, le sens d’organisation de l’acquisition des connaissances observées dans les programmes et d’autre part le sens du travail de déconstruction dimensionnelle. En effet, l’ordre de la progression des connaissances semble partir du point (0D), pour suivre avec des droites et segments (1D), puis des polygones (2D) pour enfin aboutir aux polyèdres (3D). Ce sens de découverte est donc bel et bien contraire au sens du travail de déconstruction dimensionnelle. Ce décalage peut être expliqué par la présence de fausses croyances quant à l’acquisition assurée de la déconstruction dimensionnelle chez tous les élèves. Dès lors, Keskessa et al. (2007, cités par Aubert, 2017) confirment que les enseignants (et les manuels) proposent souvent de travailler dans ce sens et développent les différentes propriétés isolément, en lien avec l'usage d'un instrument.

Au cours de ce chapitre, plusieurs éléments essentiels pour comprendre le fonctionnement de la visualisation ont été mis en évidence. Notamment le fait qu’il semble indispensable de développer les capacités de déconstruction dimensionnelle chez les élèves pour qu’ils puissent acquérir une visualisation non iconique, essentielle pour l’apprentissage de la géométrie. Dès lors, il semble essentiel de se questionner sur ce qu’il est nécessaire de mettre en place pour développer la déconstruction dimensionnelle. C’est cet objectif que poursuit le troisième chapitre.

# Chapitre 3 : Développement de la déconstruction dimensionnelle

Pour donner suite au chapitre précédent et poursuivre l'objectif de ce travail, il semble indispensable de se demander que mettre en place concrètement en classe avec les élèves de fin du primaire pour favoriser les gestes de déconstruction dimensionnelle. La première partie de ce chapitre y répond en mettant en évidence le type d'exercices et les variables à prendre en considération. En seconde partie de chapitre, il est question de s'interroger sur ce qu'en disent les socles de compétences.

## 3.1. *Mise en place d'activités en classe pour développer la visualisation non iconique en fin d'enseignement primaire*

### 3.1.1. Reproduction et restauration de figures

Plusieurs tâches permettent de développer la déconstruction dimensionnelle chez les apprenants. Des tâches de reproduction et de construction peuvent être proposées. En outre, les activités de restauration de figures peuvent également apparaitre comme efficaces bien que souvent sous-estimées, notamment parce qu'elles sont utilisées uniquement pour apprendre le maniement des instruments (Bulf & Celi, 2015a). Cela est confirmé par Godin et Perrin-Glorian (2008) qui précisent que les exercices de restauration et reproduction permettent d'être cohérent avec les attentes de l'enseignement secondaire tout en développant des connaissances attendues à l'école primaire. Toutefois, la reproduction contrairement à la restauration, ne semble pas exiger la construction d'intersections de droites. C'est pourquoi les exercices de restauration semblent plus adaptés pour faire acquérir le réflexe de déconstruction dimensionnelle. Ces activités semblent donc avoir un réel intérêt pour le changement de regard (Keskessa et al., 2007 ; Mangiante-Orsela & Perrin-Glorian, 2014 ; Aubert, 2017 ; …). La restauration de figure peut être définie comme suit :

> *Reproduire une figure superposable à une figure donnée, mais avec des conditions spécifiques, soit on dispose déjà d'une partie de la figure, soit on dispose d'instruments qui permettent de transporter des informations 2D sur la figure et on a des instruments de report et de tracé mais pas d'instrument de mesure* (Mangiante, 2013, citée par Athias, 2014, p.12).

Toutefois, les auteurs ne s'accordent pas tous avec cette définition. Barrier et al. (2014), par exemple, considèrent que la figure à construire ne doit pas être forcément superposable à la figure de départ, elle peut en être un agrandissement ou une réduction.

Dans cette recherche, le choix a été fait de suivre la définition de Barrier et al. (2014), considérant la restauration comme une reproduction « à la même échelle ou non » (p.14). La figure 10 en constitue un exemple d'exercice de restauration.

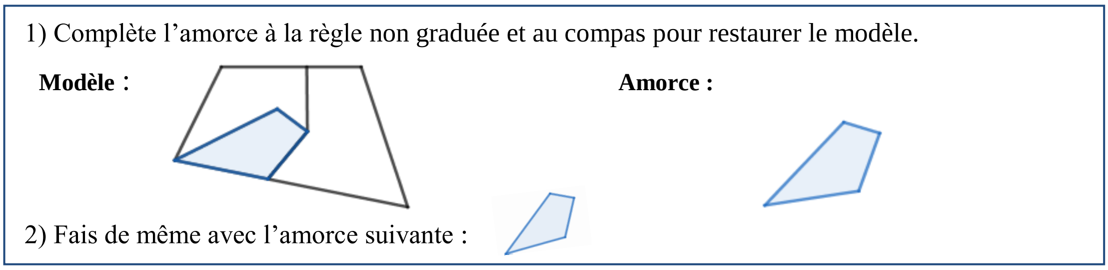



*Figure 10 : Exercice de restauration d'une figure*

Selon Mangiante (2013, citée par Athias, 2014), les tâches de restauration peuvent permettre la mise en évidence de relations géométriques telles que l'alignement et servent à développer l'usage des instruments et des propriétés de géométrie. Cela semble donc confirmer l'importance de ces tâches pour développer les gestes de déconstruction dimensionnelle et donc la visualisation non iconique. Bulf et Céli (2015b) soulignent d'ailleurs un foisonnement de recherche à l'égard des activités de restauration et de reproduction de figures, au vu de leur intérêt pour l'apprentissage. Toutefois, plusieurs éléments semblent jouer un rôle important dans ce choix d'activités pour qu'un changement de regard puisse avoir lieu. C'est le cas par exemple des instruments fournis (Duval & Godin, 2005 ; Mangiante-Orsola & Leclercq, 2013 ; Athias, 2014…).

- **<u>Le choix des instruments et les règles du « jeu » :</u>**

Selon Offre, Perrin et Verbaere (2006), mais aussi plus récemment selon Barrier et al. (2014) et Perrin-Glorian et al. (2013), un lien existe entre le regard qu'on porte sur une figure et les instruments utilisés dans les tâches. Dès lors, les instruments peuvent permettre d'inverser la prédominance de la perception sur l'analyse géométrique. En effet, selon les instruments laissés aux élèves, l'analyse des figures peut se faire en termes d'unité 2D ou 1D. Ils sont donc une variable didactique essentielle (Bouleau, 2001, cité par Duval & Godin, 2005 ; Mangiante-Orsela & Perrin-Glorian, 2014 ; ...) notamment puisqu'ils sont porteurs de propriétés géométriques et graphiques des figures (Athias, 2014 ; Barrier et al., 2014). Certains, comme les pochoirs, produisent des formes 2D alors que d'autres, par exemple la règle, produisent des formes 1D. Duval et Godin (2005), proposent, à travers la figure 11, une classification des instruments.

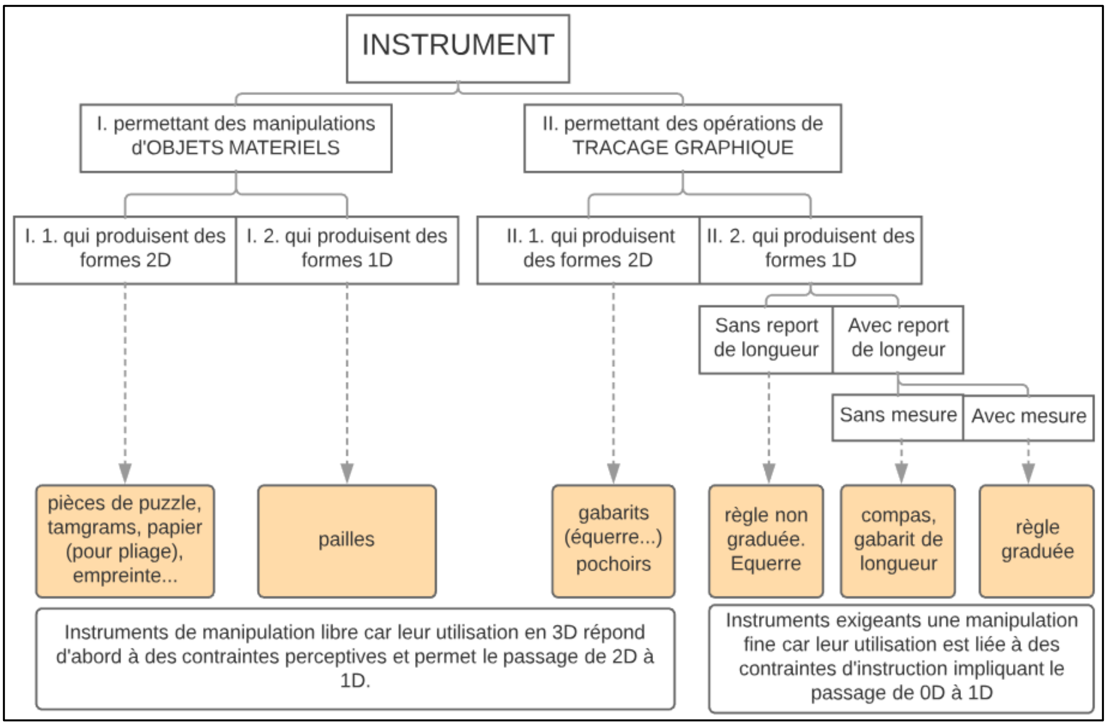



*Figure 11 : Classification des instruments (Duval & Godin, 2005)*

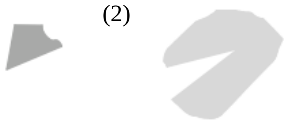
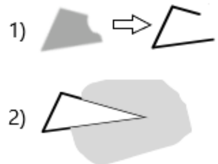
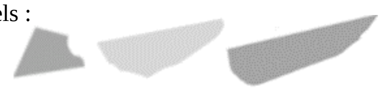
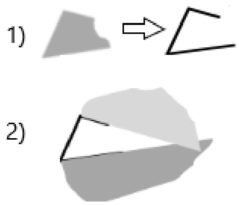
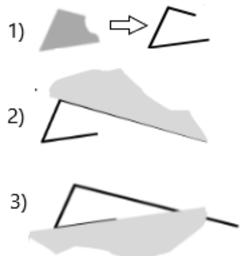
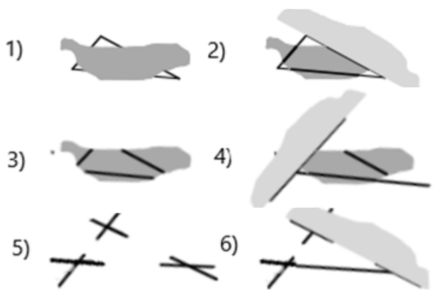
Pour accompagner les apprenants vers la déconstruction de figure en un réseau de lignes et de points, l'utilisation d'instruments de type 1D ou d'instruments permettant de mettre en relation des éléments 1D ou 0D doit être encouragée (Perrin-Glorian et al., 2013). Toutefois, se contenter de cela ne semble pas être suffisant. C'est l'utilisation d'instruments différents et surtout la mise en place d'une progression dans ceux-ci qui permettra l'acquisition de la déconstruction dimensionnelle (Duval & Godin, 2005). Par ailleurs, il semble important de privilégier des instruments qui soient non gradués puisque la prise de mesures physiques conduit l'apprenant à focaliser son attention sur des nombres et des calculs et donc à la détourner des propriétés géométriques. L'aspect visuel des figures en est donc neutralisé (Duval & Godin, *Ibid*.). Par ailleurs, Chesnais et Munier (2015) confirment que la mesure est à l'origine de nombreuses difficultés.

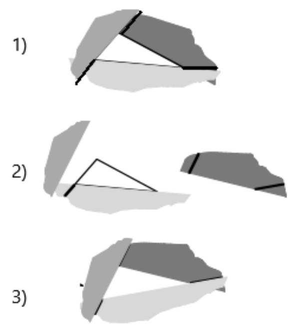
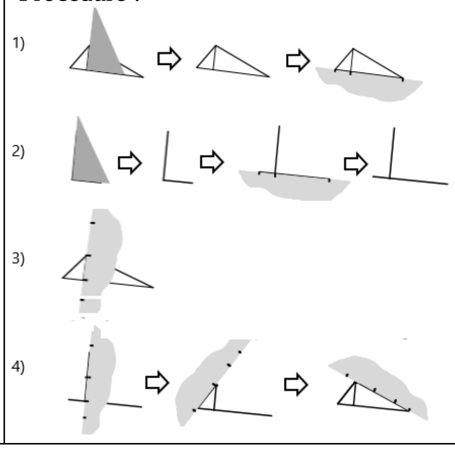
La progression préconisée par Duval et Godin (2005) pour permettre de développer la visualisation non iconique est la suivante : gabarits et/ou pochoirs déchirés, gabarits déchirés et plusieurs règles non graduées[2], gabarits déchirés et une seule règle non graduée, surface quelconque et une seule règle non graduée, uniquement des règles non graduées, une règle et une équerre toutes deux non graduées. Le tableau 2 reprend cette progression en illustrant le matériel utilisé à l'aide de divers exemples portant tous sur la

[2] Les règles proposées offrent la possibilité d'être marquées comme c'est illustré au tableau 2.

reproduction d'une même figure. Bien évidemment, il est essentiel d'adapter ce matériel, et notamment les gabarits, à la figure que l'on souhaite voir reproduire.

*Tableau 2 : Progression des instruments (Repris et adapté de Duval & Godin, 2005)*

| **Étapes de la progression** | **Descriptifs** | **Illustrations** Les illustrations données visent à reproduire la figure suivante :  |
|---|---|---|
| 1. Gabarit(s) et/ou pochoir(s) déchirés | A l'aide des gabarits (1) et pochoirs (2), propres aux contours de la figure à reproduire, l'élève est encore amené à concevoir les contours fermés de la figure. Néanmoins, en donnant des gabarits/pochoirs déchirés, l'élève est forcé d'interrompre la continuité de ces gestes. | Matériels : (1) (2)  Procédure :  |
| 2. Gabarit(s) déchiré(s) et plusieurs règles non graduées | L'utilisation des règles permet de remplacer le pochoir utilisé dans l'exercice précédent. Elles interviennent donc pour compléter le tracé obtenu à partir du gabarit. En superposant les règles afin de reformer le pochoir, on prépare les apprenants à développer la capacité à prolonger des lignes. | Matériels :  Procédure :  |
| 3. Gabarits et une seule règle non graduée | La procédure reste similaire à la précédente. Néanmoins, en ne proposant qu'une règle non graduée, l'élève est amené à utiliser un seul outil à la fois, ce qui l'oblige à passer par une déconstruction 1D de la figure. Le fait d'avoir une seule règle oblige à tracer non seulement un côté mais aussi son prolongement. | Matériels :  Procédure :  |
| 4. Surface quelconque et une seule règle non graduée | La forme des instruments est cette fois totalement indépendante des contours. Il s'agit cette fois de tracer des traits sur une surface libre quelconque (1) et d'y faire apparaitre un morceau de chaque côté de la figure à reproduire. Ensuite, en prolongeant ces morceaux, il sera possible de reconstruire en une seule fois la figure. Cela nécessite une visualisation géométrique avancée. | Matériels :  Procédure : (1)  |
| 5. Règles non graduées | La tâche de reproduction comporte trois types d'actions : la superposition des règles sur la figure initiale de façon à reconstituer un | Matériels :  |

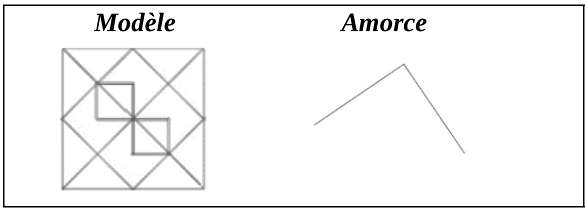
| | | |
|---|---|---|
| | pochoir, le marquage de tracés sur deux des trois règles en prolongeant les côtés (dans le but de conserver la mémoire des superpositions sur les règles) et la superposition des lattes en fonction des marques réalisées pour obtenir le pochoir de la figure initiale. L'opération de prolongement d'un tracé apparait donc. | Procédure :  |
| 6. Règle et équerre non graduées | Une équerre non graduée est en fait le gabarit d'un triangle rectangle sur lequel il n'est pas possible de mettre des marques. Grâce à l'équerre, il est possible d'instaurer des tracés réorganisateurs perpendiculaires aux tracés proposés sur la figure initiale. Ensuite, il faut utiliser la latte non graduée en la marquant pour réaliser des reports de longueurs (reports de longueurs au sujet des côtés de la figures ou des tracés réorganisateurs apparus). | Matériels :  Procédure :  |

Mathé (2008) confirme l'importance de faire varier les artefacts[3], cela pouvant aider à entamer un changement de regard. Par ailleurs, il est possible, en parallèle, d'instaurer la notion de coût aux instruments. L'objectif est que les élèves puissent entamer une réflexion sur l'instrument qui leur sera utile tout en étant le moins coûteux (Mathé, 2008 ; Perrin-Glorian et al., 2013 ; Barrier et al., 2014 ; …). Dans ce cas, il est question pour Godin et Perrin-Glorian (2008) de modifier la variable liée aux règles du « jeu ».

La figure 12 constitue un exemple d'exercice de restauration au sein duquel une échelle de coût des instruments est proposée. L'élève est donc amené à compléter le tableau afin de calculer le coût de sa résolution. L'élaboration d'une échelle de coût semble nécessiter une réflexion à propos des barèmes en fonction des objectifs poursuivis. Ainsi, proposer la gratuité de l'opération « tracer un trait » permettrait de favoriser le tracé de droites (Barrier et al., 2014). Dans le cas de la figure 12, l'intention est d'aborder la perpendicularité ce qui explique que l'utilisation de l'équerre possède un coût faible. Comme susmentionné, plusieurs auteurs conseillent d'éviter les instruments permettant la prise de mesures comme les règles graduées (Bulf & Céli, 2015a ; Barrier et al.,2014). Ces instruments amènent les apprenants à porter leur attention sur les nombres et calculs

[3] Tout objet matériel et symbolique proposé à l'utilisateur (Rabardel, 1995)

ce qui peut les détourner des propriétés géométriques. Ils rendent donc plus difficile l'entrée dans une problématique géométrique. Dès lors, au détriment de règles graduées, les règles dites *informables*[4] sont privilégiées. Pour favoriser le repérage d'alignements et non le report de longueurs, Perrin-Glorian (2011) suggère de choisir le barème suivant : 1 point pour tracer à la règle, 10 pour reporter des longueurs.




| Actions | Comptes |
|---|---|
| Tracer un trait – 0 point | |
| Utiliser l'équerre – 1 point | |
| Reporter une longueur – 5 points | |
| Mesurer une longueur – 10 points | |
| Total de points | |

*Figure 12 : Restauration avec coût des instruments (Barrier et al., 2014)*

Pour Duval et Godin (2005), l'instauration du système de coût permet d'introduire une réflexion chez l'apprenant. Dans ce contexte, il semble intéressant de réaliser des mises en commun afin que les élèves puissent se rendre compte de la variété des résolutions. Cela les amènera ensuite à réfléchir à d'autres résolutions au coût inférieur à celles qu'ils viennent de réaliser. Par ailleurs, proposer ce système d'échelle peut aussi constituer une source de motivation (Terpant, 2016). Il permet à la fois de développer l'autonomie des élèves et de l'entrainer à observer ses procédures (Duval & Godin, 2005 ; Mangiante-Orsola & Leclercq, 2013). Un autre moyen de modifier la variable « règle du jeu » proposé par Duval et Godin (2005) consiste à instaurer un système d'aides. Les élèves pourraient, sous réserve d'un coût, faire appel à des aides qui permettraient de les guider dans la résolution. Un exemple d'aide possible consiste à identifier pour les élèves des droites qui manquent sur l'amorce et de mentionner sur le modèle des moyens de les obtenir (Mangiante-Orsola & Leclercq, 2013).

- **<u>Le choix des figures et de l'amorce :</u>**

Les figures proposées constituent également une variable dans la mesure où elles sont porteuses de caractéristiques visuelles. De ces caractéristiques sont issues des propriétés géométriques que l'élève va pouvoir obtenir à l'aide des instruments (Perrin-Glorian et al., 2013). Par exemple, la règle non graduée permet de visualiser des alignements alors que le compas permet de mettre en avant des isométries. Dès lors dans les exercices de restauration de figures, les élèves vont devoir, avant d'entamer la reconstruction à partir de l'amorce, explorer les caractéristiques du modèle à l'aide des instruments. Cette phase

[4] Bandes de papier qu'il est possible de marquer par des traces pour reporter des longueurs.

permet de dégager des propriétés qui seront ensuite utilisées pour mettre au point la restauration. Il y a donc plusieurs analyses réalisées de la part de l'apprenant lors d'exercices de restauration : l'analyse du modèle, l'analyse des relations modèle-amorce et enfin l'analyse des relations modèle-amorce-instrument (Perrin-Glorian, 2012). Néanmoins, il semble important de préciser que l'ensemble des manipulations qui sont réalisées sur la figure modèle ne doivent pas intervenir dans le calcul du coût des instruments. En effet, il faut laisser la possibilité à l'élève d'explorer le modèle sans que celui-ci ne se sente contraint (Barrier et al., 2014). Favrat (2005, cité par Lovric & Millet, 2017) parle de *pause réflexive* pour signaler le temps de réflexion que va prendre l'élève afin de choisir sa stratégie de restauration et qui limite l'empressement que peuvent avoir les élèves lors des exercices de reconstruction (sans amorce).

Plusieurs conditions apparaissent dans le choix de la figure modèle pour espérer se voir développer la visualisation non iconique. Elle constitue une variable importante dans les exercices de restauration (Duval & Godin, 2005 ; Perrin-Glorian et al., 2013). D'abord, la figure doit être une figure *composée*, c'est-à-dire un assemblage de formes et non pas une *figure simple* (carré, rectangle…). Cet assemblage peut se faire par juxtaposition ou par superposition. Si le travail doit toujours s'effectuer sur des figures composées, Terpant (2016) défend qu'il faut tout de même proposer une progressivité dans leur complexité. Par ailleurs, il semble nécessaire de trouver un juste milieu dans la complexité de la figure proposée. La figure doit rester suffisamment complexe pour nécessiter une analyse chez les apprenants, sans l'être trop sous peine de voir un découragement s'installer (Venant & Venant, 2014). Ensuite, l'assemblage de formes doit respecter des alignements et obliger l'élève à prolonger les lignes ou à en construire des nouvelles. De plus, pour donner du sens à l'activité, l'enseignant doit par ailleurs laisser la possibilité à l'élève de pouvoir contrôler l'égalité entre la figure initiale et la figure restaurée. Une des solutions pour cela semble être de privilégier le système de calque (Terpant, 2016). En cas d'agrandissement, Perrin-Glorian et Godin (2018) précisent que la vérification de la conformité passe par la mise en œuvre de propriétés géométriques (ex : conservation des angles, des alignements…) ou par la vérification des propriétés de la figure à reproduire. Finalement, le choix d'assemblage de la figure à restaurer doit se faire en symbiose avec celui des instruments.

Le choix de l'amorce constitue également une variable sur laquelle il est possible de jouer (Perrin-Glorian et al., 2013). Lorsqu'on propose une amorce, il est possible de faire varier deux aspects : son orientation et sa grandeur. C'est ce qui a été fait dans l'exercice proposé en figure 10. Sans jouer sur ces deux aspects, autrement dit en conservant orientation et taille, d'autres possibilités de résolutions s'offrent aux élèves (ex : translation) et celles-ci n'entrainent pas forcément le développement la déconstruction dimensionnelle. Dès lors, le choix de l'amorce est lui aussi important. Bulf et Mathé (2018) le confirment et soulignent que « certaines amorces favorisent *a priori* davantage un jeu de déconstruction et reconstruction de la figure modèle (2D ↔ 1D ↔ 0D) mettant en jeu une conception plutôt ponctuelle du dessin » (p.44). Enfin, Bulf et Celi (2016) précisent que proposer une amorce qui a subi un changement d'échelle incite davantage à dépasser la perception.

#### 3.1.2. Autres activités possibles

Outre les activités de restauration de figures, Mithalal (2010) ou encore Coutat (2014) montre que les activités s'appuyant sur la géométrie dynamique dans l'espace permettent aussi de développer la visualisation non iconique. Cela notamment car elle permet de déstabiliser la visualisation iconique. Il est en effet possible d'introduire la déconstruction dimensionnelle dans la géométrie dynamique (Coutat-Gousseau, 2006, 2014 ; Voltolini, 2013 ; Soury-Lavergne, 2014). Par ailleurs, la géométrie dynamique possède de nombreux autres intérêts pour l'apprentissage (Athias, 2014, 2015 ; Groupe NUMATECOL, 2017). Enfin, le travail fait pour aider les élèves à l'acquisition du regard adéquat ne concerne pas uniquement la fin de l'école primaire. Bulf et Celi (2015a) mais aussi Keskessa et al. (2007) affirment qu'à partir des cycle 2, un travail peut être mené avec les apprenants. Cette étape est cruciale au travail du changement de regard notamment dans le passage de surfaces aux lignes (Keskessa et al., *Ibid*.). A ce niveau scolaire, les activités de reproduction de figures simples ou d'assemblages de figures permettent de donner du sens aux propriétés géométriques (Bulf & Celi, 2015b).

#### 3.1.3. Eléments supplémentaires

- **La mise en place de moments de confrontation**

Il est intéressant de proposer aux élèves des temps d'interactions sociales (Mithalal, 2010). C'est-à-dire qu'au niveau de la méthodologie, il est utile d'instaurer moments de confrontation entre élèves ou des moments de mise en commun. Ceux-ci permettent de déstabiliser indirectement la visualisation iconique et entrainent une réflexion chez l'élève. Il est d'ailleurs possible de proposer, comme méthodologie dans le cadre d'exercices de restauration, un temps de recherche individuelle, un temps de mise en commun, un deuxième temps de recherche individuelle et une mise en commun finale (Barrier et al., 2014). Keskessa et al. (2007) confirment l'importance de cette alternance de phases mais suggèrent en plus de proposer aux élèves de commencer par une phase d'analyse collective de la figure.

- **<u>L'attention à porter au langage</u>**

Il semble en outre qu'il faille, tout au long de la séquence d'enseignement, veiller à l'usage qui est fait du langage. En effet, le langage et la visualisation sont décrits par Duval (2005) comme liés et complémentaires dans l'apprentissage de la géométrie. Selon Barrier et al. (2014) mais aussi Bulf, Mathé et Mithalal (2014), les activités géométriques des élèves relèvent de façon indissociable d'une dimension matérielle et d'une dimension langagière. La première faisant référence à « l'agir » tandis que la seconde faisant référence au « parler ». L'apprentissage de la géométrie passe par l'utilisation d'un vocabulaire propre à la discipline. Celui-ci a la particularité d'être lourd puisqu'il recouvre un spectre sémantique plus étendu que le spectre de mots utilisés dans la vie de tous les jours pour décrire ce que l'on voit. Chez les apprenants, on y observe de nombreuses confusions au sein de l'utilisation du langage géométrique ainsi que des problèmes lors de l'élaboration de syntaxe (Celi & Perrin-Glorian, 2014). De plus, lors de la résolution de problèmes, on observe une tendance chez les élèves à utiliser un langage mixte, mélange d'un langage courant et d'un langage géométrique, excepté au moment de rédaction de la solution où les élèves semblent faire attention. Contrairement au langage géométrique, le langage courant est le plus souvent lié aux actions de traçage (trait, ligne...), au repérage physique du sujet (exemple : vertical, horizontal, croisement) ou encore à des relations perceptibles directement par le sujet et qu'il peut exprimer à l'aide d'oppositions qualitatives (se toucher/ne pas se toucher). Une concurrence existe donc entre le vocabulaire spécifique à la géométrie et le vocabulaire courant, qui semblent apparaitre en opposition. Cette opposition entre ces deux utilisations du langage est présente notamment parce que le vocabulaire courant, n'implique pas la déconstruction dimensionnelle, à l'inverse du vocabulaire spécifique (Duval, 2005). En outre, si la complexité du langage en géométrie relève du vocabulaire, elle relève aussi et surtout de la diversité des opérations discursives qui sont mobilisées. C'est, comme dans les autres disciplines scientifiques, l'articulation des propositions qui rend l'utilisation du langage complexe (Duval, *Ibid*.).

Puisque la déconstruction dimensionnelle intervient dans le langage, il apparait que le processus de visualisation et celui de langage sont liés. Il existe donc une concomitance entre changement de regard et changement de langage (Mathé, 2008 ; Guille-Biel Winder, 2018). La géométrie est une discipline complexe qui demande une activité cognitive complète de la part de l'élève dans la mesure où le langage, le regard et le geste sont tous trois sollicités. Visualisation et langage apparaissent donc bel et bien complémentaires à la compréhension des contenus et une articulation de ces deux domaines semble indispensable à l'apprentissage de la géométrie et à la résolution de problèmes (Duval, 1994, 2005 ; Venant & Venant, 2014). Dès lors, en plus des difficultés directement liées à la complexité de la visualisation (cf. chapitre 2) et des difficultés liées directement au langage utilisé, d'autres difficultés sont en lien avec l'articulation qui est faite entre le discours géométrique et la visualisation. Duval (2005) souligne que la difficulté de cette articulation est notamment due aux possibles variations du rapport entre visualisation et langage. En effet, selon le niveau d'opération discursive dans lequel on se trouve, ce rapport peut fortement varier, ce qui rend complexe l'apprentissage en géométrie. Duval (*Ibid.*) précise que cette difficulté provient en fait de la présence d'un hiatus *dimensionnel* intrinsèque aux démarches géométriques. Celui-ci relève du décalage existant entre le nombre de dimensions pris en compte pour identifier une unité figurale lors de la visualisation et le nombre de dimensions pris en compte lorsqu'il faut nommer les objets et les relations identifiés. L'articulation entre visualisation et discours nécessite que l'apprenant aille dans le sens contraire du mouvement ascendant de la visualisation. Autrement dit, il faut aller contre la priorité des unités figurales de dimension supérieure sur les unités figurales de dimension inférieure. Dès lors, l'absence de capacité de déconstruction dimensionnelle des figures constitue une des raisons pour laquelle l'articulation entre visuel et discours pose problème aux apprenants (Duval, *Ibid.* ; Duval & Godin, 2005 ; Coutat-Gousseau, 2006). En effet, cette capacité est décrite comme nécessaire à la mise en place de cette articulation. Dès lors, cela renforce l'idée qu'il est utile, pour faciliter l'apprentissage en géométrie, d'insister sur le développement de la déconstruction dimensionnelle.

