École Normale Supérieure de Lyon

-

Université Claude Bernard Lyon 1

Didactique des Sciences expérimentales & des Mathématiques

Notions de Géométrie & TICE

Pratiques et invariants didactiques des situations d'apprentissage

---

Notions of Geometry & ICT

Didactic invariants and practices towards learning situations

---

Valentin Roussel

Directrice de mémoire : *Jana Trgalova*
Observateur : *Gilles Aldon*

2017 - 2018

Remerciements

Je tiens à remercier Monsieur Mathias Front de l'IUFM de l'Académie de Lyon, Madame Isabelle Leyraud, Directrice adjointe de l'Institut de recherche sur l'enseignement des mathématiques de Lyon et Monsieur Christian Mercat, Directeur de l'IREM de Lyon, pour leur précieuse collaboration, déterminante pour la réussite de la démarche d'enquête réalisée dans le cadre ce travail.

Je tiens également à remercier l'ensemble des professeurs de l'Ecole Normale Supérieure de Lyon et de l'Université de Lyon 1 qui ont appuyé mon travail et m'ont accordé leur confiance durant cette année de formation.

En particulier, remerciements à Monsieur Gilles Aldon, Directeur de l'équipe EducTice, pour sa disponibilité et la générosité avec laquelle il partage son savoir et sa philosophie de l'enseignement.

Enfin, je remercie Jana Trgalova, Maître de conférence intervenant à l'ESPE et au Laboratoire S2HEP de Lyon, pour ses conseils pertinents, sa grande disponibilité ainsi que pour la bienveillance avec laquelle elle a suivi et soutenu ce travail de mémoire.

Résumé

Les TICE jouissent d'un intérêt croissant depuis quelques années. En France, ils bénéficient notamment d'un statut plus important au sein des programmes de troisième et quatrième cycle depuis 2016. De fait, il apparait clairement que la communauté enseignante est appelée à développer de nouveaux types d'exercices et de nouvelles méthodes de travail nécessitant la prise en compte des TICE. Parallèlement à l'évolution des programmes, on constate donc une évolution des pratiques scolaires et l'élaboration de nouvelles activités à fort intérêt didactique. En particulier en mathématiques où l'utilisation de logiciels de géométrie dynamique apparait désormais systématique. Ce mémoire s'intéresse aux pratiques utiles aux processus d'appropriation des notions de géométrie associées à l'utilisation des logiciels de géométrie dynamique au cours du troisième et quatrième cycle scolaire. Par une approche critique, didactique, historique et épistémologique, il tente de mettre en perspective des invariants dans les pratiques des enseignants et des formes de régularité au sein des situations d'apprentissage.

Mots-clefs

➢ Appropriation
➢ Conception
➢ Didactique
➢ Epistémologie
➢ Heuristique
➢ Géométrie dynamique
➢ Invariants
➢ Pratiques scolaires
➢ Situation d'apprentissage

Abstract

The Information and Communication Technologies for Education enjoy a growth in interest the last few years. In France, they benefit from a greater status within the programs of the third and fourth cycle since 2016. It seems clear that the teaching community is charged to develop new types of exercises and new methods requiring a hight consideration for the ICTE. In parallel with the program's evolutions, we observe a specific development of school practices and activities that benefits from a strong didactic contribution. Especially in mathematics where the use of dynamic geometry softwares is becoming a systematic practice. This report concentrates on practices that are useful for the processes of appropriation of the notions of geometry associated with the use of dynamic geometry softwares. Through a critical, didactic, historical and epistemological approach, it tries to put into perspective invariants in teacher's practices and forms of regularity in learning situations during the third and fourth cycle.