Pour pouvoir décrire les actions réalisées sur les figures ou sur les instruments géométriques, le langage semble indispensable pour l'enseignant et pour les élèves. Dans le cadre d'exercices de reproduction et restauration, le langage n'est pas forcément utilisé dans la réalisation de la tâche elle-même mais plutôt dans la communication (entre élèves ou avec le professeur) ou bien également dans la communication avec soi-même et dans l'objectivation (Perrin-Glorian, 2012). Celi et Perrin-Glorian (2014) relèvent que proposer aux élèves des temps d'interactions est une bonne solution. Par ailleurs, Mathé (2008) ajoute qu'il faut proposer des phases d'explicitation aux élèves afin d'entamer un travail sur le langage et de rectifier les propos si nécessaire.

### 3.2. *Curriculum prescrit : les socles de compétences*

Lucchese (2015) met en évidence différents constats suite à une analyse interne des socles de compétences (Ministère de la Communauté française, s.d. [1999]) au sujet de la visualisation en géométrie et au développement de la déconstruction dimensionnelle.

Il semble d'abord que les difficultés liées à la vision ne sont pas explicitées : « *Rien ne transparait, notamment, sur la difficulté pour l'élève de s'approprier cette acuité visuelle qui est contraire à son fonctionnement cognitif en dehors des mathématiques ni sur les difficultés liées à l'abstraction* » (Lucchese, 2015, p.59). Aucune suggestion d'activités permettant de développer la visualisation non iconique n'est explicitement proposée. L'intérêt de passer des surfaces aux lignes et des lignes aux points n'apparait pas non plus. Enfin, au niveau des activités de (re)production et restauration de figures, des éléments mis en évidence par les différents chercheurs, comme Godin et Duval (2005) ou encore Mathé (2008), semblent être absents des socles. C'est le cas par exemple de l'importance du choix des instruments, ou de l'alignement.

En outre, des informations mentionnées semblent contraires aux éléments mis en évidence par les deux auteurs. Comme l'illustre la figure 13, présentant un extrait des socles de compétences, on y contraint le travail à proposer aux élèves de fin de primaire en se concentrant sur l'utilisation de la latte graduée, de l'équerre et du compas alors que d'autres artefacts semblent avoir des intérêts d'après les chercheurs. On évoque aussi l'importance de travailler sur des figures simples alors que Duval et Godin (2005) soulignent que le travail sur ces figures ne permet pas l'adoption d'un regard adéquat.

| | I | II | III |
|---|---|---|---|
| Construire des figures et des solides simples avec du matériel varié. | ↗ | C | E |
| Tracer des figures simples. | Sur du papier tramé. C | En lien avec les propriétés des figures et au moyen de la règle graduée, de l'équerre et du compas. C | En lien avec les propriétés des figures et des instruments y compris le rapporteur. C |

*Figure 13 : Compétences de la discipline "Solides et figures" (Ministère, s.d. [1999])*

Il semble donc possible de pointer plusieurs constats au sein du socle de compétences au sujet du développement de la visualisation non iconique, de la déconstruction dimensionnelle ou encore des tâches de restauration. Des éléments apparaissent manquants ou peu explicites, d'autres apparaissent contraires aux éléments mis en évidence par les didacticiens (Lucchese, 2015). Cela parait étonnant au vu des constats mis en évidence plus tôt sur l'intérêt de ces activités pour l'apprentissage en géométrie.

# Chapitre 4 : Paradigmes géométriques de Houdement et Kuzniak

Jusqu'à présent, ce travail s'est intéressé à la manière de voir une figure, ce qui apparait davantage lié au domaine cognitif. Toutefois, lorsqu'on s'intéresse à la géométrie, il faut également se concentrer sur les actions menées par les élèves pour résoudre un problème (Athias, 2014). A ce sujet, le passage d'une géométrie axée sur la perception à une géométrie déductive constitue également l'objet de questionnement dans la transition primaire-secondaire (Tanguay & Geeraerts, 2012). Parzysz (2006) rappelle d'ailleurs qu'une des finalités de l'enseignement de la géométrie est d'amener le passage d'une géométrie de l'observation à une géométrie de la démonstration. Ce chapitre a donc pour intention de mettre en avant un autre aspect du décalage entre les deux niveaux dans l'enseignement de la géométrie. Il aborde dans un premier temps les paradigmes mis en évidence par Houdement et Kuzniak (1999a) pour ensuite aborder concrètement le décalage existant au sein des classes.

D'abord, il est important de signaler l'existence de deux niveaux dans l'appréhension des formes géométriques (Van Hiele, 2002). D'une part, le niveau visuel qui consiste à identifier les formes par la vue et, d'autre part, le niveau descriptif qui consiste à identifier les formes à partir de ses propriétés. Dès lors, elle distingue le discours « C'est un rectangle parce que je vois que ça en est un » du discours « C'est un rectangle parce que je vois quatre angles droits ». Cette première distinction entre les discours des apprenants semble nécessaire. Houdement et Kuzniak (1999a) vont plus loin et s'interrogent sur la manière correcte de poser et de résoudre un problème ou une démonstration. En d'autres mots, ils se questionnent sur les sources de validation qu'utilisent les apprenants pour résoudre un problème. Suite à ce questionnement, Houdement et Kuzniak (*Ibid*.) mettent en évidence l'existence de différents paradigmes géométriques dans lesquels peuvent être inscrits les apprenants. Le choix du terme *paradigme* n'est pas anodin puisqu'il fait référence à la définition apportée par Kuhn (1962) et revue par le même auteur en 1977 (Kuzniak, 2003). Dans un contexte plus général, le mot paradigme désigne « *l'ensemble des croyances, techniques et valeurs que partage un groupe scientifique* » (Kuzniak, 2003, p.15).

## 4.1. Trois paradigmes

Trois paradigmes sont mis en évidence par Houdement et Kuzniak (1999a) et Houdement (2007) : la géométrie I (GI) appelée aussi géométrie naturelle, la géométrie II (GII) ou géométrie axiomatique naturelle et enfin la géométrie III (GIII) qui peut également être nommée géométrie axiomatique formaliste. Ces trois paradigmes sont basés sur trois modes de pensée : l'intuition, l'expérience et la déduction.

Le premier paradigme consiste à utiliser le monde sensible comme source de validation. En d’autres mots, c’est lorsque l’élève justifie ses découvertes par un travail sur le dessin. Braconne-Michoux (2008, p.43) complète la description du premier paradigme en précisant que celui-ci implique une « *confusion de la géométrie et de la réalité* ». Dans le deuxième paradigme, la géométrie n’est plus réduite au naturel. La justification repose sur un système axiomatique précis qui est requis pour démontrer des conjectures. Toutefois, si cette axiomatisation est considérée comme une formalisation, cette formalisation n’est pas pour autant formelle et reste fondée sur le sensible. En effet, si la géométrie naturelle prétendait être la réalité, ce n’est pas le cas de cette géométrie qui aspire plutôt à être un schéma de la réalité. La géométrie euclidienne appartient par exemple à ce paradigme. Enfin, à travers le troisième paradigme, le raisonnement logique apparait prioritaire alors que les axiomes ne sont plus fondés sur le sensible puisque les liens entre géométrie et réalité sont coupés. Ainsi, pour reprendre les propos de Wittgenstein (1918, cité par Houdement & Kuzniak, 1999a, p.13) : « *Les axiomes d'une géométrie peuvent ne contenir aucune vérité* ». L’exemple des géométries non-euclidiennes comme la géométrie basée sur l’algèbre linéaire constitue une illustration de ce paradigme. Dans le cadre de cette recherche, l’attention est portée aux deux premiers paradigmes puisque le GIII concerne davantage l’enseignement supérieur. C’est pour cette raison que ce dernier paradigme n’est plus abordé par après.

Soit le carré EFGH, prouver que ABCD est un carré.

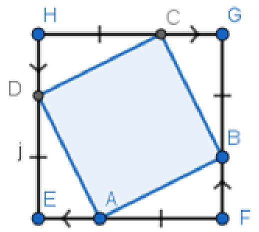



*Figure 14 : Exercice pouvant être résolu dans le paradigme GI ou GII*

A titre d’illustration, la figure 14 inspirée de Houdement et Kuzniak (1999a) constitue un exemple de problème pouvant être résolu selon le premier ou le second paradigme. En effet, dans le GI, il est possible de résoudre cet exercice en utilisant par exemple le compas afin de vérifier que les longueurs des côtés [AB], [BC], [CD] et [AD] sont identiques et l’équerre pour vérifier que les angles de la figure ABCD sont droits. Dans le GII par contre, une des méthodes de résolution serait dans un premier temps de prouver que les côtés [AB], [BC], [CD] et [AD] sont isométriques à partir des hypothèses mentionnées sur la figure (|AF| = |BG| = |CH| = |DE| et |AE| = |BF| = |CG| = |DH|) et à l'aide du théorème de Pythagore,  et de prouver ensuite que les angles ont une amplitude de 90° en utilisant la propriété de la complémentarité des angles adjacents à l'hypoténuse dans un triangle rectangle.

Parzysz (2003, cité par Furtuna, 2008) apporte quelques légères modifications au classement proposé. Le point de départ du classement des paradigmes est la réalité, le concret, qui n'est pas initialement géométrique, comme par exemple les caractéristiques relatives à la couleur. Un nouveau paradigme nommé G0 ou *géométrie concrète* est donc ajouté. Le G1, ou *spatio-géométrique* est une géométrie non-axiomatique s'appuyant sur des situations concrètes idéalisées. Le niveau G2 et G3 se distinguent par l'ampleur de l'explicitation de l'axiomatisation. Celle-ci apparait incomplète dans le G2 (*géométrie proto-axiomatique)* alors que dans la *géométrique axiomatique* (G3), l'axiomatisation est explicitée complètement.

### *4.2. Décalage entre l'enseignement primaire et secondaire*

Il est possible de dire, suite à la prédominance du « vu » sur le « su », que spontanément les élèves se placent dans le paradigme GI (Parzysz, 2003). D'après Houdement (2010), confirmé par Perrin-Glorian (2018), c'est également dans ce paradigme que l'apprentissage de la géométrie en enseignement primaire se situe. En enseignement secondaire, par contre, on inscrit les élèves dans le paradigme GII. Il leur est demandé d'aller au-delà de la justification par les perceptions dans le monde sensible. Il existe dès lors un décalage entre les deux niveaux d'enseignement qui donne lieu à une rupture de contrat didactique (Coutat-Gousseau, 2006 ; Perrin-Glorian, 2018), la transition entre le GI et le GII n'est ni aisée ni automatique (Houdement & Kuzniak, 1999b ; Bulf, 2009). Duval et al. (2005) ainsi que Soury-Lavergne (2007) semblent d'accord avec cette idée puisqu'ils soulignent qu'une des principales difficultés pour les apprenants réside dans leur tendance à se fier à ce qu'ils voient sur le dessin, et donc à rester dans un paradigme GI, parce que c'est ce qui est attendu de leur part en primaire, alors que ce qui leur est demandé dans l'apprentissage de la géométrie en secondaire c'est de travailler sur les figures géométriques et donc sur les objets théoriques définis par des propriétés, ce qui ne correspond plus au premier paradigme. Malgré les quelques modifications apportées au classement, Parzysz (2003, cité par Braconne-Michoux, 2008) confirme que grossièrement, il est possible de dire que le GI peut être associé à l'enseignement élémentaire et que le GIII peut être associé à l'enseignement supérieur. Toutefois, il attribue plutôt le GII au niveau de l'enseignement du lycée et considère qu'au collège, puisque les élèves sont non-experts, il y a une interaction entre le GI et le GII. Il est en effet bel et bien possible de ne pas se situer précisément dans l'un des trois paradigmes mais plutôt dans une articulation entre deux d'entre eux. Néanmoins, à travers ce positionnement particulier, qu'il soit volontaire ou non, il est possible de souligner la dominance d'un paradigme sur l'autre (Kuzniak, 2009). Dans le cas particulier du jeu ou glissement[5] entre GI et GII, il se peut donc qu'il y ait dominance du GI ou du GII. Dans le premier cas, appelé *Géométrie I assumée* par Kuzniak (*Ibid*), la validation des hypothèses reste instrumentée mais des références à des axiomes, lois… peuvent servir d'outils supplémentaires. Dans le cas de *Géométrie II assumée* (Kuzniak, *Ibid*.) où il y a donc dominance de la GII, l'apprenant a recours à un raisonnement déductif qui a pour modèle de référence le modèle de la géométrie d'Euclide mais s'inspire de propriétés et d'expériences tirées du GI et donc liées au monde sensible. Reste le cas où il ne semble pas y avoir dominance de GI sur GII ou inversement, ce cas est appelé *GII morcelée*. Il s'agit la plupart du temps d'ilots hypothético-déductifs concernant quelques figures de base, basé sur l'expérience matérielle du sujet, ce qui constitue une amorce à une perspective axiomatique. La position actuellement envisagée dans l'enseignement secondaire est la GII *assumée*, alors qu'une tendance est constatée chez les élèves à rester dans la GI *assumée*. Mathé (2008) relève une première raison à cette résistance qu'il associe aux conditions de la genèse de la géométrie dans l'enseignement. Cette genèse est en grande partie issue de l'émergence de connaissances ou concepts géométriques obtenue grâce à l'action sur un milieu matériel. Les problèmes liés à l'accès aux objets abstraits, au travail sur la figure et enfin à l'introduction de la démonstration constituent également des origines à la résistance au changement de paradigme (Mithalal, 2010). Par ailleurs, « l'évidence » de la figure, qui comme susmentionné est un obstacle à la déconstruction dimensionnelle, est également un obstacle au passage en GII. Cette situation peut entrainer des conflits cognitifs chez l'apprenant (Parzysz, 2006).

Au vu de ce qui vient d'être énoncé, il est possible de souligner qu'une rupture de contrat didactique existe entre les enseignements primaire et secondaire au niveau du paradigme géométrique dans lequel on demande à l'élève de se situer. Par ailleurs, un décalage existe également entre les niveaux scolaires dans l'analyse des énoncés de géométrie et au

[5] Kuzniak (2009) utilise l'expression « jeu de paradigme » pour caractériser la situation d'articulation volontaire entre deux paradigmes et l'expression « glissement » lorsque la situation est involontaire.

niveau de l'importance accordée aux informations textuelles. En effet, les élèves du primaire sont peu initiés au caractère dominant des informations textuelles sur celles données par le dessin. Ce décalage est la conséquence du changement de paradigmes (GI-GII) dans lequel sont placés les élèves (Houdement & Kuzniak, 2006).

### 4.3. *Mise en place d'un changement de paradigme*

De nombreuses études montrent que la mise en place d'un passage sans rupture entre les niveaux d'enseignement apparait complexe. La création de situations d'enseignement favorisant le passage entre les paradigmes constitue un réel objet de recherche. (Houdement & Kuzniak, 2009a). Néanmoins, Coppé, Dorier et Moreau (2005) annoncent que la mise en place de ces activités n'est pas évidente. De plus, situer clairement les attentes et le contrat didactique vis-à-vis des élèves apparait également difficile (Tanguay & Geeraerts, 2012). Toutefois, le premier élément à mettre en place pour faciliter la transition semble être de préciser à l'élève ce qui est attendu de lui et le paradigme dans lequel il doit se placer afin d'éviter toute incompréhension.
La déconstruction dimensionnelle apparait à la fois comme une condition nécessaire et favorable pour qu'une axiomatisation de la géométrie puisse prendre sens et émerger. Par son caractère discursif, elle offre une possibilité d'articulation entre activité qui porte sur le dessin et étude des objets géométriques s'inscrivant dans GII. Par conséquent, la déconstruction dimensionnelle constitue un outil pour permettre le passage au paradigme GII et facilite donc bel et bien la transition primaire-secondaire (Mithalal, *Ibid*.). Dès lors, il semble que les activités présentées au chapitre 3, permettant de développer cette déconstruction, entrainent aussi un changement de paradigme. Houdement (2007) mais aussi Perrin-Glorian (2018) confirment que c'est le cas pour les tâches de reproduction, notamment si on instaure une évolution dans les instruments fournis aux élèves. Dans ces tâches, ce sont des objets appartenant au GI qui sont justifiés par une propriété de GII. D'autre part, Mithalal (2010) ou encore Coutat-Gousseau (2014) le confirment aussi pour les exercices de géométrie dynamique.

## Chapitre 5 : Recherches participatives et recherches collaboratives

Si, à travers les quatre premiers chapitres, l'intention était de s'axer sur l'enseignement de la géométrie afin de comprendre le décalage entre l'enseignement primaire et l'enseignement secondaire et les manières d'y remédier, cet ultime chapitre du cadre théorique s'intéresse au moyen de mettre en œuvre une activité qui soit proche de la réalité du terrain. Les recherches participatives semblent constituer une solution adéquate pour cela. C'est ce qui sera démontré dans la première partie de ce chapitre.

Toutefois, plusieurs formes de recherches participatives se différencient notamment par la nature et l'ampleur du partenariat entre chercheurs et praticiens, qui peuvent être très variables (Landry, 2013, citée par Lapointe & Morrissette, 2017). Parmi celles-ci, il est possible de citer la recherche-action, la recherche collaborative, la recherche-action collaborative, la recherche-intervention ou encore la recherche-formation (Desgagné & Bednarz, 2005 ; Anadon, 2007 ; Barry & Saboya, 2015 ; Bonny, 2017). Toutefois, cette liste n'apparait pas exhaustive et les auteurs ne sont pas tous d'accord avec ce classement. Sanchez et Monod-Ansaldi (2015), par exemple, considèrent la recherche-action comme une forme de recherche collaborative. Ce désaccord peut être expliqué par le fait que, comme le souligne Desgagné (1997), les concepts de partenariat, de collaboration ou encore de recherche-action sont devenus passe-partout et recouvrent une zone de croyances au sein de laquelle l'association du chercheur avec les praticiens apparait pertinente pour développer les connaissances en éducation. Dans ce travail, le choix a été posé de se contenter de ces cinq formes de recherches participatives et de considérer recherche-action et recherche collaborative comme des démarches distinctes. En effet, même s'il est possible de citer quelques similitudes entre ces démarches, des différences marquées peuvent également être constatées, notamment en ce qui concerne la répartition des rôles, ce qui justifie la distinction.

Afin de pouvoir se décider sur la démarche de recherche participative qui sera mise en place, une revue de la littérature a été réalisée pour distinguer ces démarches. Cette revue de la littérature, placée en annexe (Annexe 1), permet de souligner que la recherche collaborative semble correspondre à la démarche de recherche participative le plus en accord avec les intentions de la recherche menée dans le cadre de ce travail, et cela pour plusieurs raisons. Parmi celles-ci, il est possible notamment de souligner la répartition des tâches entre les acteurs qui apparait légitime dans le cadre d'un travail de fin d'études. En outre, l'impact que joue cette démarche sur les pratiques des enseignants (aspect réflexif) semble totalement s'insérer dans les objectifs généraux de ce travail puisque sa finalité est de sensibiliser les praticiens aux obstacles liés à la visualisation. A l'instar du choix réalisé par Couture (2005), c'est donc la démarche de recherche collaborative qui a été choisie puisqu'elle permet la mise en place d'une zone de dialogue entre la recherche en didactique des mathématiques et la pratique, pour l'élaboration de stratégies d'interventions tenant la route en contexte scolaire.

Ce chapitre, pour servir d'appui à la mise en place méthodologique de la recherche, propose d'abord une brève description des démarches de recherches participatives pour ensuite développer le cas des recherches collaboratives.

### 5.1. Recherches participatives

De plus en plus de discours tendent à légitimer les recherches participatives. Aussi appelées recherches partenariales participatives (Bonny, 2017), elles sont basées sur le fait de réaliser une recherche « avec » les praticiens et non plus « sur » eux, pour reprendre les mots de Lieberman (1986). Ainsi, peuvent être qualifiées de participatives tous types de recherches au sein desquelles le chercheur s'adjoint la réflexion de participants de toutes sortes (Darré, 1999). Celles-ci permettent un rapprochement entre les praticiens et les chercheurs et une réflexion conjointe sur le renouvellement de pratiques, la résolution de problèmes, le développement d'outils, etc (Anadon, 2007). Permettant une meilleure compréhension de la situation, elles apparaissent donc comme une voie pertinente pour alimenter la création de savoirs propres à l'enseignement et crédibles pour les praticiens (Descamps-Bednarz, Desgagné, Maheux & Savoie-Zajc, 2012). Dès lors, elles constituent l'occasion de combler les limites des recherches traditionnelles en remettant en cause leurs finalités et le rôle attribué aux différents acteurs (Beauchesne, Garant & Dumoulin, 2005 ; Vinatier & Morrissette, 2015).

Pour Sanchez et Monod-Ansaldi (2015), ces recherches peuvent s'inscrire dans un paradigme pragmatique ou recherche de faisabilité au sens donné par Astolfi (1993). Celles-ci s'adressent principalement aux praticiens qui souhaitent obtenir des réponses à des questions didactiques permettant d'éclairer la pratique. Par la mise en place d'innovations contrôlées, l'objectif est de construire « *un cadre explicité d'hypothèses et d'actions qui vise à permettre le contrôle et la transférabilité des innovations mises en œuvre* » (Sanchez & Monod-Ansaldi, 2015, p.74). Marquée par un ancrage très fort dans les pratiques des acteurs de terrain, cette démarche a pour objectif de rendre légitimes les savoirs produits du point de vue de leur acceptabilité par les acteurs de terrain et de leur capacité à provoquer des changements. Il faut toutefois veiller à ne pas s'enfermer dans une logique d'innovation.

Mettre en place une recherche participative semble donc constituer un moyen d'atteindre l'objectif fixé, la mise en place d'un dispositif pédagogique qui soit le plus proche possible de la réalité du terrain.

## 5.2. *Démarche de recherche collaborative*

### 5.2.1. Définition et caractérisation des recherches collaboratives

La recherche collaborative est définie comme « *une démarche d'exploration d'un objet qui conduit à la coconstruction de savoirs autour d'une pratique professionnelle* » (Desgagné, 1998, cité par Morrissette, 2013, p.37). L'idée est d'explorer un aspect de la pratique grâce à une collaboration entre chercheurs et praticiens. Cela dans le but de comprendre cet aspect dans son contexte. La construction de savoirs doit, selon cette approche, passer par la compréhension de la part du praticien de la pratique à l'intérieur de laquelle il évolue. Il s'agit donc d'une démarche réflexive pour l'ensemble des acteurs (praticiens et chercheurs) qui permet une transformation des pratiques éducatives (Portelance, 2011).

#### a) Zone de médiation entre praticiens et chercheurs

L'intention est donc de mettre en place une série de rencontres entre chercheurs et praticiens au cours desquelles est mise en place une zone argumentative de réflexion, une zone de médiation. Le but de cette zone est de croiser les expériences des praticiens et les interprétations des chercheurs. Cette démarche vise donc deux publics : la communauté scientifique avec les critères qui lui sont propres d'une part et d'autre part les acteurs qui apportent des connaissances supplémentaires (Dubet, 1994 cité par Bednarz, Poirier, Desgagné & Couture, 2001 ; Vinatier & Morrissette, 2015). Cette approche amène dès lors à la création d'un pont entre savoir pratique et savoir savant pour rapprocher et lier ces savoirs et ainsi combler l'éloignement existant entre recherche et milieu professionnel (Desgagné & Bednarz, 2005). Le praticien est considéré comme un acteur social ; un acteur capable de connaissances et porteur d'une ingéniosité professionnelle, d'une expertise. De plus, le praticien est réflexif, sachant conjuguer savoirs théoriques et savoirs expérientiels On le considère donc comme co-chercheur engagé dans le processus d'action, d'observation et de réflexion, ce qui pousse à placer son point de vue au premier plan. Suite à cela, une perte du monopole du savoir pour le chercheur est observée, il n'est plus le seul expert du domaine (Tavignot & Buhot, 2010 ; Vinatier & Morrissette, 2015).

Son rôle devient entre autres d'instaurer une dynamique entre les participants en mettant en place des conditions pour entamer une démarche de communication et de réflexion (Tavignot & Buhot, 2010). Il est donc chargé de baliser et d'orienter la recherche (Desgagné, 1997) en accompagnant les praticiens (Tavignot & Buhot, 2010) et en les plaçant dans un climat de confiance, sans quoi le déroulement de la recherche est mis à mal (Beaupré, Letscher, Point & Milot, 2017). Mettre en place une atmosphère de valorisation mutuelle semble constituer une condition pour le bon déroulement de la recherche (Portelance & Giroud, 2009).

C'est principalement sur cet aspect que les critiques accordées aux recherches collaboratives sont émises. En effet, pour de nombreux auteurs, à l'image de Burgess-Macey & Rose (1997), Halton (2004) ou MacPherson et al., (1998), cités par Vinatier et Morrissette (2015), la relation qui unit chercheurs et enseignants dans ces recherches est « *utopique* » (p.146) et constitue « *un véritable défi concernant les rapports de pouvoir et d'autorité* » (p.146). Toutefois, pour les auteurs approuvant les recherches collaboratives, comme par exemple Desgagné et Bednarz (2005) ou Sebilotte (2007), mettre en place une recherche collaborative nécessite une vision de la recherche qui soit beaucoup plus démocratique. Jenkis, Clinton, Purushotma, Robison et Weigel (2006), cités par Vinatier et Morrissette (2015), décrivent d'ailleurs une nouvelle épistémologie qu'ils appellent « *culture participative* » (p.146) et qui considère qu'il faut entamer une démocratisation du savoir, c'est-à-dire que le savoir ne doit pas rester réservé à la communauté académique des chercheurs.

#### b) Progression linéaire en 3 étapes : co-situation, coopération et co-production

La progression de la recherche collaborative peut être qualifiée de « non-linéaire » dans la mesure où elle est constituée de remises en cause et de modifications du cheminement. La recherche est donc évolutive (Desgagné, 1997, 2001). Souplesse et adaptabilité sont ainsi présents tout au long du processus. Toutefois, Morrissette (2013) distingue trois étapes au sein de la méthodologie de cette démarche de recherche.

Dans un premier temps, une étape de co-situation a lieu, celle-ci ayant pour but d'aboutir à un contrat collaboratif décrivant les rôles et attentes de chacun (« négociation » du partenariat). En effet, collaborer ne signifie pas que chercheurs et enseignants participent aux mêmes tâches. Si le projet de départ est commun, chacun va y apporter la contribution spécifique qu'il a à offrir au meilleur bénéfice de l'ensemble des partenaires. Dès lors, les praticiens ne sont pas systématiquement engagés dans les tâches de recherche pour lesquels ils ne sont pas formés ou n'ont pas d'intérêt à l'être (Desgagné, Bednarz, Lebuis, Poirier & Couture, 2001). A cette étape, la décision du partage des tâches est donc prise. Ensuite vient l'étape de coopération au cours de laquelle les données seront récoltées. Cette étape se déroulera le plus souvent par méthode des cas (partir des témoignages de praticiens pour amener des discussions entre participants). Malgré un partage des tâches, il est à mentionner que la collaboration renvoie tout de même à un engagement vers un but commun (Portelance, 2011, citée par Coulombe, Doucet, Zourhla & Thibeault, 2017 ; Garant & Lavoie, 1997, Lenoir, 1996, Bickelll & Hattrup, 1995, Herrick, 1992, cités par Portelance & Giroud, 2009). Pour poursuivre ce but commun, le chercheur va apporter des connaissances théoriques, notamment aux différents moments de discussions, et les praticiens vont quant à eux apporter leur expérience ce qui pourra entrainer une reproblématisation partielle (Couturier & Larose, 2006). Bien que les partenaires s'inscrivent dans la poursuite d'un objectif commun, cela n'exclut pas, pour Desgagné (1997, 2001) que les deux parties (chercheurs et praticiens) visent en parallèle des objectifs spécifiques distincts.

Finalement, une étape co-production est mise en place. Les résultats y sont analysés et mis en forme, toujours dans l'optique que ceux-ci soient d'intérêt pour tous.

### c) Double dimension : recherche et formation

Plusieurs éléments supplémentaires viennent caractériser la recherche collaborative. Beauchesne et Hensler (1998, cités par Beauchesne et al., 2005) mentionnent l'existence de trois conditions nécessaires : *« un engagement partagé par les partenaires, la détermination d'orientations communes aux participants et la recherche de retombées significatives pour chacun* » (p.380). De plus, les recherches collaboratives affichent un double-intérêt : pour les chercheurs, avancer dans la recherche (dimension de recherche) et pour les praticiens, réfléchir sur leur pratique et leur développement professionnel (dimension de formation). Ceci est confirmé par Beauchesne et al. (2005) qui soulignent que la participation de personnes issues des milieux scolaire et universitaire permet de favoriser la production de savoirs pertinents pour les deux lieux de pratique tout en contribuant à la professionnalisation de l'enseignement. Van der Maren (2014) le confirme en soulignant que ces démarches concilient la recherche du savoir et l'amélioration des pratiques. Cette visée distingue l'approche collaborative des autres types de recherches participatives (Morrissette, 2013).

### 5.2.2. Récolte de traces dans la recherche collaborative

Tous les échanges, entre d'une part les praticiens et d'autre part les chercheurs, ont pour finalité commune la production de connaissances (Morrissette, 2012 ; Vinatier, 2009). Ces échanges constituent donc les traces de la recherche collaborative. Ils sont le produit d'une interaction, nécessitent un partage de la production du sens et doivent permettre à tous une construction de la connaissance sur l'activité professionnelle. Comme susmentionné, le savoir n'est pas uniquement dans les mains du chercheur. Dès lors, il n'est pas le seul à proposer l'élucidation de connaissances. Le praticien lui aussi possède du savoir théorique qu'il va pouvoir partager. Cela nécessite donc une forte implication de tous (Vinatier & Morrissette, 2015). C'est ensuite au praticien d'envisager des transformations de sa pratique professionnelle s'il le juge nécessaire et s'il est en accord avec les connaissances produites, (Vinatier, 2009).

### 5.2.3. Démarche de recherche collaborative avec des enseignants du primaire et du secondaire

Couturier et Larose (2006) soulignent les difficultés supplémentaires de gestion pouvant exister dans le cadre d'une recherche collaborative menée avec des enseignants du primaire et des enseignants du secondaire. Cela peut être justifié par l'existence d'un faible espace de discussion entre ces deux groupes de personnes. Ce faible côtoiement entre les deux groupes est également mis en évidence par Bednarz et al. (2009) qui soulignent la nécessité de « *briser cet isolement* » (p.7), qu'ils considèrent comme nocif à la fois pour les deux niveaux et pour les élèves concernés par la transition, notamment par le biais des recherches collaboratives. Dès lors, le rôle du médiateur qu'occupe le chercheur apparait d'autant plus important. Bednarz et al. (2001) soulignent en effet un faible côtoiement entre ces enseignants pouvant impliquer une méconnaissance du fonctionnement, des actions et des attentes de l'autre. Par ailleurs, une telle collaboration entre les enseignants des deux ordres, par le partage d'expertises pédagogiques et didactiques, est perçue comme un levier puissant pour le développement professionnel (Larose et al., 2006).

### 5.2.4. Démarche de recherche collaborative dans le contexte de création/modification d'activités pédagogiques

La démarche collaborative permet d'intégrer l'avis et l'expérience des enseignants. Pour Bednarz (2013), les recherches collaboratives, en croisant les regards des chercheurs et des professionnels, permettent une meilleure compréhension du fonctionnement de la pratique enseignante et le sens qu'elle a pour les acteurs de terrain. Or, cette compréhension semble indispensable pour aboutir à un dispositif pédagogique proche du terrain. En effet, il semble illusoire d'envisager la production d'un dispositif qui corresponde aux attentes des acteurs du terrain sans passer par la compréhension du sens qu'ils donnent à leur pratique.

En outre, la mise en place d'un espace de dialogue entre la recherche en didactique et la pratique peut, selon Couture (2005), permettre la construction des situations différentes d'enseignement-apprentissage. Dans ce contexte, la collaboration entre chercheurs et praticiens s'oriente autour de l'élaboration d'activités, de l'étude de leur structuration *a priori*, de la réalisation de ces activités en classe… (Bednarz et al., 2001).

Selon Martin et Clerc-Georgy (2017), la démarche de lesson study consiste en une démarche de recherche collaborative se concentrant sur l'analyse de séquences pédagogiques. Cette démarche, pouvant être traduite comme étude collective d'une leçon, est une démarche originaire du Japon dont l'objectif est de faire travailler ensemble un collectif d'enseignants sur une leçon pour préparer, réaliser et évaluer son enseignement (Miyakawa & Winsløw, 2009 ; Clerc & Martin, 2011 ; Takahashi & McDougal, 2016). Toutefois, cette démarche semble nécessiter de nombreux aller-retour entre des séances de recherche en groupe et des essais de mise en œuvre de la leçon en classe afin d'en retirer des observations (Martin & Clerc-Georgy, 2017 ; Armstrong, 2011). Dès lors, cela implique que ces démarches sont coûteuses en temps.

Les discussions entre co-chercheurs relatives à l'élaboration de séquences d'enseignement sont en fait des négociations constantes entre les exigences, les préoccupations, les contraintes et les ressources propres à chacun d'eux (Bednarz et al., 2001). Il est important de considérer ces interactions entre collaborateurs comme des traces de la démarche de recherche. La recherche menée par Couture (2002, citée par Couture, 2005) a permis de mettre en évidence plusieurs types de moments dans la co-construction : des épisodes d'interrelations, des épisodes de tensions et des épisodes de dialogues de sourds. Le premier type de moment a lieu lorsque les chercheurs et praticiens partagent la même intention, sans avoir négocié auparavant. Les moments de tension ont lieu quand le sens d'une intention didactique est partagé par les acteurs dans le discours mais ne l'est pas dans l'action. Enfin, la co-construction peut entrainer des moments où les discours semblent être les mêmes de part et d'autre mais sont en réalité des dialogues de sourds. En plus de l'analyse des discussions et de leur déroulement, un autre niveau d'analyse des traces peut être mis en place dans ce contexte. Celui-ci concerne les situations d'enseignement qui sont discutées au cours de la recherche (Bednarz et al., 2001). Cette analyse passe par la mise en évidence des changements suggérés et par la justification de ceux-ci.

Néanmoins, Couturier et Larose (2006) soulignent que dans le contexte de création d'activités pédagogiques, des résistances peuvent apparaitre à l'égard du chercheur de la part des praticiens qui l'estiment « *impratiquant* » (p.4). De plus, une autre résistance dans le milieu professionnel, mise en évidence par Lenoir (2012), peut apparaitre suite à une méfiance des praticiens à l'égard de la recherche. Cette méfiance est liée à la crainte que les résultats des recherches amènent les décideurs à imposer des politiques pédagogiques. Pourtant, Vinatier et Morrissette (2015) soulignent que la volonté des recherches collaboratives est d'aboutir à des outils que les enseignants peuvent utiliser uniquement s'ils le souhaitent.

## Conclusion du cadre théorique

A travers l'entièreté de ce cadre théorique, l'intention est d'apporter l'ensemble des éléments permettant de mettre en place un projet de recherche pour répondre à l'objectif fixé. Rappelons qu'il s'agit de la mise en place d'une séquence pédagogique proche de la réalité du terrain et qui a pour but de faciliter la transition entre l'enseignement primaire et l'enseignement secondaire en géométrie et plus particulièrement en ce qui concerne le domaine de la visualisation.

Pour la poursuite de cet objectif, le premier chapitre aborde le thème de l'enseignement de la géométrie et fait un état des lieux des difficultés que rencontrent les apprenants.

Après avoir identifié la visualisation comme une des principales difficultés de la discipline, le chapitre 2 traite du fonctionnement de cette visualisation. Au travers de ce dernier, il semble ressortir l'existence de deux modes de visualisation : le mode iconique et le mode non iconique. Si le premier semble instinctivement utilisé par les apprenants et revendiqué au primaire, il apparait pourtant que c'est le second mode qu'il faut développer chez les apprenants pour qu'il y ait un réel apprentissage géométrique. C'est d'ailleurs ce mode qui est attendu au cours de l'enseignement secondaire car il permet le développement de connaissances géométriques et favorise les capacités à démontrer géométriquement. Il ressort ensuite que le moyen principal pour développer cette visualisation iconique est d'entrainer les élèves à pratiquer la déconstruction des figures et en particulier la déconstruction dimensionnelle.

Le chapitre 3 se questionne sur les activités à proposer aux apprenants pour les entrainer à déconstruire les figures. Il en ressort que les exercices de restauration de figures semblent être des outils pour arriver à cet objectif. Néanmoins, il semble nécessaire d'entamer une réflexion sur plusieurs variables au sein de ces exercices comme sur le choix des instruments et également sur des aspects méthodologiques.

Le passage d'une géométrie de l'observation à une géométrie de la démonstration constitue un autre changement intervenant au niveau de la transition primaire/secondaire. Le chapitre 4 évoque l'existence de différents paradigmes. On y constate des liens avec la visualisation puisqu'il apparait que l'usage de la déconstruction dimensionnelle permet ce changement de mode de raisonnement.

Enfin, le dernier chapitre identifie une méthodologie visant entre autres à la construction d'outils/dispositifs proche de la réalité du terrain. Il ressort de ce dernier que les recherches collaboratives sont un moyen d'y arriver parce qu'elles permettent de tenir compte de l'avis et de l'expérience des praticiens.

Grâce à l'ensemble de ce cadre théorique, il est désormais possible de mettre en place une démarche qui puisse répondre aux objectifs fixés. En effet, les balises permettant d'envisager la mise en œuvre d'une démarche collaborative ont été apportées. De plus, au sein de cette démarche, il semble essentiel de garder à l'esprit les différentes informations au sujet de la transition en géométrie et notamment celles sur la visualisation. Celles-ci permettront une meilleure compréhension du dispositif qui fait l'objet de l'analyse. Elles permettront aussi, quand des modifications seront envisagées pour ce dernier, de garder à l'esprit les éléments importants pour atteindre l'objectif fixé par le dispositif : le développement de la visualisation non iconique chez les apprenants de fin du primaire pour faciliter la transition vers le secondaire.

# CADRE PRATIQUE

## Introduction au cadre pratique

La mise en place d'un dispositif pédagogique, dont l'objectif est de développer la visualisation non iconique et qui est proche de la réalité du terrain, est envisagée en deux grandes phases illustrées à travers la figure 15.

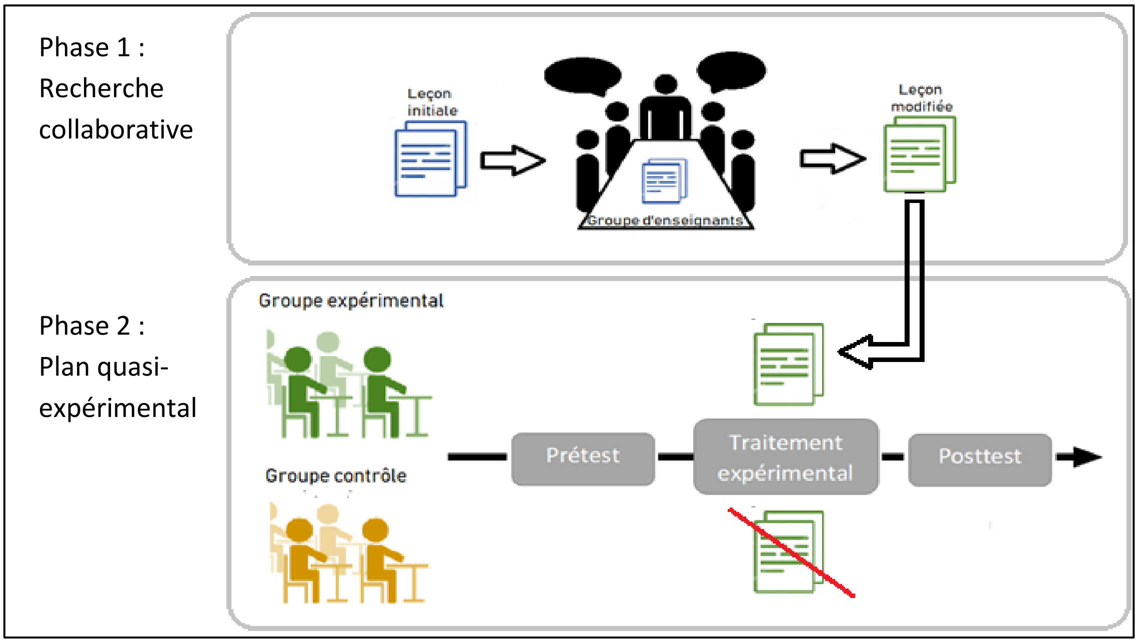



*Figure 15 : Illustration de la méthodologie*

La première phase passe par la mise en place d'une recherche collaborative comme celle réalisée par Bednarz et al. (2001) incluant des professeurs de l'enseignement primaire et des professeurs de l'enseignement secondaire. L'objectif commun de ce groupe[6] est, à partir de l'expérience du terrain de ses membres, d'apporter des modifications au dispositif pédagogique créé par Lucchese (2015) afin qu'il soit davantage en accord avec la réalité du terrain. Il s'agit donc d'une phase de modification d'un dispositif initial qui permet d'inscrire le travail de Lucchese (*Ibid*.) dans une nouvelle perspective prenant en compte les praticiens (leur point de vue, leurs savoirs, leur expérience…) pour ainsi lui apporter une plus-value et lui donner, *a priori*, davantage de chance d'être réutilisé.
La seconde phase consiste à une validation du dispositif élaboré par le groupe de travail. Pour se faire, un plan quasi-expérimental à observations pré- et post-expérimentales,

[6] Par facilité, le terme « groupe de travail » est utilisé pour évoquer le groupe d'enseignants participant à la recherche collaborative.

assorti d'un groupe de contrôle, est mis en place, à l'image du plan de recherche réalisé par Lucchese (2015). Le plan mis en place a pour objectif de vérifier si le dispositif construit permet l'entrée progressive dans une visualisation de type non iconique. Il permet donc de répondre à la sous-question suivante :

*Le dispositif pédagogique créé, centré sur le principe de déconstruction dimensionnelle, permet-il aux élèves du 4e cycle de l'enseignement primaire d'entrer progressivement dans une visualisation de type non iconique* ?

Après ce bref descriptif permettant d'obtenir une vision d'ensemble du travail pratique réalisé, les deux chapitres suivants, respectivement le chapitre 6 pour la phase de recherche collaborative et le chapitre 7 pour la phase de quasi-expérimentation, ont pour intention de revenir en détail sur chacune de ces phases afin de décrire entre autres leur déroulement. Ensuite, les chapitres 8 et 9 décrivent respectivement les résultats relatifs à la première et à la seconde phase du travail. Autrement dit, le chapitre 8 présente les résultats relatifs à la recherche collaborative telle que présentée au chapitre 6, donc entre autres le dispositif élaboré par le groupe de travail. Le chapitre 9 présente, lui, les résultats de la validation de ce dispositif telle que proposée au chapitre 7.

# Chapitre 6 : Recherche collaborative pour l'adaptation du dispositif

## 6.1. *Descriptif de la démarche et justification*

Cette première phase a pour but de réunir un groupe d'enseignants, accompagné d'un chercheur, lors d'une recherche collaborative. La mise en place de cette recherche collaborative s'appuie sur les principes évoqués au cours du chapitre 5, mettant notamment en évidence les points importants de ces démarches de recherche. Toutefois, la recherche menée, si elle met en place un espace de médiation entre praticiens et chercheurs, est une démarche simplifiée des démarches collaboratives le plus souvent mises en place lors de l'élaboration d'activités. En effet, les recherches collaboratives suggèrent le plus souvent des temps de réalisation des activités en classe et d'analyse des productions des élèves, ces éléments servant à alimenter la conversation et les échanges entre co-chercheurs. Cela passe donc par un processus cyclique d'utilisation, d'évaluation et de modification (Van der Maren, 2014 ; Clerc & Martin, 2011 ; Armstrong, 2011). Ces démarches étant particulièrement chronophages, il n'a pas été possible, dans le cadre d'une recherche menée sur année, de mettre en place cet aller-retour entre, essai sur le terrain et discussion au cours des rencontres. Dès lors, les discussions au sujet du dispositif initial s'appuieront uniquement sur l'analyse du dispositif sans essai en classe. Ce choix méthodologique constitue une première limite au travail envisagé. Un descriptif de la méthodologie précise est proposé ci-après (6.3.).

Comme évoqué au chapitre 5, cette démarche méthodologique semble en adéquation avec l'objectif fixé. En effet, les recherches collaboratives puisqu'elles proposent l'intégration des praticiens dans l'élaboration d'activités mathématiques en classe, ont pour principale intention de combler l'éloignement existant entre le milieu de la recherche et le milieu professionnel (Desgagné & Bednarz, 2005). Elles apparaissent donc comme une solution pour aboutir à un dispositif proche de la réalité du terrain dans la mesure où il a été élaboré en collaboration avec des praticiens.

## 6.2. *Echantillon*

Le groupe de travail mis en place est composé de cinq enseignants (quatre enseignants de sixième primaire et une enseignante de mathématiques au secondaire inférieur). Ces derniers sont tous volontaires pour la participation au projet. La présence de ces catégories d'acteurs semble primordiale puisque le dispositif, prévu pour le dernier cycle de l'enseignement primaire, a pour but de préparer les élèves à la géométrie telle qu'enseignée en secondaire. A l'image de Bednarz et al. (2009), regrouper ces deux catégories d'acteurs semble adéquat quand on travaille sur la transition primaire-secondaire.

L'ensemble des enseignants travaillent au sein d'une même école qui propose une section primaire et une section secondaire.  Le choix de cette institution a été réalisé parce que, après présentation du projet, les enseignants se sont avérés enthousiastes à l'idée d'y participer. Cela semble indispensable de travailler avec des enseignants volontaires puisque ces derniers vont devoir s'investir et partager leur expérience.  Par ailleurs, il semble légitime de travailler avec des enseignants exerçant au sein d'une même institution, et ce pour plusieurs raisons. D'abord, parce que cela constitue une occasion de briser l'isolement entre ces deux niveaux décrit au chapitre 5 comme nocif pour les apprenants. Ensuite, parce que travailler au sein d'une même école constitue une facilité organisationnelle (facilité de lieu et d'horaire).

Les quatre enseignants du primaire ont tous plus de neuf années d'ancienneté et au moins deux en sixième année. Tous ont enseigné à d'autres niveaux du primaire également. L'enseignante du niveau secondaire possède 26 années d'ancienneté et enseigne dans le premier degré commun et différencié. Cette expérience particulière ne semble pas constituer un problème, au contraire, dans la mesure où les élèves de l'enseignement différencié sont logiquement marqués par des problèmes de transition entre les deux niveaux d'enseignement. Le tableau 3 présente un récapitulatif des informations répertoriées sur les membres du groupe de travail.

*Tableau 3 : Données répertoriées sur les praticiens collaborateurs*

| | Niveaux actuels | Années d'expérience | Autres niveaux d'enseignement |
|---|---|---|---|
| **Enseignant 1** | 6ème primaire | 9 ans dont 4 en 6ème P. | 5ème primaire |
| **Enseignant 2** | 6ème primaire | 18 ans dont 11 en 6ème P. | Tous les niveaux du primaire |
| **Enseignant 3** | 6ème primaire | 9 ans dont 2 en 6ème P. | 5ème primaire |
| **Enseignant 4** | 6ème primaire | 18 ans dont 12 en 6ème P. | Tous les niveaux du primaire |
| **Enseignant 5** | 1ère commune et 1ère différenciée | 26 ans | Autres années du 1er degré secondaire commun et différencié |

Initialement, le projet avait été envisagé avec un à deux enseignants supplémentaires pour représenter le niveau secondaire. Toutefois, cela n'a pas été possible pour des raisons organisationnelles et par manque de volontariat. Cette faible représentation des enseignants secondaires peut constituer une limite à la recherche menée. Par ailleurs, à l'origine, un cinquième enseignant de sixième primaire issu de la même institution participait à la recherche. Néanmoins, celui-ci a choisi de se retirer du projet pour des raisons personnelles.

### 6.3. *Etapes de la collaboration*

La recherche collaborative se réalise du mois de novembre 2018 au mois de janvier 2019. Elle voit le jour sous forme de séances, d'une durée d'environ une heure, qui réunissent l'ensemble des enseignants collaborateurs. Celles-ci prennent place lors des heures de concertation de l'équipe pédagogique du primaire, horaire qui arrange l'ensemble des membres de l'équipe. Ces séances sont réparties en trois étapes qui définissent les recherches collaboratives (Morrissette, 2013) comme l'illustre le chapitre 5 : une étape de co-situation, une étape de coopération et une étape de co-production. Les deux premières étapes durent respectivement une séance alors que la troisième étape, plus conséquente, se déroule en trois séances. Au total, cinq séances ont donc lieu comme l'illustre la figure 16. Pour finir, une quatrième étape, d'une séance, prend place au mois de mars pour finaliser le projet, après la phase de validation (chapitre 7). Elle a pour objectif de réaliser un retour avec les enseignants sur l'expérimentation.

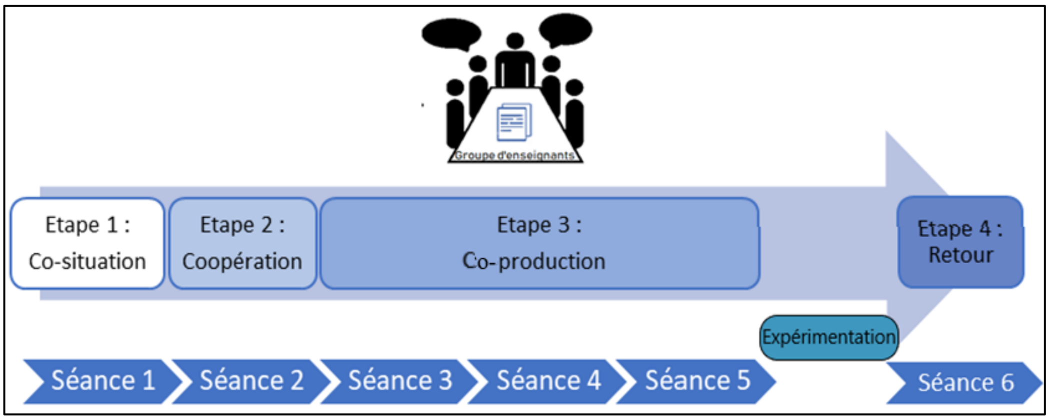



*Figure 16 : Déroulement de la phase collaborative*

#### 6.3.1. Etape de co-situation

La première étape, d'une durée d'une séance, a pour objectif de prendre connaissance de l'ensemble de l'équipe et de leur présenter en détail le projet de collaboration. Le but est d'arriver à se mettre d'accord sur le travail qui sera mis en place et sur les rôles de chacun au cours de ce travail. Cela fait référence à la phase de *co-situation*. Concrètement, un mot d'accueil et un tour de présentation sont d'abord réalisés. Celui-ci est suivi d'une présentation générale du travail envisagé (problématique, objectifs de la recherche, méthodologie) et d'une explication plus précise des étapes de la phase collaborative. Enfin, un résumé des tâches concrètes demandées aux enseignants est ensuite réalisé. Un support Powerpoint est prévu pour accompagner le chercheur au cours de cette étape (Annexe 2).

### 6.3.2. Etape de coopération

La deuxième rencontre dure une séance et est l'occasion pour le chercheur d'apporter d'une part les connaissances nécessaires aux enseignants pour une meilleure compréhension du phénomène de visualisation, et d'autre part de les questionner sur leur pratique à l'égard de ces concepts didactiques.

Rappelons que les recherches collaboratives s'inscrivent dans un objectif de formation pour les participants (Beauchesne et al., 2005 ; Morrissette, 2013). Dès lors, il apparait normal que ces derniers reçoivent les connaissances théoriques (et principalement didactiques) nécessaires. Par ailleurs, on ne peut demander aux enseignants de construire un outil ayant un objectif précis sans avoir les informations nécessaires pour comprendre cet objectif. Le contenu présenté par le chercheur s'appuie sur la structure des chapitres 2 et 3. Cette étape passe par la présentation du fonctionnement de la visualisation et de la visualisation iconique et non iconique, des obstacles à l'apprentissage relatifs à la visualisation iconique, du concept de déconstruction et de déconstruction dimensionnelle et enfin des exercices de restauration et de reproduction et des variables au sein de ces exercices. Un support PowerPoint (Annexe 3) est utilisé par le chercheur et permet d'appuyer les propos tenus à l'aide d'illustrations.

A l'issue de cette présentation *théorique*, se pose la question d'identifier si les enseignants mettent en place des pratiques développant la visualisation non-iconique des apprenants. Pour obtenir ces informations, un focus groupe (entretien collectif) est réalisé avec l'ensemble des praticiens, à l'image de la recherche collaborative réalisée par Van Nieuwenhoven et Colignesi (2013) ou encore Pierrisnard (2017) qui utilise la terminologie de « entretien de co-explication ». Ce choix se justifie par le fait qu'il s'agit d'une technique d'entretien groupal utilisée pour mieux comprendre des opinions, des motivations ou des comportements (Thibeault, 2010). La réalisation du focus groupe s'appuie sur un guide présenté en annexe (Annexe 4). La construction de ce guide prend appui sur les principes énoncés par Thibeault (*Ibid.*). Néanmoins, contrairement à ce qui est suggéré, ce focus groupe est proposé pour une durée plus limitée : l'introduction et la conclusion sont simplifiées car l'entretien a déjà été présenté lors de la phase de co-situation et le nombre de questions de fond est limité à quatre.

### 6.3.3. Etape de co-production

Cette étape a pour objectif d'entamer concrètement la mise en place de modifications au sein du dispositif de Lucchese (2015). Elle constitue dès lors la phase d'aboutissement du projet et nécessite donc davantage de temps, à savoir trois séances. Pour réaliser la phase de modification, la technique de focus groupe semble inadaptée. En effet, cette technique n'a pas pour intention d'aboutir à un consensus (Spiral, 2011). Or, c'est l'objectif de cette étape. Le choix a été fait d'opter pour une étude collective d'une leçon, c'est-à-dire une démarche de discussion argumentative et collective, comme ce qui est réalisé par Bednarz et al. (2001) dans une autre recherche collaborative. Cela passe nécessairement d'abord par une phase de découverte du dispositif initial. En effet, on ne peut demander aux enseignants de juger le dispositif sans en avoir pris connaissance. Pour se faire, le chercheur présente les informations générales au sujet du dispositif dans son entièreté (structure générale, durée, thème…), et ce à partir du support présenté en annexe (Annexe 5). Ensuite, il distribue à chaque praticien, un exemplaire du dispositif et ces derniers sont invités à le lire individuellement.

Il est enfin possible d'entrer concrètement dans la phase de modifications. Celle-ci a pour but de mettre en évidence l'opinion des enseignants à l'égard du dispositif et d'arriver à un consensus sur les modifications à apporter à ce dernier. Cette démarche se réalise indépendamment pour chacune des six séances qui constituent le dispositif de Lucchese (*Ibid.*). Autrement dit, pour chaque séance, les enseignants sont amenés à mener une discussion pour aboutir aux modifications à apporter au dispositif. Les enseignants sont donc invités à donner leur avis et leurs pistes de modifications pour rendre le dispositif plus proche de leur réalité. Ce même processus est réalisé pour les six séances. Pour appuyer la démarche, le chercheur propose un support, placé en annexe (Annexe 5), et qui résume les grandes lignes de chaque séance (thème, durée, intention, méthodologie, éléments de synthèse). Cela permettra lors des discussions, d'avoir en tête la séance initiale.

Une fois les six séances passées en revue individuellement, le chercheur propose un temps aux enseignants pour aborder les éléments non abordés jusqu'à présent. C'est par exemple l'occasion pour les enseignants de proposer d'autres activités qui ne s'intégraient pas dans les séances initiales prévues par Lucchese (2015). A l'issue de cet échange, l'ensemble des changements déterminés sont apportés au dispositif initial ce qui permet d'aboutir au nouveau dispositif.

#### 6.3.4. Etape de retour

Finalement, une séance est proposée après la phase d'expérimentation (chapitre 7). Cette étape a pour objectif de réaliser un débriefing avec les enseignants sur l'ensemble de la recherche. Par ailleurs, elle a pour intention de combler la limite susmentionnée relative à l'absence d'aller-retour entre recherche et essai en classe. En effet, à travers cette étape, les enseignants peuvent maintenant proposer un retour au sujet du dispositif modifié car trois d'entre eux l'auront testé en classe. L'expérience vécue permet ainsi d'avoir une réflexion *a posteriori* sur le dispositif. Cet échange se déroule selon le guide proposé en annexe (Annexe 10).

Pour résumé cette première phase, le tableau 4 suggère une brève présentation des dates et du contenu des différentes étapes qui seront explicitées par après.

*Tableau 4 : Rencontres mises en place pour la recherche collaborative*

| Etapes | Séances (dates) | Explications |
|---|---|---|
| **Co-situation** | Séance 1 (19/11/2018) | Prise de contact et définition du projet |
| **Coopération** | Séance 2 (03/12/2018) | Présentation des concepts didactiques et focus groupe sur l'expérience des enseignants par rapport aux concepts didactiques |
| **Co-production** | Séance 3 (17/12/2018)<br>Séance 4 (07/01/2019)<br>Séance 5 (14/01/2019) | Etude collective du dispositif de Lucchese : Modifications du dispositif |
| **Validation par un plan quasi-expérimental (chapitre 7)** | | |
| **Retour** | Séance 6 (29/04/2019) | Débriefing |

### 6.4. *Récolte et analyse des données*

Un enregistrement audio de chacune des séances de la phase collaborative est réalisé pour pouvoir obtenir un ensemble de données. Lors de l'analyse des données, l'attention est portée sur les temps de discussion avec le groupe de travail, autrement dit d'abord sur le focus groupe réalisé en deuxième phase et ensuite sur l'étude collective du dispositif en phase 3. Les échanges qui ont lieu lors de ces moments sont donc retranscrits. Les autres moments qui ont eu lieu lors des séances de collaboration sont davantage des temps de présentation d'informations de la part du chercheur. Ils ne seront donc ni retranscrits, ni analysés.

Une analyse descriptive des données de ces deux temps d'échange est réalisée au sein du chapitre 8. En s'appuyant sur les verbatims d'enseignants, l'intention est de présenter le contenu des échanges. D'abord, l'analyse du focus groupe a pour ambition de présenter un état des lieux de la situation des enseignants du groupe de travail par rapport au développement de la visualisation non iconique au sein de leurs pratiques de classe. Ensuite, l'analyse de la phase de modification va permettre de mettre en évidence le jugement des enseignants par rapport à l'activité initiale prévue par Lucchese (2015). Cela afin de décrire et justifier les changements qui lui sont apportés pour la rendre plus proche de la réalité du terrain et ainsi d'aboutir à la présentation du dispositif pédagogique modifié.

Pour ce qui est de la dernière rencontre, qui concerne le retour réalisé avec les enseignants après expérimentation, les données serviront d'appui pour la phase de discussion des résultats puisque, comme mentionné, cette séance est l'occasion d'avoir une réflexion sur le dispositif construit, après l'avoir utilisé sur le terrain.

## Chapitre 7 : Validation par un plan quasi-expérimental du dispositif

### 7.1. *Présentation de la démarche et hypothèses*

L'objectif est maintenant d'évaluer le nouveau dispositif mis en place afin de pouvoir le valider. En effet, il est question de se demander si le dispositif créé permet aux apprenants de progresser dans le développement de leur visualisation non iconique. Cette validation, réalisée au cours des mois de février et mars 2019, porte donc sur les performances des apprenants et sur leur manière de résoudre les exercices proposés.

La méthodologie utilisée pour y arriver est inspirée de celle utilisée par Lucchese (2015) pour valider le dispositif qu'elle a mis en place dans son travail. Autrement dit, il s'agit d'un plan quasi-expérimental avec pré et posttest assorti d'un groupe contrôle qui peut être synthétisé par la figure 17. Par ce dispositif prétest/posttest, il est question donc de comparer l'évolution des résultats de deux groupes : un groupe expérimental, qui reçoit le dispositif pédagogique élaboré et un groupe contrôle qui ne reçoit pas le dispositif pédagogique. Nous nous situons donc cette fois au sein d'une approche quantitative.