Keywords :

- ➢ Academic practices
- ➢ Conception
- ➢ Didactics
- ➢ Dynamic geometry
- ➢ Epistemology
- ➢ Heuristics
- ➢ Invariants
- ➢ Knowledge
- ➢ Learning situations

Table des matières

1 Introduction **10**

2 Apports historiques et prescriptions actuelles **13**

2.1 TICE et géométrie dynamique dans les programmes de 2016 . 13

2.1.1 Au cycle 3 : une « prise de contact » 13

2.1.2 Au cycle 4 : des manipulations propices à la conjecture 14

2.2 La géométrie dynamique dans les programmes de 2008 15

2.2.1 Au cycle 3 : une approche timide 15

2.2.2 Au cycle 4 : reproduction, manipulation et conjecture . 15

2.3 Géométrie dynamique dans les programmes de 2002 16

2.3.1 Au cycle 3 : peu de recommandations 16

2.4 Bilan : une évolution significative des programmes 17

2.5 Le dynamisme : une nouveauté dans les pratiques 19

2.6 Tendances des pratiques actuelles 27

2.6.1 Constructions "molles" et constructions "robustes" . . 27

2.6.2 Les constructions robustes sont majoritaires dans les pratiques des enseignants 32

2.7 Premiers repères 34

3 Apports théoriques **35**

3.1 Distinction figure-dessin 35

3.2 Evaluation de la qualité d'une ressources 38

3.3 Le modèle de Ruthven & Hennessy 40

3.4 Usages de la géométrie dynamique par des enseignants de collège : des potentialités à la mise en œuvre 44

3.4.1 La classe d'Anne 46

3.4.2 Une seconde classe d'Anne 46

3.4.3 La classe de Bruno 47

3.4.4 Synthèse de travaux de Dedeoglu 47

3.5 Bilan des apports théoriques et perspectives méthodologiques . 48

4 Recueil de données : méthodologie **50**

4.1 Choix de la méthode 50

4.2 Le formulaire d'enquête 51

4.3 Bases théoriques et objectifs des questions : 58

4.3.1 Questions (1) à (3) : des renseignements utiles sur l'enseignant 58

4.3.2 Questions (4) à (7) : quelques repères temporels 58

4.3.3 Questions (8) à (10) : appréciation personnelle de l'enseignant 58
4.3.4 Question (11) : constructions robustes / molles 59
4.3.5 Question (12) : du dessin à la figure 59
4.3.6 Question (13) à (16) : modèle R&H 59
4.3.7 Question (17) : question bilan 59
4.4 Résultats 60
4.4.1 Profil des enseignants enquêtés 60
4.4.2 Généralités sur les pratiques 61
4.4.3 Observation des enseignants 62
4.4.4 Constructions robustes / molles 63
4.4.5 Alternance papier,crayon/machine 64
4.4.6 Usages et pratiques 64
4.4.7 Attentes concernant l'évolution des programmes 67
4.5 Discussion 68
4.5.1 A propos des résultats bruts 68
4.5.2 Ecarts entre résultats effectifs et attendus 68
4.5.3 Des points en faveur de la géométrie dynamique 69
4.5.4 Résultats remarquables 70
4.6 Conclusion 71

5 Conclusion générale **73**

Table des figures

1 Activité 1 (identification), extraite de http ://laclassebleue.fr . 20
2 Activité 2 (identification), extraite de http ://laclassebleue.fr . 21
3 Activité 3 (identification), extraite de http ://laclassebleue.fr . 22
4 Activité 4 (identification), extraite de http ://laclassebleue.fr . 23
5 Activité 5 (reproduction), extraite de http ://laclassebleue.fr . 24
6 Activité 5 (complétion, construction), http ://www.toupty.com 25
7 Lorsque M parcourt le cercle, l'angle reste droit. 29
8 L'angle est aigu lorsque M est à l'extérieur du cercle 30
9 Déclinaison figure-dessin du carré, extrait des travaux de Rigaut (2013) 36
10 Modèle de Ruthven et Hennessy (2002) 42
11 Répartition des enseignants entre les cycles 3 et 4 60
12 Expérience professionnelle des enseignants 60
13 Part des enseignants ayant suivi une formation 61
14 Part de la géométrie dynamique dans les pratiques des enseignants 61
15 Bénéfice de la géométrie dynamique selon les enseignants . . . 62
16 Difficulté face à la conception ou à la découverte d'activités . 62
17 Observation des enseignants sur la satisfaction de leurs élèves . 63
18 Part des constructions robustes / molles 63
19 Alternance papier,crayon / machine dans les activités des enseignants 64
20 Méthodes de contrôle des connaissances 64
21 Principaux apports de la géométrie dynamique selon les enseignants 65
22 Utilité du déplacement des points dans une activité de géométrie dynamque selon les enseignants 66
23 Critères de qualité d'un exercice de géométrie de dynamique . 66
24 Souhait des enseignants en matière de programmes 67
25 Grille d'évalutions des contenus proposée par Baudoin (2009) . 83
26 Grille d'évaluation de la mise en œuvre didactique d'une ressource par Baudoin (2009) 84
27 Grille d'évaluation des potentialités d'une ressource par Baudoin (2009) 85
28 Exemple d'activité de géométrie dynamique extraite du web, production d'Yvan Monka 86