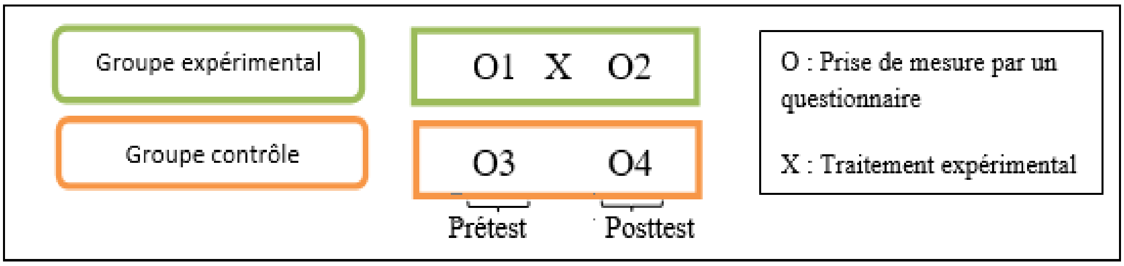



*Figure 17 : Plan expérimental mis en place*

Opter pour un plan quasi-expérimental permet de voir s'il y a une progression des apprenants dans l'acquisition de la visualisation non iconique et si cette progression peut être attribuée à la séquence d'enseignement élaborée et testée. Cela afin d'identifier si le traitement expérimental a eu des effets sur les performances des élèves. Autrement dit, le prétest semble permettre d'observer si la visualisation non iconique est déjà acquise, en cours d'acquisition ou non acquise par les élèves et le posttest permet de voir si la visualisation non iconique s'est développée davantage après le traitement expérimental. Par ailleurs, ce choix de plan possède plusieurs avantages. Passer par la passation d'un prétest et d'un posttest au sein des deux groupes permet de contrôler la validité interne de la recherche. De plus, en exposant de manière équivalente les deux groupes au prétest, l'effet prétest semble être contrôlé.

Au vu des résultats montrés par Lucchese (2015) par rapport au dispositif qu'elle a mis en place, l'hypothèse est émise et sera vérifiée au travers des résultats.

*Hypothèse générale : Le dispositif pédagogique permet aux élèves de sixième primaire d'entrer progressivement dans une visualisation de type non iconique.*

Dès lors, la variable dépendante de l'expérimentation relève des performances des élèves au questionnaire évaluant leur niveau d'acquisition de la visualisation non iconique. La variable indépendante relève du suivi, ou non, du traitement expérimental visant le développement de l'acuité visuelle, c'est-à-dire du dispositif pédagogique.

## 7.2. *Echantillon et création des groupes*

### 7.2.1. Choix de l'école partenaire

Le choix a été fait de poursuivre le travail de recherche au sein de la même école primaire, avec les classes de sixième année dont les enseignants collaborateurs sont titulaires. L'échantillon expérimental est donc occasionnel. Cette école du réseau libre subventionné a un indice socio-économique de 10[7], soit un indice de niveau moyen. Ce choix se justifie par le fait que les enseignants qui ont pris part au travail sont enthousiastes à l'idée de tester le dispositif qu'ils ont élaboré au sein de leur classe. Par ailleurs, avoir vécu l'expérimentation permettra d'entamer une discussion *a posteriori* lors de la séance de retour (cf. 6.3.4.). En outre, le choix d'opter pour un testing uniquement au sein de classes de sixième permet d'éviter une comparaison d'apprenants de niveaux différents et permet de nous assurer que l'ensemble des prérequis nécessaires sont acquis. En effet, quelques prérequis à la séquence pédagogique mise en place apparaissent : connaissance des notions de droites, segments, points, diagonales, médianes, parallélisme et perpendicularité ; capacité d'utiliser les différents instruments géométriques, de tracer des figures simples, des droites parallèles et perpendiculaires. Dès lors, il a été vérifié auprès des enseignants que l'ensemble de ces prérequis ont déjà été abordés au début de cette sixième année ou lors d'une année précédente.

### 7.2.2. Attribution des groupes

L'école proposent cinq classes de sixième primaire qui prennent toutes part à l'expérimentation. Elles sont réparties dans les deux groupes : trois forment le groupe *expérimental* et deux le groupe *contrôle*. En travaillant avec une seule école, cela permet de supposer que le public des deux groupes est homogène.

[7] Indice attribué par l'arrêté du Gouvernement de la FWB du 24 mars 2011

L'attribution des classes aux groupes est réalisée de manière partiellement aléatoire. La classe dont l'enseignant titulaire n'a pas participé au projet collaboratif a directement été affecté au groupe contrôle. Cela parce que l'enseignant n'a pas pris part à l'élaboration du dispositif et n'a donc pu se familiariser avec ce dernier. Pour les quatre autres classes, dont les enseignants titulaires ont tous pris part à la première phase du projet, un tirage au sort a été réalisé afin de décider de la classe qui rejoint le groupe contrôle. Les trois autres classes constituent le groupe expérimental. En utilisant cette méthode, l'attribution des élèves aux groupes ne peut donc pas être qualifiée de strictement aléatoire. En effet, les élèves n'ont pas été affectés individuellement de manière aléatoire aux groupes car c'est leur appartenance à une classe qui le détermine. Ne s'agissant pas d'un plan expérimental scrupuleusement respecté, il semble donc nécessaire d'interpréter les résultats avec prudence.

#### 7.2.3. Descriptif de l'échantillon final

Au total, 115 enfants prennent part à l'expérimentation (71 pour le groupe expérimental et 44 pour le groupe contrôle). Néanmoins, suite à l'absence de certains apprenants au prétest et/ou au posttest, le nombre d'apprenants est diminué de 8 pour le groupe expérimental alors que le groupe contrôle est amoindri de trois apprenants. Le tableau 5 présente la répartition et la taille des deux groupes.

*Tableau 5 : Répartition et taille des groupes*

| **Groupes** | **Classes et enseignants**[8] | **Nbres d'apprenants total / conservé** | |
|---|---|---|---|
| Groupe expérimental | Classe de l'enseignant 1 | 22 / 20 | 71/ 63 |
| | Classe de l'enseignant 2 | 24 / 23 | |
| | Classe de l'enseignant 3 | 25 / 20 | |
| Groupe contrôle | Classe de l'enseignant 4 | 22 / 22 | 44/ 41 |
| | Classe de l'enseignant n'ayant pas participé à la phase 1 | 22 / 19 | |

Si les groupes sont tous deux constitués d'élèves inscrits en sixième au sein d'une même école, il semble y avoir des différences dans la répartition des tranches d'âge des élèves. En effet, comme l'illustre la figure 18, le groupe contrôle est constitué d'élèves plus âgés bien que dans les deux cas, la tranche d'âge la plus présente est celle des « 11 ans et demi – 12 ans ».

[8] En référence aux numéros attribués aux enseignants lors de la recherche collaborative.

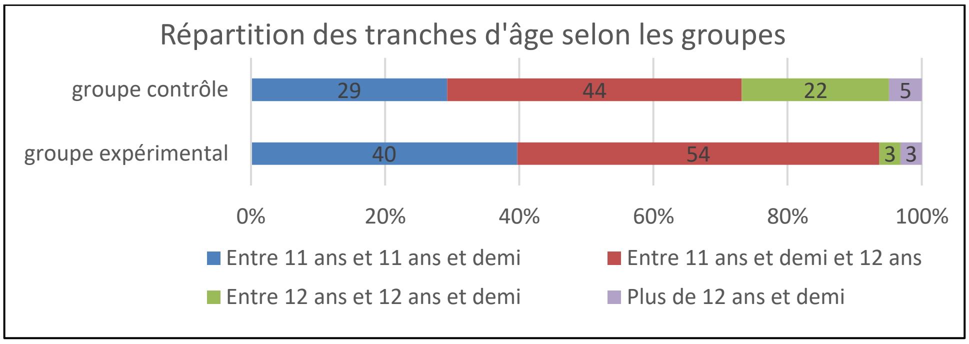



*Figure 18 : Tranches d'âge présentes au sein des groupes*

## *7.3. Descriptif des épreuves et du calcul des scores*

### 7.3.1. Description des épreuves

Afin de pouvoir évaluer le plus correctement possible l'évolution des performances des apprenants, sans contamination de la première épreuve sur la seconde, les épreuves pré et post expérimentales prévues sont des épreuves construites de façon à être parallèles. Le prétest utilisé est placé en annexe (Annexe 6) tout comme le posttest (Annexe 7). Ces épreuves sont inspirées de celles mises en place par Lucchese (2015) pour vérifier l'acquisition de la visualisation non iconique. Néanmoins, des adaptations leur ont été apportées afin d'obtenir des informations plus précises à ce sujet. Les épreuves proposées ont donc été repensées et ces changements ont été justifiés (Annexe 8).

Ces épreuves finalement utilisées sont composées au total de dix exercices. Parmi ceux-ci deux sont des questions parasites (Q3/Q7 au prétest et Q4/Q8 au posttest). Les autres sont des exercices de restauration de figures. Pour réussir ces exercices, les élèves devront utiliser des tracés auxiliaires absents de la figure initiale. C'est l'utilisation de ces tracés qui permet de prédire le développement de la visualisation non iconique chez les apprenants. Huit exercices de ce type sont proposés dans chaque épreuve. Chacun de ces exercices est construit pour être associé à une des séances pédagogiques du dispositif expérimenté (ou à une partie de celles-ci). Ils permettent donc de vérifier l'atteinte d'un objectif particulier. Par ailleurs, les épreuves ont été construites de manière à être parallèles. Ainsi, pour chaque exercice du prétest, il est possible de lui attribuer un exercice au posttest correspondant. Le tableau 6 a pour but d'identifier quelles questions sont associées au sein des deux épreuves et également à quelle séance ou partie de séance (et ainsi à quels objectifs) elles font référence.

*Tableau 6 : Questions du prétest et du posttest*

| Questions Pré- | Questions Post- | Séances du dispositif visée | Objectifs |
|---|---|---|---|
| Q1 | Q10 | Séance 1 (Ex. de niveau 1) | Restaurer une configuration de droites sécantes au départ d'une amorce constituée de points donnés permettant de réaliser la reproduction directement[9] |
| Q4 | Q5 | Séance 1 (Ex. de niveau 2) | Restaurer une configuration de droites sécantes au départ d'une amorce constituée de points donnés permettant la reproduction indirectement[10] |
| Q10 | Q9 | Séance 2 (Ex. de niveau 1) | Restaurer des figures à partir de matériels divers et pour lequel le repérage d'alignements suffit |
| Q5 | Q3 | Séance 2 (Ex. de niveau 2) | Restaurer des figures à partir de matériels divers et pour lequel le repérage d'alignement ne suffit pas / un report de mesures est nécessaire |
| Q2 | Q6 | Séance 3 | Restaurer une figure complexe à l'identique |
| Q6 | Q2 | Séance 4 | Restaurer une figure complexe mais avec un agrandissement |
| Q8 | Q7 | Séance 5 | Restaurer une figure construite à partir d'une trame de fond (ensemble de droites perpendiculaires et parallèles |
| Q9 | Q1 | Séance 6 | Reproduire ou restaurer des figures dans lesquelles sont intégrées des cercles, demi-cercles ou arcs de cercles |

Afin de neutraliser d'éventuels biais sur les résultats, une vérification auprès des enseignants a été réalisée afin de s'assurer que les exercices proposés dans les différentes épreuves (prétest et posttest) n'avaient pas déjà été proposés aux apprenants dans le cadre de précédentes activités.

#### 7.3.2. Calcul des scores

Afin d'estimer les effets de la variable indépendante, autrement dit le niveau d'acquisition de la visualisation non iconique chez les élèves, un score est calculé pour chacun des exercices et chacune des épreuves. Celui-ci est obtenu en analysant les réponses des élèves aux questions non-parasites. Pour chacune d'entre-elle, une liste de sept critères, placée dans le tableau 7, est à vérifier. Ces derniers, excepté le deuxième de la liste, sont tirés de l'expérimentation menée par Lucchese (2015). Le choix a été fait de rajouter ce deuxième critère afin de favoriser les élèves ayant réussi une partie de l'exercice et à les distinguer des élèves n'ayant absolument pas réussi l'exercice.

*Tableau 7 : Critères pour le calcul des scores*

| | |
|---|---|
| 1 | L'élève a réussi totalement l'exercice |
| 2 | L'élève a réussi au moins partiellement l'exercice (autrement dit, il a su entamer correctement au moins une partie de la restauration demandée) |
| 3 | L'élève a tracé sur le modèle |
| 4 | L'élève fait apparaitre quelques tracés auxiliaires utiles sur le modèle |
| 5 | L'élève fait apparaitre quelques tracés auxiliaires utiles sur l'amorce |
| 6 | L'élève fait apparaitre tous les tracés auxiliaires utiles sur le modèle |
| 7 | L'élève fait apparaitre tous les tracés auxiliaires utiles sur l'amorce |

[9] Les points et droites à reconstruire peuvent être obtenus directement à partir des points de l'amorce.
[10] Certains points et droites à reconstruire sont obtenus seulement à l'aide d'objets intermédiaires.

Pour chaque critère vérifié, un point est attribué à l'élève si le comportement qu'il décrit est présent. Ainsi une note sur 7 est obtenue par exercice et une note sur 56 est obtenue par épreuve. Au plus le score calculé est élevé, au plus le niveau de développement de la visualisation non iconique l'est également.

### 7.4. *Descriptif détaillé du déroulement de l'expérimentation*

#### 7.4.1. Passation du prétest

Tous les élèves sont invités à réaliser individuellement l'épreuve pré-expérimentale décrite ci-avant. Les enseignants titulaires sont chargés d'organiser cette passation de l'épreuve au sein de leur classe et sont donc expérimentateurs. Au vu de la diversité des expérimentateurs et afin que la passation des différentes épreuves (prétest et posttest) soit homogène dans l'ensemble des classes, un guide de passation est fourni aux enseignants. Ce dernier est placé en annexe (Annexe 9). Il leur apporte les consignes précises à annoncer aux apprenants et décrit la méthodologie à suivre. Au sein de ces consignes, plusieurs éléments importants sont à relever. D'abord, aucune explication précise n'est donnée aux apprenants quant au but de l'expérimentation. Ensuite, aucune limite de temps n'est imposée aux élèves pour résoudre l'exercice. De plus, les enseignants sont invités à assister les élèves dans la compréhension des consignes mais à ne pas les aider dans la résolution des exercices. Enfin, il est demandé aux enseignants de réaliser la passation de l'épreuve au même moment pour tous les apprenants. Cela pour que ces derniers ne puissent pas échanger entre-eux sur les questions posées.

#### 7.4.2. Passation du traitement expérimental

Les classes appartenant au groupe expérimental vont suivre, pendant le mois de février et le mois de mars le dispositif élaboré au cours de la phase collaborative. Ce dernier est placé en annexe (Annexe 14). Néanmoins, sa présentation est réalisée au sein du chapitre 8 puisqu'il est le résultat de la recherche collaborative. L'enseignement du dispositif au sein des classes du groupe expérimental est réalisé par le titulaire de la classe à raison de 2 à 3 périodes par semaine.

Ce choix d'opter pour un testing du dispositif par les praticiens est réalisé pour diverses raisons. D'abord, cela semble cohérent avec l'ensemble de la démarche collaborative mise en place. En effet, l'intention est d'aboutir à un outil proche de la réalité du terrain. Il semble donc logique de le faire expérimenter par les praticiens afin de se rapprocher au maximum des conditions réelles d'apprentissage, mais également afin de récolter leur avis *a posteriori*. En outre, ce choix permet de répondre à une piste de prolongement proposé par Lucchese (2015) suite à l'expérimentation qu'elle a elle-même menée.

> *Au regard de ce qui vient d'être mis en exergue, nous pensons qu'il serait intéressant de répéter le plan quasi-expérimental mis sur pied avec un échantillon plus important en fournissant les séquences didactiques à divers enseignants qui, à l'aide d'une formation préalable, pourraient les mettre en œuvre dans leurs classes* (Lucchese, 2015, p.100).

En faisant ce choix, il est évidemment possible de dire que l'enseignant varie d'une classe à l'autre du groupe expérimental. Un effet animateur peut donc apparaitre. Néanmoins, pour que la passation du dispositif expérimental soit similaire dans les classes formant le groupe expérimental, il est demandé aux enseignants de suivre la méthodologie suggérée au sein de la leçon créée et ainsi de minimiser la prise de liberté pendant l'enseignement du dispositif. L'objectif est ainsi de limiter l'effet Rosenthal.
Alors que les classes du groupe expérimental suivent le dispositif, les classes issues du groupe contrôle continuent quant à elles leur cursus habituel. Durant cette période, ces deux classes ont, en géométrie, abordé le thème des triangles et quadrilatère ainsi que le thème des cercles.

#### 7.4.3. Passation du posttest

Tous les apprenants, quel que soit leur groupe, sont invités à passer le posttest. Cette passation se fait dans des conditions similaires à celles du prétest. Il est donc passé à un même moment pour tous les étudiants et est encadré par le titulaire en suivant un guide de passation similaire à celui du prétest.

#### 7.4.4. Analyse des résultats

L'évaluateur chargé de corriger les questionnaires est différent des expérimentateurs et par conséquent des enseignants. Il ne connait donc pas les apprenants et il utilise une grille reprenant les différents critères pour « corriger » l'évaluation. Cela permet ainsi de limiter l'effet Halo.
Pour chaque apprenant, un score en termes de résultat brut global est calculé à chacune des épreuves, score noté sur 56 comme susmentionné. Nous faisons donc face à un échantillon de mesures appariées. Par ailleurs, les résultats sont également présentés en termes de gains relatifs car cela apparait adéquat pour prendre en considération la progression des apprenants surtout pour pouvoir les comparer de manière identique. Une

analyse descriptive de ces résultats est d'abord réalisée. Ensuite, des statistiques inférentielles sont également mises en place pour en arriver à vérifier l'hypothèse susmentionnée.

Pour aller plus loin dans l'analyse du développement de la visualisation, les scores spécifiques obtenus à chaque paire d'exercices (les paires d'exercices ont été présentées au tableau 6) peuvent également être analysés. Ceux-ci permettent d'identifier sur quel type d'exercices les scores sont les plus élevés et ainsi d'identifier quelles séances devraient être revues *a posteriori* pour améliorer l'acquisition de la visualisation non iconique. Des statistiques descriptives puis inférentielles sont réalisées.

### *7.5. Critique a priori : Scientificité de la recherche*

La mise en place d'un tel plan de recherche a été envisagée en prenant en compte l'apparition de différents biais. C'est d'ailleurs pour cette raison que de nombreuses précautions ont été présentées. Il est essentiel de prendre en considération ces biais dans la généralisation des résultats. Par exemple, la présence d'un effet animateur a été soulignée puisque le dispositif est dispensé par l'enseignant titulaire, qui diffère donc dans chaque classe. Par ailleurs, si le choix avait été de fixer un même animateur au sein des classes, les apprenants auraient suivi un dispositif enseigné par une personne autre que leur titulaire, ce qui aurait également été un biais à l'expérimentation menée.

Le biais des expériences personnelles peut apparaitre également mais il semble inévitable. Par exemple, puisque nous sommes proches de la fin d'année, il est possible que certains apprenants refassent des exercices du CEB à domicile pour s'entrainer à cette épreuve. Or, parmi les exercices des années précédentes, on retrouve des exercices de restauration et de reproduction de figures. La réalisation de tels exercices pourrait avoir une influence sur les résultats des apprenants. Enfin, l'effet John Henry aurait pu également être soupçonné. Néanmoins, dans le cas de cette recherche, la présence d'une surperformance chez le groupe contrôle, semble difficilement envisageable puisque la visualisation non iconique a été décrite comme un mode de visualisation contraire au fonctionnement cognitif habituel. Dès lors, il apparait difficile de voir spontanément apparaitre un tel mode de visualisation chez les apprenants du groupe témoin.

# Chapitre 8 : Résultats de la recherche collaborative (phase 1)

Ce chapitre a pour objectif de présenter les résultats de la phase collaborative, première phase de cette recherche. Les informations présentées sont tirées des enregistrements audios réalisés lors des différentes séances de collaboration. Ces enregistrements sont placés en annexe (Annexe 11). Ils reprennent l'ensemble des séances de la recherche collaborative, bien que les données analysées et présentées ci-après concernent uniquement le focus groupe réalisé à l'étape de coopération et ensuite l'étude collective de la leçon issue de l'étape de coproduction. L'analyse de cette dernière permet enfin d'aboutir à la présentation du nouveau dispositif élaboré.

## 8.1. Focus groupe sur les pratiques (phase de coopération)

La retranscription du focus groupe réalisé est placée en annexe (Annexe 12). Son analyse vise à présenter les pratiques des enseignants collaborateurs au sujet du développement de la visualisation de leurs élèves. Plusieurs domaines ont été explorés. D'abord, celui des pratiques en matière d'exercices de restauration et de reproduction de figures qui, comme évoqué au cours du cadre théorique, sont des activités importantes pour le développement de la visualisation. Ensuite, celui des éventuelles autres pratiques permettant le développement de la visualisation non iconique. Finalement, le domaine des pratiques à l'égard des instruments de géométrie est abordé puisqu'ils sont considérés comme une variable cruciale dans le développement de la visualisation.

### 8.1.1. Pratique des exercices de restauration / reproduction de figures

Les enseignants collaborateurs disent ne pas spécialement réaliser d'exercices de reproduction et de restauration de figures. Les seules activités où ils demandent aux élèves de reconstruire une figure qui leur est donnée se trouvent dans les chapitres liés soit aux transformations du plan soit aux homothéties.

*E1 : Mais ils ne doivent pas … euh … reproduire bêtement quelque chose à part en…*
*E3 : En symétrie*
*E1 : En sym…*
*E 4 : En symétrie oui*
*E1 : Oui c'est ça en…*
*E3 : Dans les symétries*
*E1 : En symétrie ou en homothétie…*

Il est possible de considérer cela comme des exercices de restauration ou de reproduction de figures au sens de la définition donnée dans le chapitre 3. Néanmoins, la méthode apprise aux élèves pour résoudre ce genre d'activité ne semble pas permettre le développement de la visualisation non iconique chez ces derniers. En effet, les apprenants appliquent, à chacun des sommets de la figure, la transformation pour former ainsi la nouvelle figure. Les apprenants ne sont donc pas amenés à appliquer des gestes de déconstruction et à s'en servir pour reproduire ou restaurer la figure de départ. Par ailleurs, lorsqu'ils proposent ce genre d'exercices, ce sont principalement des figures simples (triangles, quadrilatères et polygones réguliers) qui sont à construire, et le plus souvent avec une équerre (ou éventuellement un compas). En outre, lorsque les enseignants abordent les triangles et quadrilatères, certains demandent aux élèves de construire des figures simples à partir d'une partie de celle-ci, comme par exemple des diagonales. Néanmoins, ce ne sont pas des exercices de restauration de figures dans la mesure où on ne fournit pas aux apprenants un modèle à reconstruire/restaurer.

Les enseignants semblent donc ne pas proposer des exercices de restauration ou de reproduction qui permettent de développer la déconstruction dimensionnelle des apprenants. Pour justifier ce choix, les enseignants évoquent d'abord l'absence d'information à ce sujet au sein des référentiels et le manque de temps pour réaliser des activités qui ne sont pas clairement explicitées dans ces derniers.

> *Chercheur : Pourquoi vous n'en proposez pas ?*
> *E2 : Parce que ce n'est pas dans notre programme déjà*
> *[…]*[11]
> *E1 : Mais tu sais on a tellement de trucs dans le programme en math… que ce genre de chose ne nous semble pas prioritaire*

Au cours du focus groupe, les enseignants ont d'ailleurs décidé de passer en revue leur programme d'enseignement afin de vérifier ce qu'ils affirmaient. Ils ont également passé en revue quelques anciennes épreuves du CEB. Ils admettent que ces épreuves certificatives contiennent des exercices pour lesquels les gestes de déconstruction sont utiles ce qui les confortent dans l'idée de participer à cette recherche.

> *E1 : Quand on lit le programme ce n'est pas présent, mais…quand on regarde les CEB on se rend compte qu'il faut quand même qu'on le fasse parce que…parce qu'il commence à y avoir de plus en plus d'exercices là-dessus*
> *E3 : C'est surtout qu'ils en ont besoin en secondaire après…*
> *[…]*
> *E3 : Alors ça vaut la peine de l'amorcer*

Finalement, les exercices de restauration et de reproduction ne sont pas perçus comme trop simples pour le niveau des élèves par les enseignants.

[11] La notation « […] » est utilisée pour signifier que d'autres échanges ont lieu entre les verbatims.

*E1 : Il n'y a rien, il n'y a rien de trop simple, de toute façon étant donné que l'on ne fait rien…*

Néanmoins certains de ces exercices peuvent être trop complexes. Les enseignants mentionnent donc l'importance d'y aller progressivement**.**

*E3 : Ça dépend, la complexité elle va dépendre des figures qu'on choisit au départ, et des…du nombre d'alignements etc.*

#### 8.1.2. Autres pratiques pour le développement de la visualisation

Les enseignants ne semblent pas penser à d'autres pratiques qu'ils mettent en place et qui favoriseraient le développement de la déconstruction dimensionnelle. Néanmoins, ils évoquent que des activités mises en place permettent potentiellement de développer la déconstruction méréologique. C'est le cas de certains exercices proposés lorsque le chapitre du calcul d'aires de figures est proposé. En effet, il arrive aux praticiens de proposer des figures complexes dont il faut calculer l'aire, en considérant cette dernière comme un assemblage de figures simples dont on sait facilement calculer l'aire.

#### 8.1.3. Pratique à l'égard des instruments de géométrie

Les enseignants semblent privilégier l'utilisation de l'équerre. Ce choix est présent notamment parce que selon eux, cet instrument permet de tout faire. Ils mentionnent que les élèves ont des difficultés à percevoir l'utilité des instruments et ajoutent que c'est pour cela qu'ils imposent l'équerre, afin d'éviter que les élèves n'utilisent des instruments à mauvais escient, comme une latte pour tracer des perpendiculaires.

*E3 : C'est ce qu'ils ont sous la main qu'ils utilisent*

Les praticiens relèvent également des difficultés à utiliser le compas. Ces difficultés sont justifiées selon ces derniers par une absence d'apprentissage de son utilisation, une faible quantité de thèmes dans lesquels il est utilisé et des difficultés au niveau de sa manipulation (dextérité…). Par ailleurs, celui-ci est utilisé uniquement pour tracer des cercles et n'est pas utilisé comme un outil de report de longueurs.

*E4 : Ils ne l'utilisent pas facilement hein…*
*E1 : Ils ont du mal à gérer le compas en fait…*

Finalement, au sujet de la progression dans les instruments utilisés, les enseignants évoquent qu'il n'y a pas de progression au cours de la sixième année primaire. Ceux-ci privilégiant l'équerre toute l'année. Sur l'ensemble du cursus primaire, les enseignants ne semblent pas savoir si une progression existe. Ils relèvent que des gabarits sont utilisés en troisième année mais que cela est très peu courant. Ils ajoutent qu'il y a très peu de manipulation dans les niveaux inférieurs.

## 8.2. Etude collective du dispositif initial

L'étude collective du dispositif a pour objectif de présenter les changements apportés au dispositif de Lucchese (2015) et leur justification. Les différents échanges ont été retranscrits et ces données sont placées en annexe (Annexe 13). Au sein de l'étude collective de la leçon, les praticiens sont arrivés à un consensus au sujet des modifications à apporter au dispositif initial, celles-ci sont présentées et justifiées. Des différents échanges qui ont eu lieu, il ressort des modifications relatives à l'ensemble du dispositif initial et des remarques spécifiques à chaque séance de ce dernier.

### 8.2.1. Modifications sur l'ensemble du dispositif

#### a) Réduction de la durée du dispositif

Les praticiens mentionnent qu'il est essentiel d'envisager un dispositif qui soit moins conséquent en termes de durée. En effet, puisque cela n'apparait pas explicitement au sein des programmes, les enseignants relèvent qu'il est difficile pour eux d'y accorder trop de temps. Dès lors, ce changement est décrit comme un changement essentiel si on veut que le dispositif soit utilisé par de futurs praticiens. Par ailleurs, les enseignants estiment que le temps prévu initialement pour chaque séance est disproportionné. Pour le minimiser, les enseignants ont, d'une part, revu les durées prévues initialement, comme l'illustre les verbatims suivant au sujet de la séance 1.

*Chercheur : là c'était 3 x 50 minutes je pense qu'elle avait mis*
*E5 : Pour faire ça*
*E1 : Pour faire tout ça ?*
*Chercheur : Pour faire les quatre exercices…mais dans les quatre exercices…*
*E5 : Trois fois 50 minutes*
*E1 : Mais jamais de la vie*
*Chercheur : Mais dans les exercices il y a le moment de synthèse, il y a…*
*E4 : Oui mais hé…*
*E5 : 3 fois 50 minutes*
*E 1 : 50 minutes c'est suffisant*

D'autre part, les enseignants évoquent qu'une solution pour réduire le temps à prévoir est de privilégier le travail en autonomie. En d'autres mots, cela revient à proposer aux élèves des activités à réaliser seul lors de temps libre. Néanmoins, les praticiens restent conscients que ces temps sont insuffisants puisqu'ils ne permettent ni la verbalisation ni la confrontation des résultats entre élèves. Or, comme évoqué au cours du cadre théorique, cela participe au développement de la visualisation. Dès lors, les praticiens ont décidé de varier entre des moments de travail en classe (avec des temps de confrontations, de mises en commun, de synthèse…) et des moments en autonomie. Ces derniers étant le plus souvent l'occasion de proposer des exercices de renforcement pour les élèves en difficulté et de dépassement pour les élèves plus rapides. Les enseignants semblent d'ailleurs estimer que différents rythmes vont apparaitre.

*E3 : … il y en a qui évolueront plus vite*
*[…]*
*E3 : …Parce que tu en as qui vont être rapides hein…*

Il faut donc leur laisser des exercices supplémentaires pour qu'ils puissent s'occuper.
Si la structure générale du dispositif reste inchangée, c'est-à-dire que le dispositif reste constitué de 6 séances gardant les mêmes sujets que les séances initialement prévues, des adaptations spécifiques ont été réalisées au sein même de chacune des séances. Ces modifications de structure permettent l'introduction de ces moments d'autonomie et permettent une diminution de la durée des différentes séances.

### b) Ajout d'une seconde amorce dans les exercices de restauration

Les enseignants mentionnent que dans le cadre d'activités de restauration, et cela est valable pour tous les exercices de ce type, il est important de laisser toujours une deuxième amorce identique à la première. Cela afin que les élèves puissent, s'ils se trompent, recommencer l'exercice sur la seconde amorce proposée et aboutir à une production soignée. C'est en particulier le cas pour ce genre d'exercices, pour lesquels, selon les enseignants, certains élèves fonctionneront à l'instinct sans forcément passer par une étape de réflexion, cela pouvant impliquer la réalisation de tracés incorrects.

*E3 : C'est peut-être une fois la forme et la remettre une deuxième fois…tu vois qu'ils puissent faire une sorte de brouillon sur lequel ils vont gommer au début, essayer…*
*Chercheur : Oui*
*E3 : Puis vont se rendre compte que ça ne fonctionne pas…parce que tu en as qui vont essayer de te le tracer en… à l'instinct*
*[…]*
*E3 : Pour ceux qui vont faire qui gommer, regommer et puis tu as la feuille qui se chiffonne[…] qu'ils en aient un autre*
*E4 : Oui oui oui oui*
*[…]*
*E3 : Tu vois…parce que tu vois les spécialistes et le genre de feuilles que ça donne*

### c) Suppression des objectifs dans les feuilles des élèves

Dans chacune des séances, il était initialement proposé par Lucchese (2015) d'indiquer les objectifs poursuivis sur les feuilles des élèves. Les enseignants considèrent que cela n'est pas nécessaire. Dès lors, ces éléments ont été supprimés des feuilles des élèves.

*E1 : Mais sur la feuille de l'élève moi je pense que les objectifs ils ne doivent pas être écrits…*
*E5 : Bah non hein, parce qu'ils ne vont rien comprendre*

### d) Doute sur l'ordre des premières séquences

Certains enseignants émettent un doute quant à l'ordre d'apparition de certaines séquences. La séquence 2 pourrait apparaitre avant la séquence 1. Ils justifient cela par le fait qu'elle leur parait plus concrète et plus simple pour les apprenants. En effet, on leur demande de reconstruire des figures concrètes et pas un assemblage de droites.

> *E1 ; Je voyais plus simple aussi la deuxième séance que la première… ils verront plus ce qu'on attend d'eux dans la deuxième séance que ce qu'on a fait dans la …*
> *[…]*
> *E3 : Elle est plus évolutive dans la deuxième séance*
> *[…]*
> *E1 : C'est plus visuel ce qu'on a fait maintenant (séance 2) que …*
> *E3 : Dans la deux tu construis des formes*
> *E1 : Oui*
> *E3 : Dans la une […] Tu remets le tout et tu essayes de t'en sortir dans un ensemble plus abstrait mais…*

Néanmoins, le choix a finalement été fait de conserver l'ordre prévu initialement et de vérifier ce doute lors de l'expérimentation. Autrement dit, les praticiens estiment qu'en l'expérimentant dans certaines classes, ils pourront infirmer ou confirmer ce doute.

### 8.2.2. Modifications apportées spécifiquement aux séances

Chacune des séances a été passée en revue par les collaborateurs. Au total, plusieurs changements spécifiques ont été apportés à chaque séance. Ces derniers semblent concerner tantôt les activités et exercices proposés, la méthodologie utilisée, le matériel de géométrie laissé aux élèves ou encore la mise en place de différenciation. Le tableau 8 synthétise ces différents changements bien qu'ils soient décrits en détail par après.

*Tableau 8 : Résumé des modifications apportées*

| Séances | Changements |
|---|---|
| **Séance 1** | -Ajout d'exercices plus simples<br>-Ajout de lettres sur le modèle du premier exercice (pour faciliter la mise en commun)<br>-Changement de matériel : règle graduée<br>-Ajout d'aides différenciées |
| **Séance 2** | -Suppression de certaines activités<br>-Modification du matériel pour certaines activités<br>-Changement de méthodologie pour certaines activités<br>-Ajout d'aides pour certaines activités |
| **Séance 3** | -Modification de la méthodologie<br>-Modification du matériel (ajout du compas) |
| **Séance 4** | -Modification de la méthodologie |
| **Séance 5** | -Modification de la méthodologie<br>-Modification du matériel (ajout de l'équerre)<br>-Ajout d'aides |
| **Séance 6** | -Modification de la méthodologie |

### a) Au sujet de la séance 1 du dispositif

- **Changement de structure générale :**

La structure générale de cette séance a changé même si la thématique et le type d'exercices proposés restent identiques. Les enseignants trouvent intéressant de réaliser, juste après la première activité, un moment de bilan reprenant les différents conseils et astuces à avoir en tête pour résoudre ce type d'exercices.

> *E1 : Pour moi c'est mieux de le faire…oui après l'exercice numéro 1 pour justement qu'ils l'appliquent correctement pour les autres exercices…et qu'ils ne se lancent pas tête baissée*
> *[…]*
> *E1 : C'est plutôt les petits trucs euh… pour ceux qui ont plus de mal…qui quand ils se sont retrouvés face à l'exercice ne voient rien quoi ...*
> *Chercheur : Ne savent pas quoi faire*
> *E1 : ne savent pas par où commencer, et donc plutôt des petits trucs pour dire euh…bah voilà, je repère les points, je repère que par deux points passent une droite*

Les enseignants ont ensuite privilégié la réalisation d'un second exercice de même niveau de difficulté, qu'il a donc fallu ajouter, avant de passer à des exercices plus complexes. Cela afin de favoriser la réussite des élèves ayant davantage de difficultés.

> *E1 : Peut-être en rajouter un du niveau 1 avant de passer au niveau deux*
> *E3 : Pour ceux qui auront plus de difficultés… qu'ils aient le temps de…*
> *[…]*
> *E4 : Oui comme ça les élèves qui ont plus de mal …*
> *E1 : Oui c'est ça*
> *E4 : …peuvent se réentrainer une deuxième fois*

Après ce premier exercice d'un niveau identique au défi, les enseignants proposent un second exercice, d'un niveau de difficulté supérieur, à réaliser également en classe. Ensuite, ils envisagent de placer une série d'exercices plus complexes en dépassement.

> *E3 : Oui non il faut aller dans les niveaux élevés aussi*
> *[…]*
> *E3 : Et moi je dirais même après, en rajouter des plus compliqués… en dépassement… la base c'est ça et en remettre derrière…*

- **Ajout de lettres sur le modèle du premier exercice :**

Il a été choisi d'ajouter des lettres sur le modèle du premier exercice pour nommer les différents points qui y apparaissent. Au départ, la proposition évoquée par les enseignants était d'inscrire un code couleur ou de commencer par le construire avec les apprenants. Finalement, le choix s'est porté sur l'ajout de lettres pour nommer les différents points notamment car cela semble correspondre aux attentes de l'enseignement secondaire. Par ailleurs, cela facilitera les temps de mise en commun.

*E1 : On met A on met B, on met C… et alors ils doivent aller les replacer*
*E4 : Ah oui*
*E1 : C'est vrai qu'en fait c'est encore plus facile*
*[…]*
*E5 : C'est plus mathématique*
*[…]*
*E5 : Ah oui et puis donc on peut dire… oui voilà bon exercice de lecture*
*E1 : Bah oui*
*E5 : Comme ça pour nous ça nous facilite la tâche*

Néanmoins, le choix a été fait avec les enseignants de ne pas inscrire également ces mêmes lettres sur l'amorce. Cela afin de ne pas guider les apprenants dans l'association entre amorce et modèle. Ce travail d'association doit, selon eux, être laissé aux apprenants puisque cela fait partie pour les enseignants de la démarche de restauration.

- **Changement d'instruments :**

Les enseignants semblent privilégier l'utilisation d'une règle classique et non d'une règle informable. Ils estiment que les élèves, même avec une latte classique, n'auront pas le réflexe de prendre des mesures. Lors de la mise en commun, il reste néanmoins important d'insister sur le fait que la prise de mesures n'est pas toujours indispensable.

*E1 : Moi je suis presque sûr que dans un exercice comme cela ils ne penseront pas à mesurer*
*E5 : A mesurer, bah non…*
*E1 : Ça ne leur viendrait pas à l'esprit*
*[…]*
*E1 : Je ne suis pas vraiment sûr qu'ils vont avoir le réflexe de mesurer…*
*E2 : ça non …*
*E1 : … ce genre de choses hein*
*E3 : Ça non je ne crois pas non plus*

- **Ajout d'aides différenciées pour la résolution du défi :**

Il semble manquer, selon les enseignants, de petites aides et astuces à donner aux élèves pour résoudre le défi initial. Notamment parce que ce sont les premiers exercices de ce type que les élèves sont amenés à résoudre. Des aides différenciées suggérant des indices ou conseils pour entamer le travail sont donc prévues dans la nouvelle séance.

*E1 : Mais euh, par contre leur mettre des petites astuces… dire, enfin genre « voilà attention, tous les points ne sont pas présents …repasse-les peut-être en couleur, repère ceux qui ne sont pas présents*
*[…]*
*E3 : Mais pour un premier exercice, oui leur signaler qu'il faut rajouter des points, qu'il faut retrouver des points manquants*
*E1 : Moi ce que je ferais peut-être c'est « repasse en couleur les points pas présents à l'exercice b, quoi…au moins…*

### b) Au sujet de la séance 2 du dispositif

La séance 2 étant constituée d'une succession d'activités, dès lors, chacune d'elle est passée en revue afin de décrire les modifications spécifiques apportées.

- **Activité 1 :**

La première activité est jugée inadaptée par les praticiens par rapport au niveau des élèves. En effet, ceux-ci émettent des doutes à propos de la présence de cette activité pour ce niveau, considérant que c'est comme un retour en arrière. Pour les enseignants, ce genre d'activités devrait donc être proposé plus tôt dans le parcours scolaire, c'est-à-dire au cycle 3, au début de l'apprentissage de l'utilisation des instruments.

> *E1 : Après est-ce que c'est utile de leur faire euh… utiliser des gabarits parce que c'est quand même quelque chose qu'on n'utilise jamais, ni avant ni pendant… et en secondaire je ne suis pas sûr qu'il… y ait des gabarits qui soient utilisés*
> *[…]*
> *E1 ; Mais le problème c'est que le travail de la latte et de l'équerre il est quand même déjà là.*
> *E5 : Oui en fait ça…il faudrait faire ça en troisième primaire*
> *E1 : Voilà c'est ça*
> *E2 : Oui*
> *E5 : Quand euh…*
> *E2 : Dans les petites classes oui…*
> *[…]*
> *E1 : Moi je pense que ce serait bien de le laisser en annexe … en disant voilà dans les… c'est intéressant de le proposer aux enseignants de 3ème primaire euh… quand ils font la découverte des instruments de mesure et le tracé des figures pour le proposer dans l'école*

Néanmoins, le choix a été fait de laisser cette activité dans la séance tout en précisant qu'elle doit être proposé plus tôt. Elle est d'ailleurs nommée « Activité 0 » pour faire bien comprendre cela aux futurs utilisateurs. Par ailleurs, au cours de cette activité, le choix a été fait d'imposer au sein des consignes l'utilisation unique de chaque instrument, sans quoi les élèves risquent d'utiliser un côté du gabarit « pentagone » comme latte, au détriment du pochoir…Dès lors, les consignes ont été adaptées.

> *E1 : Et puis après, s'il prend ça, qu'il utilise comme latte et qu'il ferme…il a … son exercice il est quand même bon… il n'a pas besoin d'utiliser ce triangle euh…*
> *E3 : Eventuellement ils pourraient utiliser euh n'importe quel côté*
> *E2 : C'est ce qu'ils vont faire hein …c'est ce qu'ils risquent de faire hein…*
> *[…]*
> *Chercheur : Ce qu'ils vont faire c'est qu'ils vont reprendre le gabarit du grand pentagone peut-être*
> *E1 : Bah ou, c'est ça…et après il vient hops fermer là.*
> *Chercheur : Et… la solution pour qu'ils ne fassent pas ça ? enfin… ou alors c'est…*
> *[…]*
> *E1 : Ou alors leur dire qu'ils ne peuvent utiliser le gabarit qu'une seule fois*
> *E3 : A préciser*

- **Activité 2 :**

Contrairement à l'activité précédente, celle-ci semble, selon les enseignants, plus intéressante et en lien avec les objectifs fixés. L'activité a pour ces derniers plus de sens et est donc conservée. Néanmoins, les enseignants estiment que vu le niveau des élèves, il n'est pas nécessaire de proposer plusieurs lattes. Le gabarit et une seule latte suffisent.

Néanmoins, si cette activité venait à être utilisée dans des niveaux inférieurs, il pourrait être intéressant de laisser plusieurs lattes d'abord, puis une seule.

- **Activités 3 et 4 :**

Les activités 3 et 4 sont jugées intéressantes par les enseignants bien que répétitives. Néanmoins, ils considèrent qu'il est plus intéressant de commencer par l'activité 4 qui leur semble plus facile que l'activité 3, et de placer ensuite l'activité 3 en dépassement.

*E5 : Mais à la rigueur la 3 elle est plus difficile que la 4*
*[…]*
*E3 : La 4 en premier avec l'amorce …*
*E1 : On leur donne…*
*E5 : Bah oui*
*E3 :… et puis la 3 sans amorce …*
*[…]*
*E2 : Faire les deux ça va être répétitif en fait (…) Bah moi je le ferais …à la limite aussi comme Caro dit, en exercice supplémentaire... si vraiment il faut euh*
*[…]*
*E3 : D'abord faire le 4*
*E2 : D'abord le 4 et puis faire le 3…*
*E1 : Et puis le 3*
*E3 : Et puis le 3 pour ceux qui ont réussi le 4 facilement … ou qui ont terminé pas facilement le 4*

Par ailleurs, l'exercice donné à l'activité 4 doit être modifié pour que les côtés du triangle soient colinéaires aux diagonales du quadrilatère. Il s'agit probablement d'une erreur au sein de l'activité proposée par Lucchese. En outre, les enseignants considèrent que l'idée de reporter les longueurs ne viendra peut-être pas d'elle-même pour certains apprenants. Dès lors, il faut proposer des indices comme aides pour y penser.

*Chercheur : … ils proposent de refaire des reports de longueurs*
*E1 : Bah ça il faut leur dire hein*
*E2 : Bah il faut leur dire parce que sinon ça ne marchera pas hein…*
*Chercheur : Ça peut être une aide, oui c'est ça*
*E5 : oui*
*E2 : oui oui*
*E1 : Sinon ils ne sauront pas*
*Chercheur : Je ne sais pas si de base il faut le dire dès le début … (…) …Ou s'il faut les laisser un peu…*
*E2 : Oui*
*E3 : Moi il y en a peut-être qui vont essayer … (…) …et qui vont avoir l'idée*

- **Activités 5 et 6 :**

Les activités sont jugées intéressantes par les praticiens mais complexes pour être résolues individuellement par les élèves. Dès lors, les enseignants proposent de réaliser l'activité 5 collectivement en guidant les élèves dans la résolution. Par ailleurs, puisque l'activité 6 est semblable à l'activité 5, celle-ci est réalisée individuellement et est l'occasion de s'entrainer à appliquer la méthode découverte.

*E1 : Ah c'est chaud quand même hein*
*E3 : Là c'est dans l'explication, à mon avis vaut mieux faire étape par étape avec eux*
*E1 : Oui*
*E4 : Ah oui hein*
*E3 : En faire un au tableau et montrer le modèle, et puis qu'après ils se débrouillent tout seul avec ce… pour le refaire*
*E2 : Oui parce que si pas ils n'imagineront pas ça du tout hein*

- **Activités 7 et 8 :**

L'activité 7 et l'activité 8 sont semblables. Dès lors, les enseignants proposent de réaliser l'activité 7 en classe et proposent l'activité 8 en dépassement. Une discussion a eu lieu avec les praticiens au sujet des instruments proposés et en particulier de l'équerre. En effet, les enseignants souhaitent que les élèves utilisent correctement l'équerre en se servant de la ligne de perpendicularité et non pas de l'angle droit de l'équerre, comme beaucoup le font. Ils considèrent donc qu'utiliser un gabarit d'angle droit, comme proposé initialement, n'est pas en cohérence avec leurs attentes. Ils souhaitent donc remplacer cet instrument par l'équerre en précisant aux élèves d'utiliser uniquement la ligne de perpendicularité (appelée le « 0-90 » par le régent).

- **Activités 9 et 10 :**

Les activités 9 et 10 sont d'un même niveau de difficulté. Les enseignants trouvent ces activités intéressantes parce qu'ils estiment ne pas assez insister sur la propriété de report de longueurs qu'amène l'instrument du compas. Le choix est fait de laisser uniquement le compas et la règle non graduée au détriment de la règle informable. Cela afin de forcer les élèves à utiliser le compas lorsqu'ils font un report de longueurs. Par ailleurs, les enseignants semblent préférer l'activité 10 dans la mesure où l'exercice propose deux amorces différentes pour reproduire une même figure. L'activité 10 est donc proposée comme défi et la 9 devient dépassement.

*E1 : C'est bien que ce soit deux points de départ différents pour le 10*
*Chercheur : Après encore une fois 9 et 10 sont identiques donc est-ce qu'on en laisse un en…*
*E1 : Bah moi je trouve que c'est plus intéressant le 10 que le 9*
*E2 : Oui moi je préfère aussi*
*[…]*
*E1 : Et mettre le 9 en dépassement*

### c) Au sujet de la séance 3 du dispositif

- **Modification de la méthodologie :**

Les enseignants semblent trouver les activités et l'instauration d'une échelle de coût intéressantes. Néanmoins, le choix a été fait d'inclure, pour chaque activité, une mise en commun au cours de laquelle l'élève qui a fait la reproduction la moins coûteuse va présenter sa méthode de résolution aux autres. Cela est fait notamment pour que les élèves puissent positionner leur travail par rapport à la solution la moins coûteuse.

*E3 : Je pense que pour les élèves tu en as qui voudront savoir comment va être le moins coûteux et savoir s'ils ont bien réussi ou pas*
*[…]*
*E3 : C'est plus pour qu'eux puissent dire … « Ah, …*
*Chercheur : « Il y avait encore un truc que je n'ai… »*
*E3 : … j'ai trouvé la meilleure méthode » ou « Ah….*
*Chercheur : Oui ou inversement*
*E3 : … j'aurais encore pu faire mieux »*
*[…]*
*E3 : Je crois que pour les enfants ce sera important*
*E4 : Hum (approbation)*
*E3 : Parce que, les compétiteurs, ils voudront savoir s'ils ont fait le mieux ou pas*
*[…]*
*E3 :…et ça va prendre cinq minutes hein la mise en commun*

Par ailleurs, au cours de la séance, l'enseignant n'hésitera pas à indiquer aux élèves s'ils ont trouvé le coût minimal ou s'il est possible pour eux de le diminuer encore. Cela afin de les remettre en recherche.

*E3 : Ça tu peux dire après, pour les premiers qui terminent… (…). S'ils n'ont pas le coût minimum pour qu'ils se remettent en recherche mais…*

Enfin, à l'issue des deux activités, le choix a été fait de réaliser une synthèse afin de faire le bilan général sur la manière dont résoudre de tels exercices.

*E3 : Oh non ça tu peux faire tout à la fin*

- **<u>Ajout du compas dans le matériel et modification des consignes :</u>**

Initialement, Lucchese (2015) avait prévu uniquement le règle informable pour effectuer des reports de longueurs au cours de cette séance. Les enseignants ont fait le choix de proposer également le compas comme matériel pour résoudre les activités, tout en conservant la possibilité de la règle informable. Cela notamment parce que les élèves auront appris à la séance précédente que le compas permet le report de longueurs.

*E4 : Moi je laisserais les deux*
*E3 : Oui moi aussi*

De plus, les consignes des différentes activités ont été précisées afin que les élèves puissent bien percevoir qu'il est possible de tracer librement sur le modèle sans que cela n'intervienne dans le coût de la reproduction.

### d) Au sujet de la séance 4 du dispositif

Des modifications similaires à celles apportées en séance 3 sont réalisées sur cette séance. Les deux premières activités ont été conservées par les praticiens.

Néanmoins, les consignes de celles-ci ont été précisées afin que les informations sur le coût des instruments soient données aux élèves par écrit. Par ailleurs, à l'issue de chacune d'elles, une mise en commun est réalisée par l'élève qui a obtenu le coût le plus faible. En outre, un temps de bilan est proposé à l'issue de ces deux activités.

*E3 : Moi je ferais les deux et puis la petite euh…*
*E4 : Oui moi aussi*
*E3 : …la petite synthèse*

Pour ce qui est de l'activité 3, celle-ci est conservée mais en dépassement. Les élèves pourront donc la réaliser en autonomie s'ils le souhaitent.

### e) Au sujet de la séance 5 du dispositif

- **Modification de la méthodologie :**

Les enseignants trouvent l'activité intéressante, notamment car elle propose une restauration avec agrandissement. Néanmoins, ils ont fait le choix de scinder la séance en deux activités. Dans un premier temps, ils ont fait le choix d'imposer une première figure commune à tous les élèves. Ensuite, ils proposent de réaliser un autre dessin de leur choix à partir de la première figure construite. C'est donc seulement dans un second temps que les élèves peuvent choisir quelle figure ils souhaitent reproduire.

*E3 : Ou en faire une de départ, commune à tout le monde …et puis ils choisissent sur cette feuille-ci En inventer un autre*
*Chercheur : Hum (approbation)*
*E3 : Et puis après ils peuvent …*
*E2 : Hum (approbation). C'est une solution ça oui*
*E3 : …en refaire un deuxième qui …ou reprendre celui-ci et le faire ensemble et puis ils choisissent dans les quatre autres celui qu'ils veulent réessayer*

Ce choix est fait parce que les enseignants se sont rendu compte qu'avec la restauration de la première figure, les élèves arrivent presque à la totalité de la trame de fond. Dès lors, les élèves pourront facilement, par après, aboutir à une des quatre autres figures. Cela permet donc plus facilement d'arriver à comprendre l'intérêt de rechercher la trame de fond. Par après, un bilan est réalisé avec les apprenants. Enfin, il est décidé de proposer un dépassement aux apprenants : restaurer les figures restantes.

- **Ajout de l'équerre dans les instruments mais agrandissement de l'amorce :**

Certains enseignants sont peu enthousiastes à l'idée de ne pas laisser l'équerre pour cet exercice. En effet, il leur parait intéressant de résoudre un tel exercice avec cet instrument et plus particulièrement avec sa ligne de perpendicularité de l'équerre. Cela offre aux élèves plusieurs méthodes possibles de résolution. Ainsi, ils ne sont plus obligés de fonctionner par pliage pour trouver le milieu. En effet, les élèves peuvent utiliser les propriétés des médianes et diagonales (perpendicularité…) pour retrouver la trame de fond. Laisser cette méthode permet de rappeler ces propriétés avec les apprenants. Néanmoins, les enseignants conseillent d'augmenter la taille du côté du carré servant d'amorce pour que les élèves ne soient pas tentés d'utiliser l'équerre pour recherche le milieu du côté de ce carré.

*E3 : Pas sur des distances pareilles parce qu'ils vont être embêtés, parce que leur équerre est tout juste juste trop courte pour prendre la mesure précise*
*E2 : Oui*
*E3 : Il faut garder cette, ce schéma-là et peut-être l'agrandir encore d'un centimètre pour pas qu'il y ait des petits malins qui se disent « bah allez, à peu près, un petit peu »*

- **Proposition d'une aide pour les élèves en difficulté :**

Une enseignante propose de montrer aux élèves en difficulté la trame à laquelle il faut arriver pour pouvoir reproduire la figure demandée, sans pour autant montrer la manière dont arriver à cette trame. Néanmoins, d'autres enseignants pensent que cela ne posera pas de problème aux élèves d'aboutir à cette trame, notamment parce qu'ils auront déjà l'habitude des exercices de restauration et reproduction. Dès lors, le choix a finalement été fait de laisser les élèves se débrouiller d'abord et de leur fournir ensuite cette aide si cela apparait nécessaire.

*E2 : On peut les laisser se débrouiller d'abord et puis pour ceux qui ont des difficultés leur donner la trame de fond*

### f) Au sujet de la séance 6 du dispositif

Les enseignants semblent enthousiastes à l'idée de réaliser une séance centrée sur l'utilisation du compas pour le tracé de cercles (ou arcs de cercle) parce que comme ils l'ont évoqué lors du focus groupe, c'est un savoir-faire que les élèves ne maitrisent pas. Le défi est conservé car il est jugé intéressant. L'activité 1 est conservée également car elle permet d'insister sur le vocabulaire. Les activités 2 et 3 sont quant à elles jugées intéressantes mais les enseignants jugent qu'elles s'éloignent des intentions souhaitées. Certains voulaient les supprimer de la séance mais finalement, le choix s'est porté sur le fait de les placer en dépassement.

*E2 : Moi je le retirerais*
*E3 : Si mais…*
*E2 : Ou alors…*
*Chercheur : En dépassement ?*
*E2 : Pff…je ne le laisserais pas*
*E3 : Comme exercices euh…*
*E2 : Moi je ne le laisserais pas*
*E1 : Oui ou en dépassement*
*[…]*

*E3 : Oui c'est ça, à faire comme exercice mais pas pour la compétence euh…pour ce que tu veux travailler toi*
*E2 : Moi ça je le ferais en classe quand même hein, il est quand même euh…*
*E3 : Euh oui*
*E2 : …Hard*
*E3 : Mais pas dans le but de ce dossier-ci*
*E2 : Ah non pas dans …*
*E3 : Dans…*
*E2 : Oui non en dépassement aussi…*

Finalement, les enseignants sont très enthousiastes par rapport à l'activité artistique, notamment parce qu'elle demande peu de matériel et est organisée de manière progressive. Ils la considèrent comme étant une bonne finalité pour conclure l'ensemble du dispositif et elle est donc conservée dans l'état.

#### 8.2.3. Au sujet d'éventuelles autres séances à ajouter

En plus d'avoir passé en revue une à une les six séances prévues initialement par Lucchese (2015), les enseignants ont été invités à proposer d'autres éléments à ajouter au dispositif initial. Néanmoins, ces derniers estiment que le dispositif est suffisamment complet et constitué d'activités variées. Ils ne pensent pas à d'autres activités à mettre en place pour développer la visualisation non iconique. Cela semble cohérent avec les propos tenus lors du focus groupe, puisque les enseignants évoquaient ne pas avoir d'idée au sujet d'activités à réaliser pour développer la visualisation non iconique. Il semble que la découverte des activités proposées par Lucchese (2015) n'a pas suscité de nouvelles idées d'activités chez les enseignants.

*E1 : Moi je trouve que c'est déjà quand même pas mal*
*E2 : Non c'est bien …oui oui non… je trouve que c'est varié*
*…*
*E2 : Non moi je trouve que c'est plus qu'assez, c'est bien, il y en a des plus compliqués, il y en a des plus faciles*

### *8.3. Présentation du dispositif*

En définitive, l'ensemble des modifications présentées ci-avant ont été apportées au dispositif proposé par Lucchese (2015) ce qui permet d'aboutir à un nouveau dispositif. Ce dispositif est prévu pour une durée totale d'environ dix séances de 50 minutes et a pour ambition de développer les gestes de déconstruction dimensionnelle chez les élèves du dernier cycle de l'enseignement primaire. Il reste composé de six séances centrées sur les mêmes thématiques que le dispositif d'origine. Afin de décrire brièvement ce dispositif, le tableau 9 décrit leur sujet, leur objectif principal et leur durée.

*Tableau 9 : Présentation des objectifs des séances*

| Séances | Sujets<br>Objectifs principaux | Durées prévues |
|---|---|---|
| **Séance 1** | Faisceaux de traits (repérer des alignements)<br><br>*Restaurer une configuration de droites sécantes au départ d'une amorce constituée de points donnés permettant de réaliser la reproduction directement (les points et droites à reconstruire peuvent être obtenus directement à partir des points de l'amorce) ou indirectement (certains points et droites à reconstruire ne peuvent pas être obtenus directement à partir des points de l'amorce mais seulement à l'aide d'objets intermédiaires, eux-mêmes créés par l'élève).* | 1 x 50 minutes |
| **Séance 2** | Initiation à l'utilisation de divers instruments permettant la restauration d'une figure : Jouons avec les instruments<br><br>*Reproduire ou restaurer des figures à partir de matériels divers imposés (gabarits, règle non graduée, règle informable, surface libre, équerre, compas) et pour lesquels le repérage d'alignements est suffisant ou pas.* | 2 x 50 minutes |
| **Séance 3** | Notions d'alignement, droite et point<br><br>*Reproduire ou restaurer une figure complexe à l'identique (modèle et reproduction isométrique) en utilisant le plus possible les relations d'incidence comme l'appartenance d'un point à deux segments – intersection – ou l'alignement.* | 2 x 50 minutes |
| **Séance 4** | Situations de restauration de figures<br><br>*Reproduire ou restaurer une figure complexe à l'identique (modèle et reproduction isométriques) ou non (la reproduction est une réduction ou un agrandissement de la figure modèle) en utilisant le plus possible les relations d'incidence comme l'appartenance d'un point à deux segments – intersection – ou l'alignement.* | 1 x 50 minutes |
| **Séance 5** | Restauration ou reproduction de figures avec utilisation des alignements et des milieux<br><br>*Reproduire ou restaurer une figure construite à partir d'une trame de fond (ensemble de droites perpendiculaires et parallèles).* | 2 x 50 minutes |
| **Séance 6** | Je trace des cercles / Restaurer et construire des figures<br><br>*Reproduire ou restaurer des figures dans lesquelles sont intégrées des cercles, demi-cercles ou arcs de cercle.* | 2 x 50 minutes |

Le dispositif finalement conçu est proposé en annexe (Annexe 14). Chacune des séances est constitué de « feuilles méthodologiques » à destination de l'enseignant reprenant la méthodologie suggérée, le correctif de la séance et le matériel. Juste après ces feuilles, sont mises à disposition les feuilles à fournir aux élèves. C'est ce dispositif qui fait l'objet d'une validation par un plan quasi-expérimental dont les résultats sont présentés au chapitre 9.