Liste des tableaux

1 La GD dans les programmes au cycle 3 depuis 2002 17
2 La GD dans les programmes au cycle 4 depuis 2008 17
3 Table 3 – Constructions molles et constructions robustes selon Soury-Lavergne (2011) 28

1 Introduction

(1) Bien que les études et publications sur les TICE n'aient historiquement commencé à prendre de l'importance qu'à la fin des années 1990, on note que les travaux de recherche sur l'intégration des TICE dans l'enseignement des mathématiques ont une histoire complexe, liée à celle de l'évolution des moyens et de leur pluralité (Sabra, 2008). De même, les TICE sont devenues l'un des piliers de la société moderne : de nombreux pays considèrent la compréhension de ces technologies et « la maîtrise de leurs principaux concepts et savoir-faire comme une partie intégrante de l'éducation de base, au même titre que la lecture, l'écriture et le calcul » ; c'est ce qu'un rapport très complet de l'UNESCO mettait déjà en perspective en 2004 (Anderson, 2004). Aussi les TICE semblent progressivement s'imposer comme des moyens incontournables qui permettent à la fois de problématiser, de conceptualiser et de formaliser des notions de mathématiques, à l'image du témoignage explicitement en faveur des TICE de Sylvie Grau, professeur au Lycée Nicolas Appert. Elle conclut, entre autres, de l'analyse de sa propre expérience : « cette expérience interroge réellement sur les représentations que nous avons de l'école et sur l'usage que les élèves ont des TICE pour apprendre. Si on ajoute que les dernières statistiques sur les pratiques culturelles des jeunes montrent que le point commun sur une classe d'âge toutes origines sociales confondues est l'usage de l'ordinateur, il semble que l'école d'aujourd'hui, si elle se veut égalitaire, doit privilégier ce mode d'accès au savoir. » (Grau, 2017)

(2) Cette émergence des TICE se retrouve au sein même des programmes officiels – nous y reviendrons en détail par la suite–, mais également dans l'analyse socio-économique des tendances à l'industrialisation : les TICE semblent promis à de belles perspectives d'avenir concernant l'évolution des méthodes d'enseignement. Il apparait de même que la pluralité des dossiers de recherches et enquêtes, suscitent et alimentent de nombreuses questions, notamment à propos du « postulat positif » [1] (Trouche, 1994), des « conditions d'intégration et conjectures sur l'avenir des TIC » (Jacquinot et Fichez, 2012), ainsi que des questions relatives à la « formation du corps enseignant » (UNESCO,2004). En 2011 par exemple, *Recherches et expertises pour l'enseignement scientifique* (Lebeaume, Hasni et Harlé, 2011) s'interrogeait : « Quels savoirs et compétences sont indispensables et sont légitimes pour la rénovation des enseignements et la refondation des curriculums ? Comment ces

1. Postulat selon lequel la technologie peut améliorer la qualité de l'éducation en rendant l'enseignement-apprentissage plus efficace ou en provoquant un changement radical de paradigme en éducation.