# Chapitre 9 : Résultats de la validation du dispositif (phase 2)

Chaque épreuve menée au sein du plan expérimental (prétest et posttest) permet d'attribuer un score brut global sur 56. Dès lors, nous possédons pour chaque apprenant une paire de données brutes qui correspond à ses résultats à chacune de ces épreuves. En outre, à partir de cette paire de données, il est possible de calculer le gain relatif global[12] obtenu pour chaque apprenant. Ces données permettent de se faire une idée du niveau d'acquisition générale de la visualisation non iconique. Dans un premier temps, ces résultats sont décrits à l'aide de statistiques descriptives afin d'évaluer globalement la situation des deux groupes. Ensuite, divers tests statistiques sont menés.

Pour aller plus loin dans l'analyse de l'acquisition des gestes de déconstruction dimensionnelle, il est ensuite question de s'intéresser aux scores spécifiques obtenus à chacun des exercices. Les épreuves permettent ainsi d'obtenir huit paires (une par exercice) de scores spécifiques, pouvant aller de 0 à 7, et des gains relatifs spécifiques également. Sur ces données, des statistiques descriptives et inférentielles sont réalisées.

Le détail des scores obtenus par chacun des apprenants à chacun des exercices du prétest et du posttest est placé en annexe (respectivement aux annexes 15 et 16) tout comme le codebook utile pour lire ces résultats (Annexe 17). Ce sont ces scores qui ont permis le calcul des différents résultats présentés au cours de ce chapitre.

## 9.1. *Statistiques descriptives pour les scores bruts globaux*

Le tableau 10 présente les scores globaux moyens obtenus par chaque groupe au cours des deux épreuves et également les gains relatifs moyens de chacun d'entre eux. On peut y observer que le score brut moyen au prétest est faible dans les deux groupes puisqu'il n'excède pas la note de 15 sur 56. Par ailleurs, le score moyen est inférieur et moins dispersé dans le groupe contrôle. Il semble nécessaire de vérifier si on peut statistiquement considérer les groupes comme équivalents, ce qui est réalisé au point 9.2. Au posttest, on observe un score moyen plus élevé dans chacun des groupes en comparaison au score moyen obtenu au prétest. Néanmoins, l'évolution apparait beaucoup plus marquée au sein du groupe expérimental. On obtient d'ailleurs un gain

[12] D'après d'Hainaut (1975, cité par Duroisin, Temperman & De Lièvre, 2011), le gain relatif se calcule par la formule suivante : (Score post-test - Score pré-test) / (Score maximum - Score prétest) *100.
Néanmoins, Temperman (2013) souligne que le calcul des gains relatifs n'est possible que lorsque le score au posttest est supérieur ou égal à celui du prétest. Dans le cas contraire, il est question de parler de « perte relative » et la formule à appliquer est alors la suivante : (Score posttest - Score prétest) / (Score prétest) *100.
Tout au long du travail, le terme « gain relatif » est privilégié. Il inclut la notion de gain relatif et de perte relative.

absolu entre les scores moyens d'environ 13 points pour le groupe expérimental alors qu'il atteint une valeur d'environ 3 points dans le groupe contrôle. Toutefois, les scores au posttest apparaissent aussi plus dispersés au sein du groupe expérimental.

*Tableau 10 :* Scores bruts et gains relatifs globaux des deux groupes (moyennes et écarts-types)

| | Notes au prétest | | Notes au posttest | | Gains relatifs | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **m (sur 56)** | **σ** | **m (sur 56)** | **σ** | **m (en %)** | **σ** |
| Groupe expérimental (63 élèves) | 14,444 | 5,95 | 27,159 | 9,48 | 31% | 0,202 |
| Groupe contrôle (41 élèves) | 11,512 | 3,51 | 14,488 | 3,96 | 4% | 0 ,126 |

Il apparait donc possible de souligner que les scores du groupe contrôle se sont améliorés de manière relativement faible alors que ceux du groupe expérimental ont quant à eux évolué de manière plus importante. Cela est confirmé par la valeur des gains relatifs moyens qui apparait positive dans les deux cas mais nettement plus positive au sein du groupe expérimental (31% contre 4%). On observe d'ailleurs que le score moyen du groupe contrôle au posttest atteint une valeur proche du score moyen du groupe expérimental au prétest. Néanmoins, au vu de l'indice de dispersion élevé pour les notes du groupe expérimental au posttest, nous pouvons souligner que l'ampleur de cette évolution varie d'un élève à l'autre. La figure 19 permet de se représenter visuellement l'évolution des résultats obtenus.

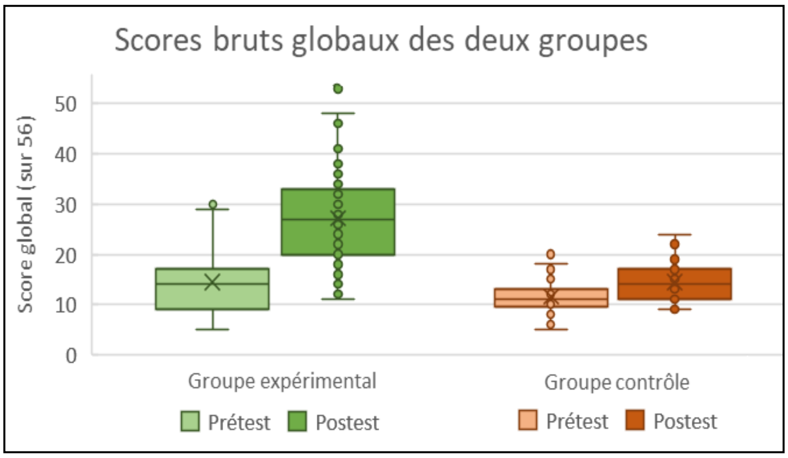



*Figure 19 : Graphique des scores globaux des deux groupes aux deux épreuves*

Enfin, la figure 20 permet de se faire une idée de l'évolution du score global pour chacun des individus. Au sein du groupe expérimental, on observe que les scores se sont améliorés pour la quasi-totalité des apprenants, puisqu'un seul d'entre eux a diminué son score. Toutefois, l'évolution du score est très variable d'un individu à l'autre. Dans le groupe contrôle, les apprenants dont le score a diminué sont plus nombreux.

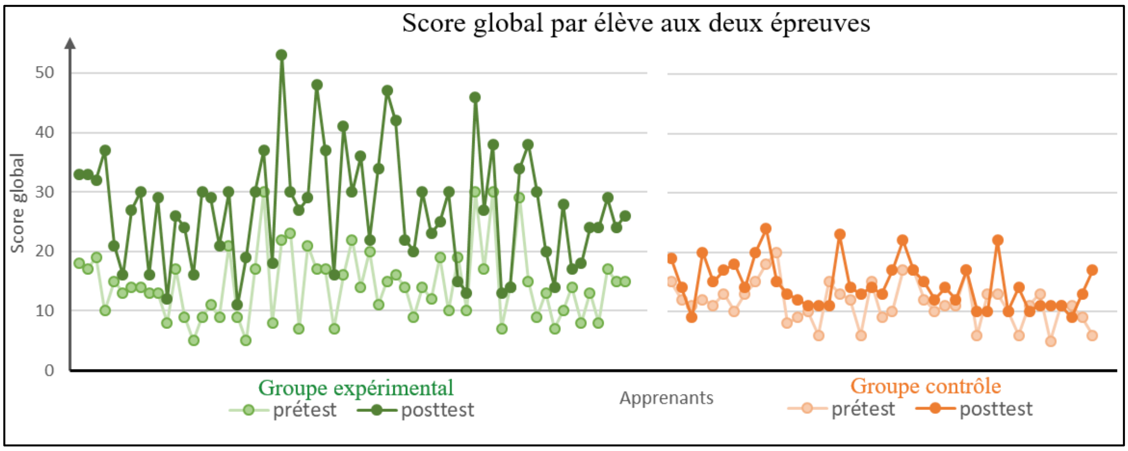



*Figure 20 : Graphique des scores globaux aux deux épreuves pour chaque élève*

Par ailleurs, pour aller plus loin, un descriptif de la distribution des résultats au sein de chaque groupe est également réalisé. Celui-ci porte sur la distribution des scores aux deux épreuves ainsi que sur la distribution des gains relatifs calculés. Cette analyse présentée en annexe (Annexe 18) permet d'avoir davantage de précisions sur les différences existant au départ entre les deux groupes mais aussi sur l'évolution des distributions entre prétest et posttest notamment au sein du groupe expérimental.

## 9.2. Statistiques inférentielles pour les scores bruts globaux

Plusieurs tests statistiques vont être réalisés sur les données récoltées. Afin d'identifier quels tests statistiques réaliser sur les données, il semble d'abord essentiel de vérifier le caractère paramétrique ou non de celles-ci. Pour cela, un test de normalité (test de Shapiro-Wilk) a été réalisé sur les données du prétest. La p-value obtenue sur les données du prétest étant inférieure à .001, l'hypothèse consistant à dire que les données suivent une répartition normale est rejetée. Ainsi, les tests qui sont réalisés sont des tests non-paramétriques. Par ailleurs, le caractère non homogène des variances des deux groupes au prétest, vérifié à l'aide du test de Fisher (p-value obtenue inférieure à 0,005) confirme l'idée d'utiliser des tests non paramétriques. De plus, précisons que le seuil de significativité utilisé dans les différents tests est de 0.05.

### 9.2.1. Analyse de l'homogénéité entre les scores bruts globaux des deux groupes

Bien que les élèves appartiennent tous à la même école, il semble d'abord nécessaire d'identifier si les élèves du groupe expérimental et du groupe contrôle ont un niveau homogène au départ, c'est-à-dire de voir s'il existe des différences significatives au prétest entre les résultats des deux groupes. Pour se faire, un test non-paramétrique U de

Mann-Whitney (à 2 issues) est réalisé sur les données à partir des scores bruts du prétest. L'hypothèse nulle à vérifier à travers ce questionnaire est la suivante : La distribution des résultats au prétest est identique dans les deux groupes. Les résultats présentés au sein du tableau 11 montrent qu'il faut rejeter cette hypothèse et qu'il existe donc au départ une différence entre les deux groupes ($\alpha$=.015). Il apparait dès lors important de tenir compte de cela dans l'analyse des résultats.

Une démarche similaire est réalisée sur les résultats du posttest. Un test U de Mann-Whitney est à nouveau utilisé mais cette fois l'hypothèse porte sur l'homogénéité des résultats au posttest entre les deux groupes. Contrairement au premier test, le test a été réalisé à une issue puisque nous nous attendons à obtenir une différence entre les groupes en faveur du groupe expérimental. Comme l'illustre le tableau 11, la p-value est inférieur à .001 ce qui signifie que des différences statistiquement significatives existent entre les résultats des deux groupes à cette seconde épreuve. Par ailleurs, la p-value obtenue est nettement inférieure à celle obtenue sur les résultats du prétest. Dès lors, les différences entre les deux groupes semblent être amplifiées au cours du posttest, ce qui correspond aux résultats attendus.

*Tableau 11 : Tests d'homogénéité entre les scores globaux des deux groupes par épreuve*

<table>
<tr><th></th><th>H0</th><th>Valeurs</th><th>P-values</th><th>Conclusions</th></tr>
<tr><td>Prétest</td><td rowspan="2">Il n'existe pas de différence significative entre les données du groupe contrôle et du groupe expérimental</td><td>W = 927,5</td><td>.015</td><td>L'hypothèse nulle est à rejeter.</td></tr>
<tr><td>Posttest</td><td>W = 271,5</td><td><.001</td><td>L'hypothèse nulle est à rejeter.</td></tr>
</table>

### 9.2.2. Analyse de l'homogénéité entre les scores bruts globaux aux deux épreuves

Un test statistique t de Wilcoxon (à 1 issue) est utilisé sur chacun des groupes afin de voir s'il est possible de souligner des différences statistiquement significatives entre les deux épreuves et ainsi pouvoir parler d'une évolution significative des scores. Ces résultats sont présentés au sein du tableau 12. D'abord, le travail est réalisé sur le groupe expérimental, il ressort qu'une amélioration statistiquement significative est constatée entre les résultats au prétest et ceux au posttest puisque le test est significatif ($\alpha$<.001). Ensuite, un même travail est réalisé mais cette fois au sein du groupe contrôle. On y observe également une différence statistiquement significative. Toutefois, cette différence apparait moindre en comparaison à celle constatée au sein du premier groupe au vue des valeurs du W calculées.

*Tableau 12 : Tests d'homogénéité entre les résultats aux deux épreuves pour chaque groupe*

| | H0 | Valeurs | p-values | Conclusions |
|---|---|---|---|---|
| Groupe expérimental | Il n'existe pas de différence significative entre les données au prétest et les données au posttest | W = 7500 | <.001 | L'hypothèse nulle est à rejeter. |
| Groupe contrôle | | W = 89000 | <.001 | L'hypothèse nulle est à rejeter. |

### 9.3. Statistiques descriptives pour les scores bruts spécifiques

Au sein de chaque groupe, il est question cette fois de se pencher sur les scores bruts et gains relatifs spécifiques à chacun des exercices de l'épreuve. Cela afin d'identifier éventuellement des différences entre les exercices et donc ainsi entre les séances du dispositif. Le tableau 13 présente les résultats obtenus à chaque exercice au sein des deux groupes. Pour rappel, les annexes 15 et 16 présentent le détail de ces scores.

On observe que pour le prétest, l'exercice pour lequel les scores sont les plus élevés est celui lié à la séance 6, c'est-à-dire lorsque la figure à restaurer est constituée d'un cercle. Ce constat est valable au sein des deux groupes. Cela peut être expliqué par le fait que cet exercice ne peut être résolu correctement sans utiliser des gestes de visualisation non iconique. En effet, puisqu'il demande la reproduction d'un cercle, il nécessite la détermination du centre du cercle et pour ce faire, l'ajout de tracés réorganisateurs est indispensable (sauf évidemment si le placement du centre se fait approximativement). Rester dans un mode de visualisation iconique ne permet pas aux élèves de résoudre l'exercice. C'est également pour cet exercice que la différence entre les deux groupes semble la plus marquée. A l'inverse, les scores à l'exercice 4, quand il est question de restaurer une figure en lui faisant subir un agrandissement, semblent être les plus faibles au sein des deux groupes. Cela peut s'expliquer par le fait que les élèves utilisent le mode de visualisation iconique pour résoudre l'exercice alors que ce mode ne permet pas de réussir la restauration. En effet, puisqu'il y a agrandissement de la figure, le report de mesures ne suffit pas. Au sein du groupe expérimental, le score moyen à l'exercice relatif à la séance 1 (facile) est aussi le plus faible.

Pour le posttest, le score moyen le plus élevé est toujours celui obtenu à l'exercice relatif à la séance 6, et ce dans les deux groupes. Au niveau des exercices pour lesquels les scores sont les plus faibles, des différences s'observent entre les deux groupes. Au sein du groupe expérimental, ce sont les deux exercices liés à la première séance qui semblent avoir des scores moyens nettement plus faibles que les autres, en particulier celui de niveau difficile. Mentionnons également que si l'exercice relatif à la quatrième séance posait problème au prétest, cela semble beaucoup moins le cas au posttest. Par contre, dans le groupe contrôle, c'est cet exercice qui obtient le score le plus faible au posttest, tout comme celui relatif à la séance 2 (difficile).

Intéressons-nous maintenant aux gains calculés. Soulignons d'abord qu'au sein du groupe expérimental, les gains moyens sont tous positifs ce qui n'est pas le cas au sein du groupe contrôle. Au sein du groupe qui a reçu le dispositif, il semble que les exercices relatifs à la séance 1 sont ceux pour lesquels le gain moyen est le plus faible, en particulier celui de niveau difficile pour lequel le gain est presque nul.  A l'inverse, c'est celui relatif à la séance 3 qui obtient le gain le plus élevé. Au sein du groupe contrôle, on remarque que des gains négatifs sont observés pour les exercices relatifs aux séances 1, 2 et 4. Pour les autres exercices, les gains relatifs sont positifs mais faibles et le gain le plus élevé se réfère à la dernière séance.

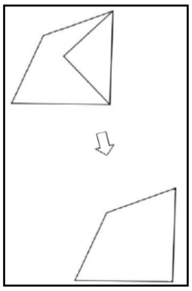
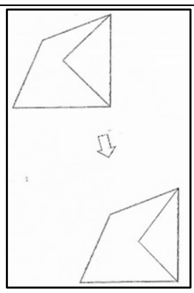
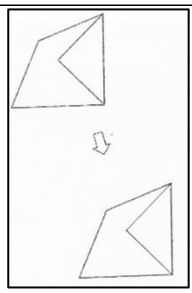
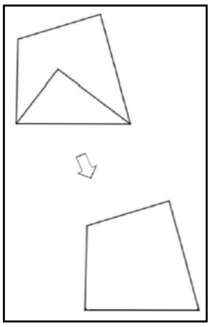
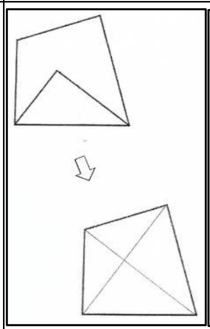
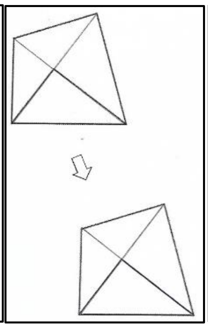
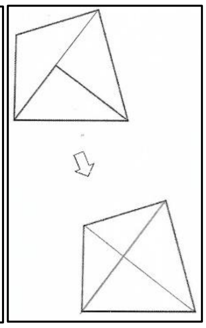
Par ailleurs, il est également possible d'aller plus loin dans l'analyse des scores de chaque exercice en identifiant la part de chaque critère dans le score obtenu, ce qui est présenté au sein de l'annexe 19. Plusieurs constats peuvent être mis en évidence au sein de cette analyse. D'abord, soulignons la faible présence, parfois même l'absence, de tracés réorganisateurs sur le modèle ou sur l'amorce pour l'ensemble des exercices des deux épreuves résolus par le groupe contrôle. C'est le cas aussi pour le groupe expérimental lors du prétest, excepté pour l'exercice relatif à la séance 6. Au posttest, une augmentation du nombre d'élèves ajoutant des tracés réorganisateurs sur l'amorce est par contre observée dans le groupe expérimental. Précisons enfin que ces élèves, malgré le suivi du dispositif, semblent ne pas avoir le réflexe de tracer sur le modèle.

*Tableau 13 : Scores bruts et gains relatifs spécifiques (moyennes et écarts-types des deux groupes)*

| Séances concernées | Groupe expérimental (63 élèves) | | | | | | Groupe contrôle (41 élèves) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Prétest** | | **Posttest** | | **Gain relatif** | | **Prétest** | | **Posttest** | | **Gain relatif** | |
| | m (/7) | σ | m (/7) | σ | m (%) | σ | m (/7) | σ | m (/7) | σ | m (%) | σ |
| Séance 1 (facile) | 1.381 | 0.60 | 2.317 | 1.35 | 12 | 0.31 | 1.416 | 0.76 | 1.439 | 0.40 | -5 | 0.23 |
| Séance 1 (diff.) | 1.476 | 0.71 | 1.968 | 1.23 | 3 | 0.31 | 1.244 | 0.73 | 1.390 | 0.49 | -4 | 0.23 |
| Séance 2 (facile) | 1.984 | 1.57 | 4.079 | 1.99 | 38 | 0.48 | 1.780 | 1.30 | 2.171 | 1.41 | -3 | 0.42 |
| Séance 2 (diff.) | 1.937 | 1.48 | 4.032 | 2.38 | 39 | 0.52 | 1.537 | 1.01 | 1.732 | 0.99 | -10 | 0.39 |
| Séance 3 | 1.413 | 0.63 | 4.143 | 1.30 | 48 | 0.24 | 1.317 | 0.56 | 1.683 | 0.58 | 4 | 0.17 |
| Séance 4 | 1.381 | 1.13 | 3.095 | 1.81 | 29 | 0.37 | 0.976 | 0.47 | 1.390 | 1.10 | -4 | 0.39 |
| Séance 5 | 1 .667 | 1.01 | 3.016 | 1.86 | 23 | 0.39 | 1.244 | 0.58 | 1.707 | 0.51 | 4 | 0.20 |
| Séance 6 | 3.206 | 2.29 | 4.508 | 1.88 | 33 | 0.43 | 2.000 | 1.17 | 2.976 | 1.63 | 15 | 0.41 |

Enfin, l’annexe 20 propose des illustrations des productions les plus courantes des élèves de chaque groupe pour chacun des exercices des épreuves. A titre d’exemple le tableau 14 présente des illustrations de productions du groupe expérimental à l’exercice relatif à la séance 2 (facile).

*Tableau 14 : Illustrations des productions principales des élèves aux exercices relatifs à la S2*

| | Exercices vierges | Illustrations de productions | Textes explicatifs |
|---|---|---|---|
| PRETEST |  | (1)  (2)  | La plupart des élèves ont réussi partiellement la reproduction (raison : un des deux alignements non respecté) sans tracés réorganisateurs (1). La plupart des autres ont réussi l’exercice aussi sans tracés (2). |
| POSTTEST |  |    | La majorité des élèves ont réussi l’exercice totalement. Pour y arriver, la plupart d’entre-eux ont ajouté l’ensemble des tracés réorganisateurs utiles sur l’amorce et certains l’ont également fait sur le modèle. |

## 9.4. <u>Statistiques inférentielles pour les scores bruts spécifiques</u>

Il reste à vérifier inférentiellement si des différences s’observent pour chaque groupe, entre chaque exercice du prétest et l’exercice du posttest correspondant. Pour ce faire, un test T de Wilcoxon (à une issue) est utilisé sur chacune des paires de questions parallèles. L’hypothèse nulle consiste à dire qu’au sein du groupe concerné, il n’existe pas de différence entre les scores obtenus à l’exercice du prétest et les scores obtenus à l’exercice correspondant du posttest. Cela afin de mettre en évidence, au sein de chaque groupe, les exercices pour lesquels on peut parler d’une évolution significative. Le tableau 15 présente les résultats obtenus. On y constate que pour le groupe expérimental, il est possible de parler d’une amélioration significative des résultats pour chacune des paires d’exercices. Pour le posttest, ce n’est pas le cas puisque pour les exercices liés aux deux premières séances, il n’y a pas de différence statistiquement significative alors que cela semble être le cas pour tous les autres.

*Tableau 15 : Tests d'homogénéité entre les scores spécifiques aux deux épreuves pour chaque groupe*

| Séances concernées | Groupe expérimental | | | Groupe contrôle | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Valeurs** | **p-values** | **Conclusions** | **Valeurs** | **p-values** | **Conclusions** |
| Séance 1 (facile) | 87.500 | < .001 | Rejet de H0 | 85.500 | 0.343 | Acceptation de H0 |
| Séance 1 (difficile) | 153.500 | 0.003 | Rejet de H0 | 84.000 | 0.114 | Acceptation de H0 |
| Séance 2 (facile) | 150.500 | < .001 | Rejet de H0 | 118.500 | 0.071 | Acceptation de H0 |
| Séance 2 (difficile) | 80.500 | < .001 | Rejet de H0 | 187.000 | 0.164 | Acceptation de H0 |
| Séance 3 | 0.000 | < .001 | Rejet de H0 | 33.000 | < .001 | Rejet de H0 |
| Séance 4 | 56.000 | < .001 | Rejet de H0 | 56.000 | 0.016 | Rejet de H0 |
| Séance 5 | 61.000 | < .001 | Rejet de H0 | 52.000 | < .001 | Rejet de H0 |
| Séance 6 | 272.500 | < .001 | Rejet de H0 | 68.500 | 0.002 | Rejet de H0 |

En outre, afin d'explorer les différences qui existent entre les groupes et particulièrement celles aux scores du prétest, un deuxième test statistique est appliqué entre les groupes sur chaque paire de questions. Le test appliqué sur chaque exercice du prétest est un test de Mann-Withney à deux issues. Sur le posttest, c'est un même test mais cette fois à une issue qui est appliqué. L'hypothèse nulle vérifiée consiste à considérer que les résultats à l'exercice concerné suivent une distribution statistiquement semblable au sein des deux groupes. Les résultats présentés au sein du tableau 16 montrent que pour le prétest, les différences principales entre les deux groupes apparaissent au sein des exercices relatifs aux deux dernières séances. Au posttest par contre, des différences entre les deux groupes sont observées pour tous les exercices.

*Tableau 16 : Tests d'homogénéité entre les scores spécifiques des deux groupes pour chaque épreuve*

| Séances concernées | Prétest | | | Posttest | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Valeurs** | **p-values** | **Conclusions** | **Valeurs** | **p-values** | **Conclusions** |
| Séance 1 (facile) | 1238.50 | 0.692 | Acceptation de H0 | 780.50 | < .001 | Rejet de H0 |
| Séance 1 (difficile) | 1071.00 | 0.109 | Acceptation de H0 | 924.00 | 0.003 | Rejet de H0 |
| Séance 2 (facile) | 1274.50 | 0.909 | Acceptation de H0 | 628.00 | < .001 | Rejet de H0 |
| Séance 2 (difficile) | 1126.00 | 0.250 | Acceptation de H0 | 579.50 | < .001 | Rejet de H0 |
| Séance 3 | 1212.50 | 0.549 | Acceptation de H0 | 99.50 | < .001 | Rejet de H0 |
| Séance 4 | 1104.00 | 0.131 | Acceptation de H0 | 585.50 | < .001 | Rejet de H0 |
| Séance 5 | 976.50 | 0.020 | Rejet de H0 | 784.50 | < .001 | Rejet de H0 |
| Séance 6 | 929.50 | 0.013 | Rejet de H0 | 718.50 | < .001 | Rejet de H0 |

# Chapitre 10 : Discussion des résultats proposés, limites et pistes de prolongement de la recherche menée

Pour rappel, une recherche collaborative a été mise en place avec des enseignants du 4ème cycle de l'enseignement primaire pour explorer leur pratique à l'égard du développement de la visualisation de leurs élèves en géométrie et surtout pour apporter des modifications au dispositif proposé par Lucchese (2015) afin de le rendre plus proche de la réalité du terrain. Celui-ci a ensuite été testé au sein de trois classes au moyen d'une quasi-expérimentation mise en place pour vérifier l'hypothèse principale de ce travail émise au point 7.1., c'est-à-dire identifier si le dispositif permet le développement de la visualisation non iconique chez les élèves qui le suivent.

Dans un premier temps, cet ultime chapitre analyse et discute les résultats du plan quasi-expérimental afin d'avoir une première réflexion au sujet du dispositif construit mais également au sujet du développement de la visualisation chez les élèves de ce niveau. Cette analyse est également l'occasion de mettre en avant plusieurs limites à la validation menée. La réflexion au sujet du dispositif est ensuite enrichie par les propos tenus par les praticiens au cours de la phase de retour. En effet, comme évoqué au point 6.3.4., les collaborateurs, notamment ceux qui ont enseigné le dispositif, se sont réunis une dernière fois pour discuter *a posteriori* du dispositif. Finalement, c'est la mise en place de la recherche collaborative, qui est discutée. Par ailleurs, tout au long de ce chapitre, l'intention est d'identifier les limites pouvant être mises en évidence mais aussi de proposer des pistes pour une amélioration ou un prolongement du travail mené.

## *10.1. Discussion au sujet du dispositif élaboré*

### 10.1.1. Analyse et discussion du plan quasi-expérimental

#### a) Prise de précautions sur le calcul des scores

Avant de discuter des différents résultats obtenus aux épreuves pré- et post-expérimentales, il est indispensable de souligner l'importance de rester prudent au sujet des scores calculés qui semblent sous-évaluer le niveau d'acquisition de la visualisation non iconique. En effet, ce qui entre dans l'obtention du score concerne principalement l'ajout par l'élève de tracés supplémentaires sur le modèle et/ou sur l'amorce au sein des exercices de restauration. Or, il apparait que certains élèves peuvent s'être servis de tracés réorganisateurs sans pour autant les avoir tracés sur leur feuille, en se contentant de positionner leur latte sur le modèle de départ afin d'y constater des alignements et s'en servir. En agissant de la sorte, ils font preuve de visualisation non iconique même si cela n'a pas d'impact sur l'augmentation de leur score. A titre d'illustration, observons la figure 21, exemple de copie d'un élève du groupe expérimental à l'exercice 9 du posttest. On y constate que l'élève semble faire preuve de visualisation non iconique dans sa méthode de résolution puisqu'il ajoute des tracés réorganisateurs sur l'amorce qui lui permettent de restaurer la figure. Pour pouvoir mettre en place ces tracés réorganisateurs lui permettant de résoudre l'exercice, l'élève a probablement d'abord dû observer sur le modèle l'existence de ces tracés. Or, il ne les a pas mis en évidence en les traçant ce qui l'empêche d'obtenir trois points supplémentaires au score calculé (critères 3, 4 et 6).

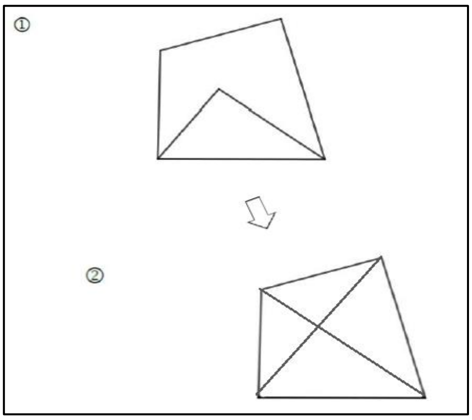


*Figure 21 : Exemple de la sous-évaluation du score*

A titre de prolongement au travail mené dans cette recherche, une solution pour améliorer la méthode d'estimation du niveau d'acquisition de la visualisation non iconique semble être d'explorer en détail la méthode de résolution utilisée par chaque élève, en utilisant par exemple les nouvelles technologies comme les tablettes. Une telle démarche pourrait permettre une conservation de leurs tracés et de leurs manipulations d'instruments, ce qui serait utile pour identifier quels instruments ils ont utilisé et à quel escient. Cela constituerait un bon moyen d'explorer les méthodes de résolution des apprenants. Toutefois, il reste évident qu'opter pour une telle méthode impliquerait de nombreuses prises de précautions comme celle relative à un effet de nouveauté.