enseignements ont-ils à tenir compte des préoccupations nouvelles et vives ? ». Cet afflux d'interrogations, qui offre de nouvelles perspectives de recherche, on en retrouve une synthèse dans *Les didactiques en questions* (Elalouf, Robert et Bishop, 2012). Cette synthèse met en perspective deux constats. Le premier, d'ordre quantitatif, souligne l'élargissement des recherches en didactique à l'ensemble des disciplines scolaires. En effet, si en 1983 les recherches en didactique ne portaient que sur quelques disciplines – essentiellement les mathématiques, la physique et le français –, il apparait désormais que presque toutes sont concernées par des recherches en didactique. Second constat, d'ordre qualitatif, on note que les recherches en didactique évoluent vers des prises en compte nouvelles : les formations professionnelles, les élèves en difficulté, l'interdisciplinarité, mais également et surtout vers les nouvelles technologies, dont font partie les TICE.

(3) En somme, le constat est unilatéral, l'enseignement de demain ne saurait être dissocié d'un usage systématique des TICE, comme le souligne le rapport de l'UNESCO : « les TICE se répandent dans le monde des affaires, sous-tendent le succès des entreprises modernes et dotent les gouvernements d'une infrastructure efficace. Ces technologies permettent également de renforcer les processus d'apprentissage ainsi que l'organisation et la gestion des institutions d'enseignement. » (Anderson, 2004). En réponse à cette évolution du curriculum prescrit, les programmes sont également amenés à évoluer, ce qui produit de nouveaux usages, pratiques et méthodes d'enseignement. En mathématiques notamment, une nouvelle classe d'outils numériques a émergé : les logiciels de géométrie dynamique. Souvent présentés comme une alternative complémentaire aux outils classiques que sont le papier, le crayon et la manipulation d'objets tangibles, ces outils s'accompagnent d'une approche nouvelle de la géométrie. D'une géométrie figée – papier, crayon, figures planes –, il est désormais question de dynamisme, de géométrie *vivante* . En particulier, ce dynamise se matérialise par les déplacements des points de figures tracées numériquement. L'objectif d'une telle démarche est la mise en perspective de propriétés géométriques, elle doit « montrer en acte les différents éléments de la propriété » (Soury Lavergne, 2011).

(4) Toutefois, la relative nouveauté de cette approche est source d'une diversité importante de pratiques dont la légitimité de l'apport cognitif n'est pas toujours manifeste. Soury-Lavergne, Tapan, Restrepo et Acosta ont en ce sens montré dans leurs travaux que déplacer les points d'une figure, activité fondamentale dans l'usage de la géométrie dynamique et dont la maîtrise permet de bénéficier au mieux de ses potentialités, n'était évident ni pour les élèves ni pour les enseignants. La diversité des pratiques n'est donc pas

gage d'efficience. Il semblerait ainsi que l'utilisation des logiciels de géométrie dynamique demeurent en phase d'innovation [2], ce qui « empêche de poser de façon efficace les problèmes d'intégration » (Lagrange & Dedeoglu, 2009). Toutefois, si trente ans d'efforts et d'incitations n'ont pas produit l'intégration souhaitée, il apparait ici et là des usages standardisés, à l'image d'une utilisation de plus en plus fréquente de « constructions molles » (Soury-Lavergne, 2011) dans l'élaboration des situations d'apprentissages.

(5) Ce dossier se propose de réaliser un bilan critique de ces pratiques. En particulier il tentera de montrer l'existence d'invariants et de similitudes dans les usages – ce qui est notre hypothèse initiale – qui pourraient marquer l'appui de certaines pratiques en faveur de processus d'apprentissage davantage profitables aux apprenants. Il conviendra dans un premier temps de saisir les enjeux historiques ainsi que les prescriptions actuelles relatifs à la géométrie dynamique. Nous exposerons dans un second moment l'intérêt de quelques écrits et publications remarquables, en particulier nous reviendrons sur les apports théoriques des travaux de Soury Lavergne, Ruthven et Hennessy, Baudoin et Dedeoglu. Enfin, il conviendra de produire une analyse critique sur la base d'une enquête réalisée auprès de la communauté enseignante en tachant d'exprimer des parallèles avec les considérations théoriques et historiques précédemment mentionnées. Nous exposerons alors les résultats de cette enquête et discuterons en conséquence de leurs apports pour la validation de l'hypothèse initiale.