#### b) Scores au prétest

Maintenant cette précaution prise au sujet des scores obtenus, évoquons d'abord les résultats exclusivement liés au prétest qui permettent de se faire une idée du niveau d'acquisition des élèves de sixième primaire. Les résultats nous montrent que ce niveau semble peu élevé chez ces élèves. Mentionnons de plus que des différences parfois élevées sont observées entre les différents apprenants. Pour certains, l'acquisition de la visualisation semble totalement absente alors que pour d'autres elle apparait en début de développement.

Quand ils sont en mesure de le faire, on constate que les élèves privilégient des méthodes de prise de mesures pour résoudre les exercices de restauration, ce qui correspond davantage à une visualisation iconique, et ce, au détriment des gestes de déconstruction, correspondant à un mode de visualisation non iconique. On observe d'ailleurs que lorsque la méthode de prise de mesures aboutit à une réponse incorrecte, c'est-à-dire dans le cas de l'exercice relatif à la séance 4 pour lequel il y a un agrandissement de la figure à reproduire, les scores sont les plus faibles. En effet, leur méthode de résolution naturellement privilégiée ne permet pas la réussite de l'exercice. Le cas de l'exercice relatif à la séance 6, pour lequel il est obligatoire de mettre en place des tracés réorganisateurs pour réussir à restaurer le cercle[13], permet de compléter les observations. En effet, quand le mode de visualisation iconique ne suffit pas pour trouver une solution à l'exercice, on observe que les scores obtenus sont plus élevés et ce au sein des deux groupes. Cela s'explique par le fait que davantage d'élèves ont pensé à mettre en place des tracés réorganisateurs sur le modèle et/ou sur l'amorce, et sont donc arrivés à faire preuve de visualisation non iconique. Toutefois, précisons que cela ne concerne pas tous les élèves.

Les observations réalisées sur les deux exercices susmentionnés permettent de souligner qu'instinctivement les élèves semblent privilégier le mode iconique si celui-ci leur permet d'aboutir à une résolution, quitte même à ce qu'elle soit mauvaise. Le mode de visualisation iconique peut donc être qualifié de réflexe chez les apprenants de sixième primaire. Toutefois, certains sont capables de dépasser ce réflexe et de se mettre dans une posture de visualisation non iconique lorsque le premier mode n'aboutit pas à une solution. Cela semble donc cohérent avec l'algorithme de stratégie de visualisation proposé par Elhabib (2015) et présenté au cours du cadre théorique (figure 8).

Pour conclure, il est possible de dire que de manière générale, la visualisation non iconique est peu développée chez les apprenants de sixième primaire dans la mesure où ils privilégient le mode de visualisation iconique, plus instinctif. *A priori*, les gestes de déconstruction ne peuvent pas être qualifiés de réflexes chez les élèves de sixième primaire, bien qu'ils soient utilisés dans certains cas. Ces résultats semblent cohérents avec ceux mis en évidence dans de précédentes recherches et évoqués au cours du cadre

[13] Pour restaurer un cercle, il est nécessaire de retrouver le centre de ce dernier. Dans cet exercice, pour trouver le centre du cercle, il faut obligatoirement mettre en place des tracés réorganisateurs.

théorique, comme par exemple ceux de Mangiante-Orsela et Perrin-Glorian (2014) ou Lucchese (2015) ce qui légitime le projet mis en place.

### c) Comparabilité des groupes

Avant de s'intéresser à l'évolution des résultats entre les deux épreuves au sein de chaque groupe, il semble essentiel de discuter des deux groupes formés et de leur comparabilité. D'abord, comme évoqué au chapitre 6, le groupe contrôle est constitué de davantage d'élèves plus âgés. Par ailleurs, lorsqu'on analyse les résultats au prétest, il semble exister un décalage entre les deux groupes, et ce à l'avantage du premier groupe, puisqu'une différence statistiquement significative est observée. Ces scores semblent s'expliquer par la présence, au sein du groupe expérimental, d'apprenants se détachant du reste du groupe avec un score plus élevé, qui font ainsi augmenter la moyenne du groupe. Il apparait que cette différence entre les scores s'observe particulièrement au niveau des exercices liés aux séances 5 et 6. Il est indéniable qu'il faut prendre en considération cette différence dans l'analyse des résultats au posttest.

### d) Evolution du score global au sein des deux groupes

Intéressons-nous maintenant à l'évolution des scores entre les deux épreuves. De manière générale, il semble possible de souligner que le dispositif permet de développer la visualisation non iconique des apprenants qui l'ont suivi. En effet, on constate une amélioration significative des scores du groupe expérimental entre le prétest et le posttest. Cela signifie qu'à l'issue du dispositif, les élèves semblent avoir acquis des gestes de déconstruction de figures. Ces observations semblent logiques et attendues au vu du plan quasi-expérimental mis en place.

Néanmoins, comme l'illustre la figure 20, mentionnons que la visualisation non iconique ne semble pas se développer de la même façon chez les différents apprenants du groupe expérimental, et ce malgré le fait qu'ils aient tous reçu le même *traitement*. Bien que positifs, les gains apparaissent en effet variables puisque chez certains, la visualisation semble s'être fortement développée entre les deux épreuves alors que pour d'autres, elle semble seulement être en début de développement.

Nous pouvons donc conclure que le suivi du dispositif permet aux élèves d'initier le développement de la visualisation non iconique mais n'est pas suffisant pour qu'on puisse dire qu'elle est totalement acquise chez tous. Certains élèves semblent donc avoir besoin de plus de temps et/ou d'activités pour qu'on puisse parler d'une acquisition totale de la visualisation non iconique. Ce constat est attendu puisqu'il apparait évident que la durée de deux mois sur laquelle s'est étendue l'expérimentation est une durée insuffisante pour espérer une installation optimale de ce mode de visualisation. En effet, comme évoqué au cours du cadre théorique, Godin (2004) a souligné que l'acquisition des gestes de déconstruction allait à l'encontre des réflexes naturels des apprenants et nécessitait donc un long travail à réaliser avec eux. Proposer uniquement un dispositif à réaliser pendant quelques semaines en fin du cursus primaire semble donc insuffisant pour atteindre l'objectif consistant à faire en sorte que le mode de visualisation non iconique dépasse les réflexes instinctifs de visualisation iconique des élèves.

Au sein du groupe contrôle, on observe une différence significative également entre le score au prétest et au posttest. Il est donc possible de supposer l'existence d'un effet prétest. Néanmoins, l'augmentation des scores reste moindre en comparaison à celle constatée au sein du groupe expérimental et le score moyen du groupe contrôle reste très faible. La légère augmentation des scores de ce groupe peut s'expliquer par le fait qu'au cours des deux mois qui ont constitué la période d'expérimentation, les élèves ont continué leur cursus habituel, contenant quelques chapitres de géométrie. Ils ont notamment abordé le chapitre des quadrilatères et celui des cercles, et dès lors, des notions telles que les médianes et diagonales ont été évoquées. Or, elles peuvent constituer des pistes de tracés réorganisateurs à mettre en place dans les exercices de restauration du posttest. Au vu des résultats, continuer le cursus sans y prévoir des activités spécifiques au développement de la visualisation non iconique apparait clairement insuffisant pour la voir se développer de façon importante. Cela légitime donc cette recherche et confirme que le passage à la visualisation non iconique nécessite un apprentissage, comme l'avait souligné Lucchese (2015). Par ailleurs, ces résultats correspondent aux résultats attendus, ce qui conforte l'idée selon laquelle c'est le dispositif pédagogique qui est à l'origine de l'augmentation plus importante des scores observés au sein de groupe expérimental.

Les résultats permettent de compléter ceux obtenus par Lucchese (2015) et de contrer également les doutes émis par l'auteur. En effet, ils permettent de confirmer un impact du dispositif chez les élèves même lorsque celui-ci est mis en œuvre par divers enseignants au sein de leur classe. Néanmoins, mentionnons que les résultats obtenus semblent moins impactants que ceux démontrés par Lucchese (*Ibid.*), et ce malgré le fait que les changements apportés au dispositif ne peuvent être qualifiés de majeurs. Plusieurs causes peuvent expliquer cette différence de scores parmi lesquelles on peut citer les changements apportés au dispositif, mais aussi et surtout ceux apportés aux épreuves expérimentales et à l'échelle de calcul des scores (cf. Annexe 8). L'ajout du critère « réussite partielle » implique forcément des résultats moins contrastés. L'ajout d’exercices de restauration d’une configuration de droites au sein du pré- et du posttest (relatifs à la séance 1) que les élèves semblent facilement résoudre avec un mode de visualisation iconique, ainsi que la suppression d’exercices incluant des cercles semblent être des pistes d’explication à cette différence de résultats.

#### e) Evolution des scores spécifiques du groupe expérimental

En explorant les scores aux différents exercices, on observe qu’après avoir suivi le dispositif, les exercices pour lesquelles la visualisation non iconique apparait moins acquise sont ceux dans lesquels il faut reproduire une configuration de droites. Pour les résoudre, les élèves privilégient un mode de visualisation iconique parce que ces exercices possèdent les scores bruts moyens et gains relatifs moyens les plus faibles. Un travail semble devoir être réalisé sur la première séance pour insister davantage sur le développement des gestes de déconstruction dans ces cas de figure. Ce faible score peut être expliqué par le fait que les enseignants ont fait le choix de laisser, pour matériel, la règle graduée au cours de cette séance, ce qui n’est pas le cas des autres séquences. Rappelons que Duval et Godin (2005) avaient mis en évidence qu’il était plus intéressant de privilégier les instruments non gradués. Cependant, les enseignants ont fait le choix, au cours de l’étude collective, de laisser la règle graduée aux élèves.

Il semble que les scores observés aux exercices liés aux séquences 4 et 5 sont moyens. Peut-être est-il donc intéressant de compléter chacune de ces séances par des exercices supplémentaires. A l’inverse, les séances 2, 3 et 6 semblent avoir bien mieux fonctionné au vu des scores au posttest et des gains moyens spécifiques aux exercices qui s’y rapportent.

Enfin, cette recherche permet de souligner l’absence du réflexe consistant à tracer sur le modèle dans les exercices de restauration. Dès lors, les élèves restent focalisés sur les contours fermés de la figure modèle, ce qui est en adéquation avec les propos de Duval, et al., 2005). Ce constat est amené d’une part, par les enseignants collaborateurs lors de la phase de retour. Ils l’expliquent par le fait que les apprenants ont tendance à négliger le temps de réflexion et d’observation préalable de la figure modèle. D’autre part, les résultats présentés en annexe 19 confirment également ce constat. On y observe un faible score aux critères 3, 4 et 6 pour de nombreux exercices au sein des deux groupes. Par ailleurs, pour les élèves qui ont suivi le dispositif, ce geste, plus présent qu’au prétest, reste tout de même peu fréquent. Il semble donc indispensable d’accompagner les apprenants dans l’acquisition de ce réflexe essentiel pour l’apprentissage. Les gestes consistant à ajouter des tracés réorganisateurs sur l'amorce se font quant à eux moins rares chez les apprenants qui ont suivi le dispositif.

#### f) Limites du plan quasi-expérimental mis en place

En dépit des résultats obtenus et analysés ci-avant, plusieurs limites peuvent être relevées au sujet du plan quasi-expérimental mis en place. Celles-ci viennent compléter les limites mises en évidence au point 7.5 comme par exemple l'effet animateur et le biais des expériences personnelles.

La première limite concerne le plan choisi, à savoir une quasi-expérimentation. Ce plan, tout comme le fait d'avoir testé le dispositif au sein d'une seule école et d'un seul niveau scolaire (6P), nous amène à rester prudent sur la généralisation des résultats. En effet, il parait légitime de se questionner sur les résultats que donnerait ce dispositif au sein d'autres classes, notamment des classes de niveau socio-économique plus faible mais aussi en 5ème année primaire par exemple puisque rappelons qu'à l'origine, le dispositif est conçu pour les classes du dernier cycle de l'enseignement primaire.

La durée de l'expérimentation constitue elle aussi une limite puisqu'un biais de surévaluation apparait dans le cadre d'expérimentations de courte durée. En effet, selon Cheung et Slavin (2013) des études de brève durée menées sur des petits échantillons ont tendance à gonfler les ampleurs d'effet.

La durée des épreuves pré- et post-expérimentales utilisées constitue une limite également. En effet, si la durée environnait les 45 minutes, certains ont eu besoin d'une durée dépassant les 60 minutes de travail. Même si le choix a été fait de ne pas placer les exercices les plus complexes en fin de questionnaires, nous devons rester conscients que la durée de l'épreuve et la concentration qu'elle exige peuvent influencer les résultats également, notamment pour les élèves ayant des difficultés d'attention. Au-delà de la durée et de son impact éventuel sur la concentration, les enseignants évoquent, lors de la phase de retour, l'influence que peut avoir l'ampleur d'une telle épreuve sur l'engagement des élèves. Les enseignants mentionnent qu'ils n'ont pas l'habitude de proposer aux élèves un « *paquet de feuilles*[14] *aussi conséquent à faire* »[15], ce qui a pu décourager/bloquer certains élèves et influencer leur engagement dans la réalisation de cette dernière.

Enfin, si l'expérimentation permet de dire qu'il y a une amélioration du développement de la visualisation non iconique entre le prétest et le posttest, elle ne permet pas de

[14] Chaque épreuve est un paquet de 10 pages avec un exercice par page.
[15] Propos tenus par l'enseignant 1.

souligner si, à plus long terme, elle reste développée. Une possibilité de prolongement pour combler cette limite réside dans le fait d'opter pour un autre plan expérimental, pouvant être représenté par la formule présentée en figure 22.

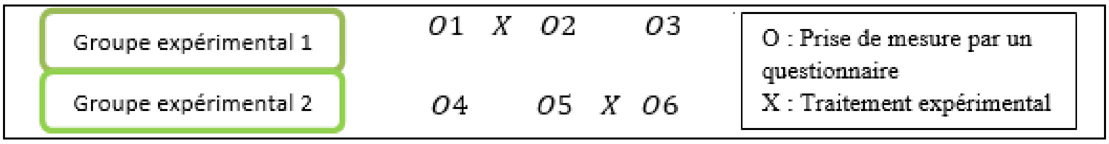



*Figure 22 : Proposition d'un plan quasi-expérimental en prolongement*

Ce plan consiste à une triple prise de mesure au sein de deux groupes recevant tous deux le traitement expérimental mais à des moments différents. Il permet de ne pas attribuer aléatoirement un groupe expérimental et un groupe contrôle et également d'identifier le caractère durable de l'apprentissage. Celui-ci n'a pas pu être envisagé dans le contexte de cette recherche puisqu'il aurait été trop chronophage mais constitue une piste de prolongement à la recherche mise en place. Vérifier l'aspect durable de l'acquisition des gestes de visualisation non iconique semble d'autant plus important que les enseignants collaborateurs, lors de la phase de retour, émettent un doute à ce sujet.

### 10.1.2. Analyse *a posteriori* (phase de retour)

Si le dispositif conçu avec les praticiens semble, comme susmentionné, permettre de développer la visualisation non iconique, son essai sur le terrain a permis aux praticiens collaborateurs de mettre en évidence plusieurs éléments à son sujet lors de la phase de retour réalisée après l'expérimentation.

#### a) Avis sur les changements apportés lors de l'étude collective

Les enseignants se disent globalement satisfaits des différents changements apportés à la leçon initiale et jugent que le nouveau dispositif élaboré tient la route sur le terrain. D'abord, les enseignants confirment qu'au cours des premières séances, les apprenants semblaient se situer dans un mode de visualisation iconique. Au cours de l'avancement des séances, les praticiens observaient des changements dans les méthodes de résolution utilisées, celles-ci semblant être plus adéquates par rapport aux finalités de la discipline. Néanmoins certains élèves avaient plus de difficultés que d'autres pour passer outre leurs « mauvais » réflexes. Ils restaient convaincus que leurs tracés étaient corrects alors que ces derniers n'étaient justifiés que par des constats perceptifs. Les praticiens confirment donc la crainte qu'ils avaient de se voir développer des rythmes différents au sein de la classe et soulignent que pour certains, le développement de la visualisation s'est mis en place rapidement alors que pour d'autres, les mauvais réflexes de visualisation semblaient persister. Ils affirment donc l'intérêt d'avoir prévu des exercices de renforcement pour les élèves en difficultés et de dépassement pour les élèves plus rapides.

Le changement d'instrument réalisé pour la première séance a également été discuté au vu des scores mis en évidence aux exercices s'y rapportant. En dépit des scores plus faibles obtenus par le groupe expérimental aux exercices concernés, les enseignants évoquent qu'ils ne regrettent pas ce choix. Laisser la règle graduée au tout début du dispositif permet d'identifier la technique naturellement utilisée par chaque élève, ce qui est un bon indicateur pour la suite des séances. Une solution d'amélioration pour tenter d'augmenter les scores aux exercices concernés est de laisser en tout début de séance la règle graduée pour résoudre le défi mais de proposer une deuxième partie à ce défi consistant à retirer cet outil au profit de la règle non graduée. Ainsi, tous les apprenants seront amenés à également tenter de résoudre le défi sans prise de mesure, ce qui n'était pas le cas dans la séance actuelle.

Les collaborateurs affirment également qu'il était indispensable de proposer plusieurs amorces aux exercices de reproduction et approuvent donc ce changement. Finalement, les praticiens sont également revenus sur le doute relatif à l'ordre des premières séances en soulignant que commencer par la séance 1 ne parait pas problématique.

**b) Avis sur le dispositif final**

Selon les praticiens qui l'ont enseigné, le dispositif est intéressant à réaliser en classe. Il est l'occasion d'aborder de nombreux points de matières de géométrie qui sont rencontrés au cours du cursus primaire. Par exemple, c'est l'occasion de revoir des notions tels que le parallélisme, la perpendicularité, les différentes figures (quadrilatères, triangles, cercles…) et leurs droites particulières (médianes, diagonales), l'utilisation des instruments et les règles de notations en géométrie... Cela semble confirmer les propos de Godin et Perrin-Glorian (2008) qui précisaient que les activités de restauration et reconstruction permettent « *de construire les connaissances attendues à l'école élémentaire mais aussi un rapport à la géométrie et à l'usage des instruments plus conforme à ce qui est attendu en secondaire* » (p.2).

Par ailleurs, les enseignants affirment que le dispositif est également l'occasion d'apprendre aux élèves à se situer dans une démarche de démonstration en géométrie. D'une certaine façon, une axiomatisation de la géométrie se met en place avec les apprenants au cours de la séance. Elle permet, au travers des activités proposées, une entame au passage du paradigme GI vers le paradigme supérieur, qui d'après Houdement

(2010), correspond au paradigme utilisé dans l'enseignement secondaire. Ce constat semble en cohérence avec les propos de Mithalal (2010), qui décrivait la déconstruction dimensionnelle comme un outil nécessaire pour le passage au paradigme GII. Cela constitue donc une raison supplémentaire de penser que le dispositif permet d'aider à la transition primaire/secondaire.

En outre, d'autres éléments transversaux semblent être développés à travers l'activité comme par exemple le développement de la réflexivité, du langage, de la métacognition. En effet, à de nombreuses reprises, les élèves sont invités à venir expliquer leur solution au tableau. Un réel travail est réalisé avec les élèves pour que ces derniers s'expriment de manière compréhensible et dans un vocabulaire adéquat.

Les enseignants expérimentateurs semblent donc satisfaits du dispositif expérimenté au sein de leur classe et semblent envisager de le réaliser à nouveau les années suivantes. Ils précisent que selon eux, les premières séances fonctionnaient moins bien parce que les élèves n'avaient pas l'habitude de réaliser de telles activités. Dès lors, les automatismes avaient du mal à se mettre en place bien que cela semblait se réduire au fur et à mesure de l'avancement du dispositif. Néanmoins, les praticiens conseillent aux futurs utilisateurs de répartir un tel dispositif sur une durée plus longue que celle réalisée lors de l'expérimentation, à savoir deux mois. Il pourrait par exemple être envisagé de réaliser une séance par mois. En effet, il semble que pour certains élèves, d'après les échos qui ont été récoltés par les enseignants, réaliser toutes ces séquences consécutivement est apparu long et rébarbatif. Dès lors, à cause de ce caractère répétitif, le déroulement du dispositif est apparu moins positif par les enseignants autou des séances 3 et 4. Par ailleurs, les enseignants mentionnent que pour eux-mêmes aussi, cela peut être rébarbatif de réaliser l'ensemble du dispositif sur une courte durée.

En dehors des remarques réalisées *a posteriori* sur le contenu du dispositif, les enseignants mentionnent qu'une des difficultés réside dans le fait que l'utilisation du dispositif en classe nécessite un temps de familiarisation pour les enseignants. En effet, il leur parait évident qu'avant de l'enseigner en classe, les futurs utilisateurs doivent eux-mêmes réaliser les activités, comprendre leurs subtilités didactiques et maitriser leur contenu, ce qui n'est pas évident puisqu'ils n'ont pas l'habitude de mener ce genre d'activités. Cela s'est d'ailleurs observé au cours de l'étude collective lorsque les enseignants ont souhaité manipuler le matériel avant d'apporter des changements aux séances. Ils précisent que, pour pouvoir enseigner le dispositif, un travail relativement conséquent a dû être mené, et ce malgré l'étude collective menée.

Ils soulignent aussi qu'avoir un accompagnement comme ils l'ont eu au cours de la recherche collaborative est nécessaire pour être sensibilisé au sujet, pour comprendre le dispositif et ainsi l'appliquer adéquatement au sein de la classe. Néanmoins, il semble illusoire de penser qu'un tel accompagnement peut être réalisé avec tous les enseignants. Dès lors, il apparait légitime de se questionner sur les résultats que donnerait ce dispositif s'il était donné par des professeurs n'ayant pas reçu cet accompagnement. Cela peut d'ailleurs constituer un prolongement au travail mené.

Enfin, le constat susmentionné lors de l'analyse des résultats, décrivant le dispositif comme insuffisant pour voir la visualisation non iconique se développer totalement chez l'ensemble des apprenants, est partagé par les praticiens. Ils réalisent l'importance de prévoir d'autres activités, notamment pour les niveaux inférieurs, afin de mettre en place un cursus cohérent en géométrie au cours de l'enseignement primaire. Des chercheurs comme Soury-Lavergne (2014) se sont penchés sur d'autres méthodes pour développer la visualisation non iconique des élèves de fin de primaire notamment en utilisant la géométrie dynamique. Par ailleurs, à l'instar des activités proposées par le Groupe IREM Premier degré de Draguignan de Nice (2014), par Taveau (2014) ou encore par Coutat (2014), des dispositifs à l'intention des classes de niveaux inférieurs existent car un travail doit être mené également plus tôt avec les apprenants pour les préparer au regard adéquat à porter sur les figures. D'ailleurs, les enseignants collaborateurs semblent être conscients de cette nécessité puisqu'ils ont évoqué le souhait d'en parler avec leurs collègues des cycles inférieurs pour mettre en place un cursus de géométrie cohérent.

### *10.2. Discussion au sujet de la recherche collaborative*

La recherche collaborative menée confirme l'idée de Lucchese (2015) selon laquelle il est indispensable d'apporter des outils concrets aux enseignants et de les sensibiliser, au travers d'un accompagnement, à cette thématique méconnue. Cela parait d'autant plus vrai au vu du manque d'informations données à ce sujet au sein des référentiels. C'est dans cet objectif que le travail collaboratif mené s'intègre en apportant des modifications au dispositif proposé par Lucchese (2015) pour que celui-ci corresponde aux enseignants. Néanmoins, plusieurs limites à ce travail peuvent être mentionnées. Certaines ont déjà été évoquées lors de l'explication des choix méthodologiques réalisés dans cette recherche. C'est le cas par exemple de la faible représentation des enseignants du secondaire au sein du groupe de travail ou du choix de limiter les phases d'essai sur le terrain. En plus de ces limites, d'autres peuvent également apparaitre.

Il est apparu au cours du focus groupe qu'aucun enseignant ne connaissait les concepts didactiques évoqués et que ceux-ci n'avaient pas conscience de la rupture de contrat didactique existant entre les deux niveaux. Il aurait peut-être été intéressant de mener une telle recherche avec un groupe de travail au sein duquel un des enseignants au moins avait conscience de cette rupture et était déjà sensibilisé aux concepts didactiques évoqués. Cela aurait pu davantage enrichir les discussions au cours de la recherche collaborative. De plus, puisque nous sommes face à des enseignants qui n'avaient aucune connaissance au départ des concepts didactiques évoqués, il semble légitime de se questionner sur la durée choisie pour mettre en place cette recherche et notamment pour leur présenter ces concepts.

Si le choix de réaliser la recherche collaborative au cours des heures de concertation arrangeait les enseignants, celui-ci peut constituer une limite au bon déroulement de la recherche. En effet, les séances collaboratives avaient lieu sur le temps de midi. Elles devaient en théorie durer une heure mais leur durée se voyait finalement diminuée par certaines interruptions ce qui a réduit la durée des échanges. Par ailleurs, si pour la majorité des séances, tous les collaborateurs étaient présents lors des réunions, certaines d'entre elles se sont déroulées à comité plus réduit. C'est le cas de la cinquième séance, par exemple, où seul trois enseignants étaient présents.

En optant pour ce type de recherche, nous sommes partis du postulat selon lequel les recherches collaboratives donnent des dispositifs proches de la réalité du terrain. Néanmoins, il pourrait être intéressant, en prolongement de ce travail, de mener une enquête auprès de divers praticiens afin d'obtenir leur avis à l'égard du dispositif élaboré. En effet, utiliser une technique d'enquête à travers un questionnaire de perception semble tout à fait adapté puisque cela permet de pouvoir récolter l'avis et la perception d'un public-cible ; éléments ne pouvant pas être obtenus par une autre technique (Berthier, 2012). La jonction de la méthode utilisée (questionnaires de performance) et de la méthode suggérée ici en prolongement (questionnaires de perception) devrait donc permettre d'identifier si la leçon élaborée avec le groupe d'enseignants permet de développer la déconstruction dimensionnelle, tout en restant proche de la réalité du terrain et de ses acteurs.

# Conclusion générale

Au cours de cette recherche, nous avons tenté de mettre en place un dispositif pédagogique pour aider au développement de la visualisation non iconique chez les élèves du dernier cycle de l'enseignement primaire, en développant chez ces derniers des gestes de déconstruction dimensionnelle. L'intention de cette démarche est de faciliter la transition entre l'enseignement primaire et l'enseignement secondaire puisqu'entre ces deux niveaux, une rupture de contrat didactique semble exister. Le mode de visualisation non iconique est décrit comme adéquat pour mener un apprentissage dans cette discipline au cours de l'enseignement secondaire. Toutefois, il reste contre-intuitif pour les apprenants et nécessite donc un apprentissage. Il apparait dès lors nécessaire de fournir aux enseignants des activités pédagogiques pour faire émerger ce mode de visualisation chez leurs apprenants.

Si plusieurs chercheurs se sont déjà penchés sur la question comme par exemple Lucchese (2015), la spécificité de cette recherche réside ici dans l'aspect collaboratif du travail mis en place avec les praticiens, que ce soit au niveau de la phase d'élaboration du dispositif ou dans sa phase de testing. En optant pour l'élaboration d'un dispositif par une démarche collaborative, nous nous sommes donné les chances d'aboutir à une activité en accord avec la réalité du terrain. Cette méthode a été également l'occasion d'explorer les pratiques des enseignants à ce sujet et de les comprendre davantage. Par ailleurs, en le faisant tester par les enseignants dans leur propre classe, cela nous a permis d'identifier ce que donnerait le dispositif en contexte réel et d'obtenir un retour des praticiens à son sujet. Enfin, l'analyse des résultats obtenus aux épreuves permet une meilleure compréhension du fonctionnement de la visualisation chez les apprenants.

Au vu des résultats obtenus lors de la quasi-expérimentation menée, il semble possible de valider l'hypothèse principale émise dans ce travail, c'est-à-dire que le dispositif construit avec les praticiens permet d'entrainer le développement de la visualisation non iconique des élèves de sixième année primaire. Nous pouvons donc souligner à l'issue de cette recherche l'atteinte de l'objectif fixé : la création d'un dispositif à destination de la fin de l'enseignement primaire, qui soit proche de la réalité du terrain et qui développe la visualisation non iconique des apprenants.

Néanmoins, la validation de l'hypothèse doit être nuancée. En effet, si ce dispositif permet de développer la visualisation non iconique, il reste insuffisant. On ne peut considérer que, à l'issue du dispositif, la visualisation non iconique soit le mode de visualisation dominant de tous les apprenants, bien que ce mode se soit développé chez eux. Il apparait dès lors essentiel de poursuivre le travail réalisé en continuant à proposer d'autres dispositifs aux enseignants du dernier cycle de l'enseignement primaire mais également aux enseignants des cycles inférieurs, ce qui peut constituer une suite au travail mené. Pourquoi ne pas mettre en place un projet similaire mais avec un autre groupe de praticiens ? Pourquoi ne pas même être plus ambitieux en proposant à des enseignants des cycles 2, 3 et 4 de mettre en place ensemble un parcours cohérent pour les apprenants ?

De plus, afin de convaincre plus aisément les enseignants de l'utilité de développer la visualisation non iconique des élèves pour la poursuite de l'apprentissage de la géométrie, il semble intéressant de réaliser un projet à plus long terme avec un suivi des apprenants dont la visualisation non iconique a été développée, afin d'identifier si cela leur permet effectivement d'être plus performants en géométrie durant leur cursus.

Toutefois, même si des recherches telles que celle menée ici sont intéressantes pour fournir des outils aux enseignants afin de les guider dans leur pratique, il semble indispensable, si on souhaite voir les pratiques des enseignants changer, d'observer également des modifications au niveau du contenu des référentiels qui leur sont destinés. Cette idée semble d'ailleurs confirmée par les collaborateurs. Dès lors, à l'aune de la réécriture des référentiels, prévue par la réforme du Pacte pour un Enseignement d'Excellence, il est essentiel de se questionner sur la place des recherches en didactique et des recherches en sciences cognitives comme celle-ci, au sein de ces derniers. A l'aune également de la réforme de la formation initiale des enseignants, il semble important d'ouvrir la réflexion sur l'intérêt d'y développer la connaissance des finalités et spécificités des disciplines, en s'imprégnant de ces récentes recherches. Taveau (2014) précise d'ailleurs qu'avoir des connaissances disciplinaires mais aussi didactiques en géométrie est une condition nécessaire pour pouvoir enseigner cette discipline de manière efficace.

Plus largement, nous concluons en soulignant qu'il est essentiel de mettre les savoirs issus des recherches en sciences cognitives et en didactique au service de l'apprentissage. C'est dans cette optique que s'est positionné ce travail en sensibilisant les enseignants de fin de primaire au fonctionnement cognitif de leurs élèves dans la discipline de la géométrie et en réfléchissant avec eux à la manière d'exploiter ces connaissances pour favoriser l'apprentissage et la réussite scolaire.

## Références bibliographiques

Anadon, M. (2007). *La recherche participative : multiples regards*. Québec : Presses de l'Université du Québec.

Armstrong, A. (2011). Lesson study puts a collaborative lens on student learning. *Tools for School*, *14*(4), 1-7.

Astolfi, J.-P. (1993). Trois paradigmes pour les recherches en didactique. *Revue française de pédagogie*, *103*, 5-18.

Athias, F. (2014). *La géométrie dynamique comme moyen de changement curriculaire* (Thèse de doctorat). Université d'Aix Marseille, Marseille.

Athias, F. (2015). La géométrie dynamique pour éclairer l'usage du compas. *Education & didactique, 9*(3), 109-125.

Aubert, L. (2017). *Construire une géométrie en transition en début de collège : déconstruction dimensionnelle et différentes géométries* (Mémoire). Académie de Grenoble, Grenoble.

Barrier, T., Hache, C. & Mathé, A.-C. (2014). Droites perpendiculaires au CM2 : restauration de figure et activité des élèves. *Grand N*, *93,* 13-37.

Barry, S. & Saboya, M. (2015). Un éclairage sur l'étape de co-situation de la recherche collaborative à travers une analyse comparative de deux études en didactique des mathématiques. *Recherches qualitatives*, *34*(1), 49-73.

Beauchesne, A., Garant, C. & Dumoulin, M. (2005). Le rôle de cochercheur chez le partenaire du milieu scolaire dans les recherches collaboratives. *Revue des sciences de l'éducation, 31*(2), 377–395. https://doi.org/10.7202/012761ar

Beaupré, P., Letscher, S., Point, M. Milot, É. (2017). La recherche participative : Quelques pistes de solutions en réponse à des défis liés à l'inclusion scolaire d'élèves ayant des besoins particuliers. Dans P. Beaupré, R. Laroui et M.-H. Hébert (dir.), *Le chercheur face aux défis méthodologiques de la recherche : Freins et leviers* (pp.69-82). Québec : Presses de l'Université du Québec.

Bednarz, N. (coord.) (2013). *Recherche collaborative et pratique enseignante. Regarder ensemble autrement.* Paris : L'Harmattan.

Bednarz, N., Auclair, M., Lafontaine, J., Leroux, C. & Morelli, A. (2009). Pour une plus grande harmonisation dans la transition du primaire au secondaire en mathématiques. *Bulletin AMQ*, *XLIX*(1), 7-18.

Bednarz, N., Poirier, L., Desgagné, S. & Couture, C. (2001). Chapitre 2. Conception de séquences d'enseignement en mathématiques : une nécessaire prise en compte des praticiens. Dans A. Mercier, G. Lemoyne & A. Rouchier (*Eds*), *Le génie didactique : usages et mésusages des théories de l'enseignement* (pp. 43-69). Louvain-le-Neuve : De Boeck Supérieur. doi:10.3917/dbu.rouch.2001.01.0043

Berthier, N. (2012). *Les techniques d'enquête en sciences sociales. Méthode et exercices corrigés* (3e éd.). Paris : Armand Colin.

Bonny, Y. (2017). Les recherches partenariales participatives : Éléments d'analyse et de typologie. Dans A. Gillet et D.-G. Tremblay (dir.), *Recherches partenariales et collaboratives* (pp. 25-44). Rennes : Presses Universitaires de Rennes.

Boublil-Ekimova, H. (2010). Lacunes géométriques des futurs enseignants. *Annales de didactique et de sciences cognitives, 15,* 97-118.

Bouchard, J. (2016). *La transition primaire/secondaire. Étude des programmes de mathématiques* (Mémoire). Université de Laval, Québec.

Braconne-Michoux, A. (2008). *Evolution des conceptions et de l'argumentation en géométrie chez les élèves : paradigmes et niveaux de van Hiele à l'articulation CM2 - 6ème* (Thèse de doctorat). Université Paris-Diderot - Paris VII, Paris.

Bulf, C. & Celi, V. (2015a). *Des problèmes de reproduction aux problèmes de restauration de figures plane : quelles adaptations pour la classe ?* Communication présentée au 41e Colloque COPIRELEM, Mont-de-Marsan.

Bulf, C. & Celi, V. (2015b). Une étude diachronique de problème de reproduction de figures géométriques au cycle 3. *Grand N, 96*, 5-33.

Bulf, C. & Celi, V. (2016). Essai d'une progression sur le cercle pour l'école primaire - une articulation clé : gabarit-compas. *Grand N, 97*, 21-58.

Bulf, C. & Mathé, A.-C. (2018). *Agir-parler-penser en géométrie. Un point de vue sémiotique sur l'enseignement et l'apprentissage de la géométrie à l'école primaire.* Communication présentée au 44e Colloque COPIRELEM, Epinal.

Bulf, C. (2009). *Analyses en termes d'espaces de travail géométrique sur l'enseignement français de la symétrie en début de collège*. Communication présentée au Premier colloque franco-chypriote de Didactique des Mathématiques, Nicosie.

Bulf, C. (2019). *Professional actions of novice teachers in the context of teaching and learning geometry*. Communication présentée à la conférence CERME – 11, Utrecht.

Bulf, C., Mathé A.-C. & Mithalal J. (2014). Apprendre en géométrie, entre adaptation et acculturation. Langage et activité géométrique. *Spirale. Revue de recherches en éducation*, *54*, 29-48. https://doi.org/10.3406/spira.2014.1035

Celi, V. & Perrin-Glorian, M.-J. (2014). Articulation entre langage et traitement des figures dans la résolution d'un problème de construction en géométrie. *Spirale. Revue de recherches en éducation*, *54,* 151-174. https://doi.org/10.3406/spira.2014.1041

Celi, V. (2014). *Que veut-on que les élèves de l'école primaire apprennent en géométrie ?* Communication présentée au 40e Colloque COPIRELEM, Nantes.

Chambris, C., Tempier, F. & Allard, C. (2017). Un regard sur les nombres à la transition école-collège. *Repères-IREM, 108*, 63-91.

Chesnais, A. & Munier, V. (2015). Mesure, mesurage et incertitudes : une problématique interdidactique mathématiques-physique. Dans A.-C. Mathé & E. Mounier (Eds.), *Actes du Séminaire National de Didactique des Mathématiques* (pp. 212-237). Paris : IREM de Paris.

Cheung, A & Slavin, R. (2013). The effectiveness of educational technology applications for enhancing mathematics achievement in K-12 classrooms : A meta-analysis. *Educational Research Review, 9,* 88-113. http://dx.doi.org/10.1016/j.edurev.2013.01.001

Clerc A. & Martin, D. (2011). L'étude collective d'une leçon, une démarche de formation pour développer et évaluer la construction des compétences professionnelles des futurs enseignants. *Revue internationale de pédagogie de l'enseignement supérieur, 27*(2). Consulté à l'adresse http://journals.openedition.org/ripes/514

Coppé, S., Dorier, J.-L. & Moreau, V. (2005). Différents types de dessins dans les activités d'argumentation en classe de 5ème. *Petit x, 68,* 8-37.

Coulombe, S., Doucet, M., Zourhlal, A. & Thibeault, M. (2017). Collaborer pour soutenir les nouveaux enseignants en formation professionnelle, enjeu d'une recherche-action. *Revue hybride de l'éducation, 1*(1),152-172.

Coutat, S. (2014). *Enrichissement d'une vision non iconique avec un logiciel de géométrie dynamique et prémisses d'une géométrie axiomatique naturelle (GII).* Communication présentée au 40e Colloque COPIRELEM, Nantes.

Coutat-Gousseau, S. (2006). *Intégration de la géométrie dynamique dans l'enseignement de la géométrie pour favoriser la liaison école primaire – collège : une ingénierie didactique au collège sur la notion de propriété* (Thèse de doctorat). Université de Grenoble, Grenoble.

Coutat-Gousseau, S. (2014) Quel espace de travail géométrique pour l'apprentissage des propriétés au primaire ? *Revista latinoamerica des Investigacion en mathematica educativa, 17*(4-1), 121-148. doi : 10.12802/relime.13.1746

Couture, C. (2005). Repenser l'apprentissage et l'enseignement des sciences à l'école primaire : une coconstruction entre chercheurs et praticiens. *Revue des sciences de l'éducation, 31*(2), 317–333. https://doi.org/10.7202/012758ar

Couturier Y. & Larose F. (2006). Transitions et médiations croisées en intervention éducative. Conditions et potentialités d'une recherche collaborative en milieu scolaire. *Esprit critique, 8*(1), 19-26.

Darré, J.P. (1999). *La production de connaissance pour l'action. Arguments contre le racisme de l'intelligence.* Paris : Maison des sciences de l'homme.

De Kesel M, Hauchart, C., Ben Naoum, K., Plumat, J. & Tinant, B. (2011). Chapitre 10 : La progression et les ruptures d'apprentissage en sciences et mathématiques. Dans M. De Kesel, J.L. Dufays & A. Meurant (dir.), *Le curriculum en questions : la progression et les ruptures des apprentissages disciplinaires de la maternelle à l'université* (pp. 177-188). Louvain : Presses universitaires de Louvain.

Descamps-Bednarz, N., Desgagné, S., Maheux, J.-F. & Savoie-Zajc, L. (2012). La mise au jour d'un contrat réflexif comme régulateur de démarches de recherche participative : le cas d'une recherche-action et d'une recherche collaborative. *Recherches en éducation, 14,* 129-152.

Desgagné, S. & Bednarz, N. (2005). Médiation entre recherche et pratique en éducation : faire de la recherche « avec » plutôt que « sur » les praticiens. *Revue des sciences de l'éducation, 31*(2), 245–258. https://doi.org/10.7202/012754ar

Desgagné, S. (1997). Le concept de recherche collaborative : l'idée d'un rapprochement entre chercheurs universitaires et praticiens enseignants. *Revue des sciences de l'éducation, 23*(2), 371–393. https://doi.org/10.7202/031921ar

Desgagné, S. (2001). La recherche collaborative : nouvelle dynamique de recherche en éducation. Dans M. Anadón (dir.), *Des nouvelles dynamiques de recherche en éducation* (pp. 51-76). Québec : Presses de l'Université Laval.

Desgagné, S., Bednarz, N., Lebuis, P., Poirier, L. & Couture, C. (2001). L'approche collaborative de recherche en éducation : un rapport nouveau à établir entre recherche et formation. *Revue des sciences de l'éducation, 27*(1), 33–64. https://doi.org/10.7202/000305ar

Duroisin, N., Temperman, G., & De Lièvre, B. (2011). Effets de deux modalités d'usage du tableau interactif sur la dynamique des apprentissages et sur la progression des apprenants. À la recherche de convergences entre les acteurs des EIAH. Dans M. Bétrancourt, C. Depover, V. Luengo, B. De Lièvre & G. Temperman (Eds), *Environnements informatiques pour l'apprentissage humain* (pp. 257-269). Paris : ATIEF.

Duval, R. & Godin, M. (2005). Les changements de regard nécessaires sur les figures. *Grand N, 76*, 7-27.

Duval, R. (1994). Les différents fonctionnements d'une figure dans une démarche géométrique. *Repères-IREM, 17,* 121-138.

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.

Duval, R. (2011). Idées directrices pour analyser les problèmes de compréhension dans l'apprentissage des mathématiques. *Cuadernos de Investigación y Formación en Educación Matemática, 11*, 149-161.

Duval, R., Godin, M. & Perrin-Glorian, M.-J. (2005). Reproduction de figures à l'école élémentaire. Dans C. Castela & C. Houdement (Eds.), *Actes du Séminaire National de Didactique des Mathématiques* (pp. 5-89). Paris : ADIREM et IREM de Paris 7.

Edward, C.H. (1979). *The historical Development of Calculus*. Berlin : Springer.

Ekimova, E. (2005). *Une approche de formation didactique à l'enseignement de la géométrie au primaire* (Thèse de Doctorat). Université de Montréal, Montréal.

Elhabib, A. (2015). Développement de la visualisation mathématique chez les élèves du secondaire : proposition d'une stratégie de visualisation géométrique. *Matematika Didaktika aux CRMEF, 1,* 34-53.

Emprin, F. (2014). *Le point de vue d'ingénieries didactiques*. Communication présentée au 40e Colloque COPIRELEM, Nantes.

Fédération Wallonie-Bruxelles. (2019a). *Résultats CE1D et CESS 2018*. Consulté le 12 mai 2019 à l'adresse enseignement.be/download.php?do_id=14840

Fédération Wallonie-Bruxelles. (2019b). Résultats CEB 2018. Consulté le 12 mai 2019 à l'adresse enseignement.be/download.php?do_id=14614

FUNDP. (2002). *Difficultés en mathématique. Commentaires sur les difficultés et les moyens d'action proposes. Rapport de recherche pour une pédagogie de la réussite au premier degré de l'enseignement secondaire*. Consulté le 15 janvier 2018 à l'adresse http://www.enseignement.be/index.php?page=25589

Furtuna, D. (2008). *Modélisation dans l'espace : Obstacle du passage 2D au 3D* (Mémoire). Université du Québec de Montréal, Montréal.

Godin M. (2004). De trois regards possibles sur une figure au regard « géométrique ». Dans C. Castela & C. Houdement (Eds.), *Actes du Séminaire National de Didactique des Mathématiques* (pp. 39-70). Paris : ADIREM et IREM de Paris 7.

Godin, M. & Perrin-Glorian, M.-J. (2008). *De la restauration de figures à la rédaction d'un programme de construction. Le problème de l'élève, le problème du maître*. Communication présentée au 34e Colloque COPIRELEM, Troyes.

Groupe IREM Premier degré de Draguignan de Nice. (2014). *Activités géométriques à partir de puzzles et tangram à l'école*. Communication présentée au 40e Colloque COPIRELEM, Nantes.

Groupe IREM Transition école-collège de Montpellier. (2014). *L'enseignement de la symétrie orthogonale à la transition école-collège*. Communication présentée au 40e Colloque COPIRELEM, Nantes.

Groupe NUMATECOL. (2017). Des ressources pour une pratique régulière de la géométrie dynamique aux cycles 2 et 3. *Repères IREM, 108*, 5-25.

Guille-Biel Winder, C. (2018). *Changements de regard sur les figures : une étude de cas en début de cycle 2.* Communication présentée au séminaire national de l'ARDM – 2016. Consulté à l'adresse http://numerisation.univ-irem.fr/PS/IPS18024/IPS18024.pdf

Houdement, C. & Kuzniak, A. (1999a). Géométrie et paradigme géométrique. *Petit x, 51*, 5-21.

Houdement, C. & Kuzniak, A. (1999b). Un exemple de cadre conceptuel pour l'étude de l'enseignement de la géométrie en formation des maîtres. *Educational Studies in Mathematics, 40,* 283-312.

Houdement, C. & Kuzniak, A. (2006). Paradigmes géométriques et enseignement de la géométrie. *Annales de didactique et de sciences cognitives, 11,* 175-193.

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

Houdement, C. (2010). De nouveaux savoirs en géométrie pour les enseignants ? Dans A. Kuzniak & M. Sokhna (Eds). *Enseignement des mathématiques et développement: enjeux de société et de formation. Actes du Colloque Espace Mathématique Francophone* (pp.437-448). Dakar : Revue Internationale Francophone.

Jones K., Maschieto M., & Mithalal J. (2017). Introduction to the papers of WG4: Geometry Education. Dans T. Dooley & G. Gueudet (Eds.). *Proceedings of the Tenth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (pp. 605-608). Dublin : DCU Institute of Education & ERME.

Keskessa, B., Perrin-Glorian, M.-J. & Delplace, J.-R. (2007). Géométrie plane et figures au cycle 3, une démarche pour élaborer des situations visant à favoriser une mobilité du regard sur les figures de géométrie. *Grand N, 79*, 33-60.

Kalogirou, P., Elia, I. & Gagatsis, A. (2009). *Spatial ability and geometrical figure understanding.* Communication présentée au Premier colloque franco-chypriote de Didactique des Mathématiques, Nicosie.

Kuzniak, A. (2003). *Paradigmes et espaces de travail géométriques. Histoire et perspectives sur les mathématiques* (Thèse de doctorat). Université Paris VII - Denis Diderot, Paris.

Kuzniak, A. (2009). *Un essai sur la nature du travail géométrique en fin de la scolarité obligatoire en France.* Communication présentée au Premier colloque franco-chypriote de Didactique des Mathématiques, Nicosie.

Laborde, C. & Capponi, B. (1994). Cabri-géomètre constituant d'un milieu pour l'apprentissage de la notion de figure géométrique. *Laborde, 14*(1.2), 165-210.

Laborde, C. (1994). Enseigner la géométrie : permanences et révolutions. *APMEP, 396,* 523-548.

Lapointe, P. & Morrissette, J. (2017). La conciliation des intérêts et enjeux entre chercheurs et professionnels lors de la phase initiale de recherches participatives en éducation. *Phronesis, 6*(1-2), 8–20. doi:10.7202/1040214ar

Larguier, M. & Bonnet-Philip, B. (2014). *Faire de la géométrie au cycle 3 à partir d'une corde à 13 noeuds.* Communication présentée au 40e Colloque COPIRELEM, Nantes.

Larose, F., Bédard, J., Boutet, M., Couturier, Y., Dezutter, O., Hasni, A., Kalubi, J.-C., Lebrun, J., Lenoir, Y. & Morin, M.-P. (2006). *L'impact de la coopération pédagogique en contexte de projet sur la réussite éducative d'élèves de milieu socioéconomique faible lors de la transition primaire secondaire*. Québec : Fonds québécois de recherche sur la société et la culture, programmes d'actions concertées sur la persévérance et la réussite scolaire.

Lenoir, Y. (2012). La recherche collaborative entre recherche-action et recherche partenariale : spécificités et implications pour la recherche en éducation. *Travail et Apprentissage, 9,* 14-40.

Lieberman, A. (1986). Collaborative research : Working with, not working on… *Educational Leadership, 43* (5), 29-32.

Lovric, W. & Millet, L. (2017). *La restauration de figure complexe favorise la déconstruction dimensionnelle* (Mémoire). Université Paris-Diderot, Paris.

Lucchese, J. (2015). *Permettre aux élèves du 4e cycle du primaire de passer progressivement à une visualisation non iconique par le recours à la déconstruction dimensionnelle pour faciliter la transition primaire – secondaire en géométrie* (Mémoire). Université de Mons, Mons.

Mangiante-Orsola, C. & Leclercq, R. (2013). *Etude d'un dispositif articulant production de ressources et formation continue en géométrie : quels effets sur les pratiques des enseignants ?* Communication présentée au 40e Colloque COPIRELEM, Nantes.

Mangiante-Orsola, C. & Perrin-Glorian, M.-J. (2014). Géométrie en primaire : des repères pour une progression et pour la formation des maîtres. *Grand N, 94,* 47-83.

Martin, D. & Clerc-Georgy, A. (2017). La lesson study, une démarche de recherche collaborative en formation des enseignants ? *Phronesis, 6*(1-2), 35–47. doi:10.7202/1040216ar

Mathé, A.-C. (2008). Confrontation aux objets et processus de conceptualisation en géométrie à la fin de l'école primaire, rôle des interactions langagières (contribution 3). Internationale Conference "Efficacité et équité en education". *Université de Rennes, 2,* 1–14.

Ministère de la Communauté française. Administration générale de l'Enseignement et de la Recherche scientifique (1999). *Socles de compétences. Enseignement fondamental et premier degré de l'enseignement secondaire*. S.D.

Mithalal, J. (2010). *Déconstruction instrumentale et déconstruction dimensionnelle dans le contexte de la géométrie dynamique tridimensionnelle* (Thèse de doctorat). Université de Grenoble, Grenoble.

Miyakawa, T. & Winsløw, C. (2009). Un dispositif japonais pour le travail en équipe d'enseignants : étude collective d'une leçon. *Éducation et didactique, 3*(1), 77-90. doi : 10.4000/educationdidactique.420

Morrissette J. (2012). “Faire cas” de sa pratique enseignante dans le cadre d'une approche collaborative. *Travail et apprentissage, 9*, 200-214.

Morrissette, J. (2013). Recherche-action et recherche collaborative : Quel rapport aux savoirs et à la production de savoirs ? *Nouvelles pratiques sociales, 25*(2), 35–49. doi :10.7202/1020820ar

Offre, B., Perrin-Glorian, M.-J. & Verbaere, O. (2006). Usage des instruments et des propriétés géométriques en fin de CM2. *Grand N, 77*, 7-34.

Parzysz, B. (1988). “Knowing” vs “seeing”. Problems of the plane representation of space geometry figures. *Educ Stud Math, 19*(1), 79-92. https://doi.org/10.1007/BF00428386

Parzysz, B. (2006). La géométrie dans l'enseignement secondaire et en formation. *Quaderni di Ricerca in Didattica, 17,* 121-144.

Patenaude, P. & Mathieu, P. (s.d.). *Dimension*. Consulté le 2 octobre 2018 à l'adresse https://lexique.netmath.ca/dimension/

Perrin-Glorian, M.-J. & Godin, M. (2014). De la reproduction de figures géométriques avec des instruments vers leur caractérisation par des énoncés. *Math-Ecole, 222*, 26-36.

Perrin-Glorian, M.-J. & Godin, M. (2018). *Géométrie plane : pour une approche cohérente du début de l'école à la fin du college*. Consulté à l'adresse https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01660837v2

Perrin-Glorian, M.-J. (2011). *Vers une progression cohérente de l'enseignement de la géométrie plane du CP à la fin du collège ?* Communication présentée lors des journées APMEP de Grenoble, Grenoble.

Perrin-Glorian, M.-J. (2012). *La géométrie (plane) du CP à la 5ème. Quelques réflexions pour le comité scientifique des IREM*. Communication présentée à l'Université d'Artois. Consulté à l'adresse http://www.univ-irem.fr/IMG/pdf/Annexe_2-CS-IREM-8_juin_2012.pdf

Perrin-Glorian, M.-J. (2018). *Géométrie au cycle 3 : de la reproduction de figures avec des gabarits aux constructions à la règle et au compas.* Communication présentée au Colloque du Plan National de Formation Poitiers (86). Consulté à l'adresse http://numerisation.univ-irem.fr/PO/IPO18008/IPO18008.pdf

Perrin-Glorian, M.-J., Mathé, A.-C. & Leclercq, R. (2013). Comment peut-on penser la continuité de l'enseignement de la géométrie de 6 à 15 ans ? Le jeu sur les supports et les instruments. *Repères IREM, 90*, 5-41.

Pierrisnard, C. (2017). L'entretien de co-explicitation au service de la recherche collaborative. *Phronesis, 6*(1-2), 153–165. https://doi.org/10.7202/1040225ar

Portelance, L. & Giroux, L. (2009). La problématisation dans un processus de recherche collaborative. *Recherche en Education, 6,* 95-108.

Portelance, L. (2011). Mieux comprendre la collaboration pour mieux collaborer. Dans L. Portelance, C. Borges et J. Pharand (dir.), *La collaboration dans le milieu de l'éducation* (pp. 215-223). Sainte-Foy : Presses de l'Université du Québec.

Rabardel, P. (1995). Qu'est-ce qu'un instrument ? *Les dossiers de l'Ingénierie éducative. 19*, 61-65.

Sanchez, É. & Monod-Ansaldi, R. (2015). Recherche collaborative orientée par la conception : Un paradigme méthodologique pour prendre en compte la complexité des situations d'enseignement-apprentissage. *Education & didactique, 9*(2), 73-94.

Soury-Lavergne, S. (2007). Utilisation de la géométrie dynamique pour l'introduction du raisonnement déductif en sixième : instrumentation du déplacement des figures. Dans G. Gueudet, Y. Matheron (dir.), *Actes du Séminaire National de Didactique des Mathématiques* (pp. 325-347). Paris : IREM de Paris.

Soury-Lavergne, S. (2014). *Les technologies pour la géométrie à l'école primaire.* Communication présentée au 40e Colloque COPIRELEM, Nantes.

Spiral. (2011). *Le focus groupe*. Consulté le 15 novembre 2018 à l'adresse http://www.spiral.ulg.ac.be/fr/outils/focus-group/

Stegen, P., Géron, C. & Daro, S. (2009). *Favoriser le développement du langage géométrique à la liaison primaire-secondaire*. Consulté à l'adresse https://www.hel.be/sites/default/files/PDF/favoriser_le_developpement_du_langage_geometrique_a_la_liaison_primaire_secondaire.pdf

Takahashi, A. & McDougal, T. (2016). Collaborative lesson research: maximizing the impact of lesson study. *ZDM Mathematics Education, 48* (4), 513-526.

Tanguay, D. & Geeraerts, L. (2012). D'une géométrie du perceptible à une géométrie déductive : à la recherche du paradigme manquant. *Petit x, 88,* 5-25.

Tanguay, D. (2002). Analyse des problèmes de géométrie et apprentissage de la preuve au secondaire. *Canadian Journal of Science Mathematics and Technology Education 2(*3), 371-396.

Taveau, C. (2014). *Analyser la pertinence d'une ressource pour la construction de modules de formation dans le domaine de la géométrie plane*. Communication présentée au 40e Colloque COPIRELEM, Nantes.

Tavignot, P. & Buhot, E. (2010). Collaboration entre équipes d'école et chercheurs. Dans De Lièvre, B., Braun, A., Carette, V. & Lahaye, W. *Travail en communautés, collaboration et partenariats pour le développement professionnel des enseignants* (pp. 37-46). Mons : Université de Mons.

Temperman, G. (2013). *Visualisation du processus collaboratif et assignation de rôles de régulation dans un environnement d'apprentissage à distance* (Thèse de doctorat). Université de Mons, Mons.

Terpant, L. (2016). *Articulation école collège : la restauration de figures comme passerelle, accompagnement de cette rupture* (Mémoire). Académie de Grenoble.

Thibeault, E.-N. (2010). *A propos de la méthodologie des entretiens de groupe focalisés*. Consulté le 15 novembre 2018 à l'adresse http://www.adjectif.net/spip/spip.php?article58

Van der Maren, J.-M. (2014). *La recherche appliquée pour les professionnels* (3e éd.). Bruxelles, Belgique : De Boeck.

Van Hiele, P.M. (2002). *Similarities and Differences Between the Theory of Learning and Teaching of Skemp and the Van Hiele Levels of Thinking. Intelligence, Learning and Understanding in Mathematics*. *A Tribute to Richard Skemp*. Flaxton : D. Talls & M. Thomas.

Van Nieuwenhoven, C. & Colognesi, S. (2013). Une recherche collaborative autour des difficultés des maitres de stage à accompagner leur stagiaire. *Interacçoes*, *27*, 118-138.

Venant, F. & Venant, P. (2014). La technologie au service d'une situation-problème : exemple de la rosace à huit branches. *Grand N, 93*, 59-91.

Vinatier, I. (2009). *Pour une didactique professionnelle de l'enseignement*. Rennes : PUR.

Vinatier, I. & Morrissette, J. (2015). Les recherches collaboratives : enjeux et perspectives. *Carrefours de l'éducation, 39*(1), 137-170. doi:10.3917/cdle.039.0137

Voltolini, A. (2013). *A la découverte des triangles : de la manipulation de segments dans un logiciel de mathématiques dynamiques à la construction à la règle et au compas.* Communication présentée au 40e Colloque COPIRELEM, Nantes.

## Table des annexes [16]



[16] Les annexes sont compilées au sein du CD-ROM placé en troisième de couverture et sont également accessibles au lien suivant : bit.ly/2JkWJu6

# Table des matières

***Résumé :***

En géométrie, le passage entre l'enseignement primaire et l'enseignement secondaire semble poser problème notamment parce qu'une rupture est constatée entre les deux niveaux au sujet de la visualisation des figures. Les recherches menées en didactique de la géométrie ces quinze dernières années, sous l'impulsion de Duval (2005), s'accordent sur l'absence du développement de l'acuité visuelle des élèves dans l'analyse des figures lors de l'enseignement primaire, ce qui entraine des difficultés d'apprentissage au cours des années suivantes. Afin de faciliter la transition vers le secondaire, il est nécessaire de fournir aux enseignants du primaire des outils concrets et proches de la réalité du terrain pouvant permettre de développer la visualisation non iconique des élèves, mode de visualisation indispensable pour l'apprentissage mais contre-intuitif pour les apprenants. S'inscrivant dans le prolongement du travail de Lucchese (2015), cette recherche s'est fixé cet objectif pour les classes du dernier cycle de l'enseignement primaire par le recours à la déconstruction dimensionnelle.

Au moyen d'une recherche collaborative menée avec des praticiens du primaire et du secondaire, le travail a conduit à une exploration des pratiques des enseignants et surtout à la mise en place d'un dispositif pédagogique. Celui-ci a ensuite été expérimenté au sein de plusieurs classes au travers d'un plan quasi-expérimental.

A son terme, la recherche menée propose un dispositif qui permet de développer, au moins en partie, la visualisation non iconique chez les apprenants de sixième primaire. L'analyse des résultats aux épreuves et le retour des enseignants testeurs, globalement positifs, permettent en outre de relever des pistes pour une utilisation optimale de ce dernier en classe. Le dispositif conçu semble donc intéressant, bien qu'insuffisant, pour préparer l'acuité visuelle des élèves de sixième primaire.

***Mots-clés :***

Géométrie – Visualisation – Transition primaire/secondaire – Déconstruction dimensionnelle – Recherche collaborative