2. L'idée d'intégration développée à cette époque s'oppose à celle d'innovation. L'intégration des technologies se définit comme un processus réfléchi et durable d'utilisation de l'ordinateur alors que le projet de l'innovation est de produire des utilisations nouvelles donc transitoires et n'a par conséquent pas à prendre en charge les contraintes écologiques des institutions d'enseignement.

2 Apports historiques et prescriptions actuelles

2.1 TICE et géométrie dynamique dans les programmes de 2016

2.1.1 Au cycle 3 : une « prise de contact »

(6) Au troisième cycle[3], les TICE sont présentées comme une alternative complémentaire aux outils classiques « papier, crayon et manipulation d'objets concrets ». Les outils numériques sont « progressivement introduits ». Ainsi par exemple, les activités géométriques peuvent être l'occasion d'amener les élèves à « utiliser différents supports de travail : papier et crayon, mais aussi logiciels de géométrie dynamique, d'initiation à la programmation ou logiciels de visualisation de cartes, de plans ».

(7) Il semblerait que l'utilisation des logiciels de géométrie dynamique au cycle 3 se focalise davantage sur l'appropriation du plan par l'élève, on lui demande nécessairement de tracer, de se repérer, de réaliser et d'interpréter les transformations de figures simples dans le plan, les activités sont orientées vers la manipulation, la reproduction d'exercices papiers. Il n'est pas demandé à l'élève de conjecturer ou d'émettre des hypothèses sur des propriétés géométriques. En fin de cycle, on note à ce titre que les connaissances suivantes doivent être acquisses :

➢ Se repérer et se déplacer dans l'espace en utilisant ou en élaborant des représentations.

➢ Reconnaitre, nommer, décrire, reproduire, représenter, construire des figures et solides usuels.

➢ Reconnaitre et utiliser quelques relations géométriques (notions d'alignement, d'appartenance, de perpendicularité, de parallélisme, d'égalité de longueurs, d'égalité d'angle, de distance entre deux points, de symétrie, d'agrandissement et de réduction).

(8) Ainsi, les professeurs sont amenés à utiliser un langage précis et adapté pour décrire les actions et les gestes réalisés par les élèves (pliages, tracés à main levée ou avec utilisation de gabarits et d'instruments usuels ou lors de l'utilisation de logiciels). En somme, au cycle 3 l'élève peut être amené

3. Programmes officiels de troisième et quatrième cycle téléchargés sur le site web d'eduscol à l'adresse : http ://eduscol.education.fr/cid99696/ressources-maths-cycle4.htm

à utiliser des logiciels de géométrie dynamique pour reproduire des figures, identifier quelques relations géométriques et évoluer, se situer dans le plan. La formation au raisonnement et l'initiation à la démonstration étant déléguée au cycle 4.

2.1.2 Au cycle 4 : des manipulations propices à la conjecture

(9) Le programme stipule : « La formation au raisonnement et l'initiation à la démonstration sont des objectifs essentiels du cycle 4. Le raisonnement, au coeur de l'activité mathématique, doit prendre appui sur des situations variées (...) Les pratiques d'investigation (essai-erreur, conjecture-validation, etc.) sont essentielles et peuvent s'appuyer aussi bien sur des manipulations ou des recherches papier/crayon, que sur l'usage d'outils numériques (tableurs, logiciels de géométrie, etc.). Il est important de ménager une progressivité dans l'apprentissage de la démonstration et de ne pas avoir trop d'exigences concernant le formalisme. (...) Au cycle 4, l'élève développe son intuition en passant d'un mode de représentation à un autre : numérique, graphique, algébrique, géométrique, etc. Ces changements de registre sont favorisés par l'usage de logiciels polyvalents tels que le tableur ou les logiciels de géométrie dynamique »

(10) En somme, l'élève est introduit à la démarche scientifique : « observer, questionner, manipuler, expérimenter » et il lui est demandé d'interpréter les transformations de géométrie affine qui « font l'objet d'une première approche, consistant à observer leur effet sur des confgurations planes, notamment au moyen d'un logiciel de géométrie ». En ce sens, on notera en particulier que la notion de « lien » devient très importante durant ce cycle, notamment :

➢ Pour se représenter l'espace : « Utiliser un logiciel de géométrie pour visualiser des solides et leurs sections planes afn de développer la vision dans l'espace. Faire le *lien* avec les courbes de niveau sur une carte. »

➢ Pour utiliser les notions de géométrie plane afin de démontrer : « Utiliser un logiciel de géométrie dynamique, notamment pour transformer une figure par translation, symétrie, rotation, homothétie. Faire le *lien* entre parallélisme et translation, cercle et rotation. » ou encore « Faire le *lien* entre théorème de Talès, homothétie et proportionnalité ».

2.2 La géométrie dynamique dans les programmes de 2008

2.2.1 Au cycle 3 : une approche timide

(11) Le programme ne préconise pas directement l'utilisation de logiciels de géométrie dynamique mais « l'utilisation d'instruments et de techniques : règle, équerre, compas, calque, papier quadrillé, papier pointé, pliage. » Toutefois il est indiqué à propos des TICE que « les technologies de l'information et de la communication sont utilisées dans la plupart des situations d'enseignement ». La marge de manœuvre quant à la manière d'utiliser ces outils est donc très grande car on y trouve peu d'explications, cela laisse également l'enseignement dans le flou. L'objectif principal de l'enseignement de la géométrie du CE2 au CM2 est de permettre aux élèves de passer progressivement d'une reconnaissance perceptive des objets à une étude fondée sur le recours aux instruments de tracé et de mesure. Il leur est demandé de reproduire, décrire, représenter et construire des objets géométriques (figures planes ou solides) afin de favoriser la construction d'*images mentales* et la mise en évidence de quelques propriétés (côtés de même longueur, angles droits, parallélisme, axes de symétries) : on peut parler d'une *géométrie expérimentale.*

2.2.2 Au cycle 4 : reproduction, manipulation et conjecture

(12) Au cycle 4 le programme marque une volonté d'introduire l'usage des logiciels de géométrie dynamique dans les pratiques, leur utilisation intervient en complément des outils traditionnels. Le programme stipule ainsi « que l'utilisation d'outils logiciels est particulièrement importante et doit être privilégiée chaque fois qu'elle est une aide à l'*imagination*, à la formulation de *conjectures* ou au calcul » en particulier en géométrie, enseignement qui « doit rester en prise avec le monde sensible qu'elle permet de décrire » : « les constructions géométriques, avec leurs instruments traditionnels – règle, équerre, compas, rapporteur –, aussi bien qu'avec un logiciel de géométrie, constituent une étape essentielle à la compréhension des situations géométriques ».

(13) Au cycle 4 les apprenants sont ainsi amenés à manipuler et construire, ils doivent s'approprier les figures non plus par *reproduction* mais avant tout par *manipulation* à l'aide d' « activités de construction devant permettre aux élèves de mettre en évidence et d'utiliser quelques propriétés : conservation des angles – et donc de la perpendicularité – et du parallélisme, multiplication des longueurs par le facteur k d'agrandissement ou de réduction ». En ce sens le programme de quatrième cycle de 2008 se rapproche du celui de 2016 en

faisant intervenir la *conjecture* comme une démarche clef nécessaire de ce cycle : « l'utilisation de logiciels de géométrie dans l'espace doit permettre de conjecturer ou d'illustrer la nature des sections planes ».

2.3 Géométrie dynamique dans les programmes de 2002

2.3.1 Au cycle 3 : peu de recommandations

(14) Dans les programmes 2002 la géométrie dynamique tient une place tout à fait restreinte, une unique recommandation est formulée à son égard et le programme précise que « l'enseignement des mathématiques doit intégrer et exploiter les *possibilités* apportées par les technologies de l'information et de la communication : calculatrices, logiciels de géométrie dynamique, logiciels d'entraînement, toile (pour la documentation ou les échanges entre classes), rétroprojecteur (pour les moments de travail collectif) ». Aucune prescription ou directive plus précise n'est formulée pour appuyer l'enseignant dans son travail : *utilité d'une telle démarche ? Objectifs pédagogiques ? Potentialité de la géométrie dynamique ? Apport d'une pratique autour du numérique ?* Il apparait certainement que les pratiques numériques autour de la géométrie ont certainement dû pâtir de ce manque de consignes. Julien Rigaut note pourtant qu'à la lecture des programmes « certains domaines peuvent être exploités avec un logiciel de géométrie dynamique tels que le repérage sur un quadrillage, l'alignement de points et de droites, la perpendicularité et le parallélisme, la symétrie axiale, tracer des figures planes à l'aide d'un programme de construction ou le principe d'agrandissement et de réduction » (Rigaut, 2013). Cependant, l'utilisation du papier et du crayon reste la première méthode à acquérir d'après ces instructions officielles et l'utilisation du numérique n'apportent que des « possibilités » supplémentaires non-explicitées.

2.4 Bilan : une évolution significative des programmes

	2002	2008	2016
Prescriptions	Peu, le travail de l'enseignant n'est pas orienté.	Les technologies de l'information et de la communication doivent être utilisées dans la plupart des situations d'enseignement.	Les outils numériques sont progressivement introduits, les activités géométriques doivent être l'occasion d'amener les élèves à utiliser différents supports de travail.
Objectifs pédagogiques	Non mentionnés.	Passer progressivement d'une reconnaissance perceptive des objets à une étude fondée sur le recours aux instruments de tracé et de mesure.	L'élève doit s'approprier le plan : tracer, se repérer, réaliser et interpréter les transformations de figures simples dans le plan.
Types d'activités proposées aux apprenants	Non mentionnés.	Reproduire, décrire, représenter et construire.	Reproduire des figures, identifier quelques relations géométriques et évoluer, se situer dans le plan.
Usages par les enseignants	La géométrie dynamique apportent des "possibilités" mais n'intervient pas nécessairement en complément des outils traditionnels.	L'enseignant dispose d'une importante marge de manœuvre ce qui peut être déstabilisant et ne pas aboutir à la mise en place de situations d'apprentissage pertinentes.	Les logiciels de géométrie dynamique doivent être une alternative complémentaire aux outils classiques.

Table 1 – La GD dans les programmes au cycle 3 depuis 2002

	2008	2016
Prescriptions	L'utilisation d'outils logiciels est particulièrement importante et doit être privilégiée chaque fois qu'elle est une aide à l'*imagination*, à la formulation de *conjectures* ou au calcul.	Les pratiques d'investigation (essai-erreur, conjecture-validation) sont essentielles et peuvent s'appuyer aussi bien sur des manipulations ou des recherches papier/crayon, que sur l'usage d'outils numériques.
Objectifs pédagogiques	L'utilisation de logiciels de géométrie dans l'espace doit permettre de conjecturer ou d'illustrer la nature des sections planes.	La formation au raisonnement et l'initiation à la démonstration sont des objectifs essentiels du cycle 4. Le raisonnement, au coeur de l'activité mathématique, doit prendre appui sur des situations variées.
Pratiques des apprenants	Reproduction, création, manipulation, conjecture.	Observer, questionner, manipuler, expérimenter, interpréter.
Usages par les enseignants	L'utilisation d'outils logiciels s'inscrit dans une démarche effective et réelle qui intervient en complément des outils traditionnels. Cette démarche est nécessaire et essentielle.	A l'aide d'un logiciel de GD l'enseignant doit élaborer des situations d'apprentissage où l'apprenant est amené à visualiser des solides et leurs sections planes afin de développer la vision dans l'espace, transformer une figure par translation, symétrie, rotation, homothétie, et établir des liens entre les différents théorèmes.

Table 2 – La GD dans les programmes au cycle 4 depuis 2008

(15) Comme nous pouvons le constater, les prescriptions scolaires ont évolué significativement vers un usage plus appuyé mais également plus ciblé de la géométrie dynamique. Si en 2002 il n'était question que de « possibilités » il apparait désormais que l'enseignant se doit de mettre en place une véritable complémentarité entre les deux approches de la géométrie. On remarque de même que les tâches demandées aux apprenants sont désormais davantage orientées vers des manipulations, des variations de la figures, vers la mise en mouvement des points remarquables d'une construction géométrique : l'élève ne se contente plus de reproduire, il doit aussi produire des figures à l'aide du déplacement. Au cycle 3 la géométrie dynamique s'inscrit désormais comme une pratique nécessaire à l'appropriation du plan, ce qui apparait comme une différence remarquable en comparaison aux programmes de 2002. Au cycle 4 [4] la géométrie dynamique vient supporter l'introduction à la démarche d'investigation ; le raisonnement et la démonstration prennent vie au travers de pratiques d'observation, de questionnement, de manipulation, d'expérimentation et d'interprétation, ce qui est également une évolution remarquable par rapport à 2002.

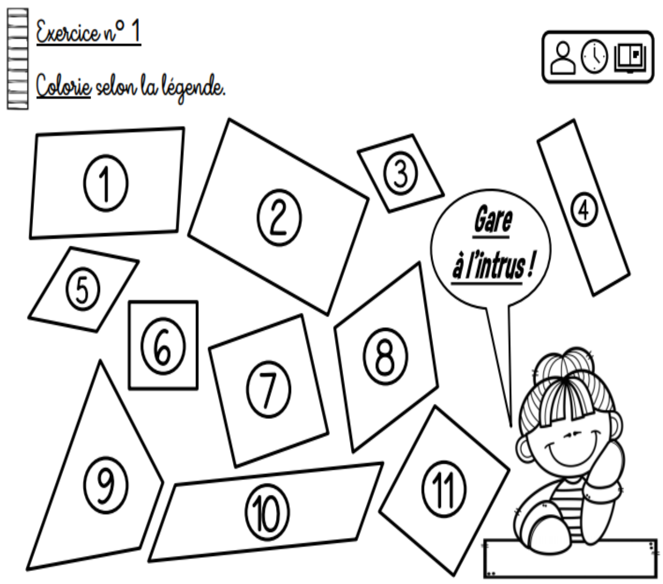
(16) Toutefois si l'évolution des pratiques est incontestable elle n'en demeure pas moins rapide et l'introduction du numérique est un phénomène tout à fait récent à l'échelle de l'histoire de l'enseignement qui a presque toujours exclusivement favorisé l'usage du stylo et du papier. Il est donc compréhensible que les nouvelles pratiques qui en découlent traversent une phrase d'innovation intensive, empêchant momentanément « leur intégration fiable et sur le long terme » (Dedeoglu, 2009). Il convient désormais de s'interroger sur la tendance des pratiques actuelles et leurs origines.

4. Aucun bulletin officiel ne mentionne clairement et de manière officielle d'avoir recours à des logiciels de géométrie dynamique au collège en 2002

2.5 Le dynamisme : une nouveauté dans les pratiques

(17) L'introduction du numérique dans l'enseignement marque un changement de paradigme scolaire. En géométrie en particulier, ce changement est spécifique et spécialement remarquable. Il conduit à la production d'une nouvelle classe d'exercices dont le *mouvement* est un critère nécessaire. Au regard des exercices classiques qui étaient jusqu'à récemment prescrits par le professeur à la classe, on constate que la mise en perspective de propriétés géométriques par la variation de la position des points de la figure n'est pas envisagée, il s'agît pour la plupart du temps d'activités de reproduction et de construction guidées. Pour étayer cette constatation, il convient ici de présenter quelques productions compilées d'enseignants relevées dans des manuels scolaires ou composées par les professeurs eux-mêmes [5]. Nous tacherons ici d'analyser et de tenter de souligner quelques invariants entre ces activités.

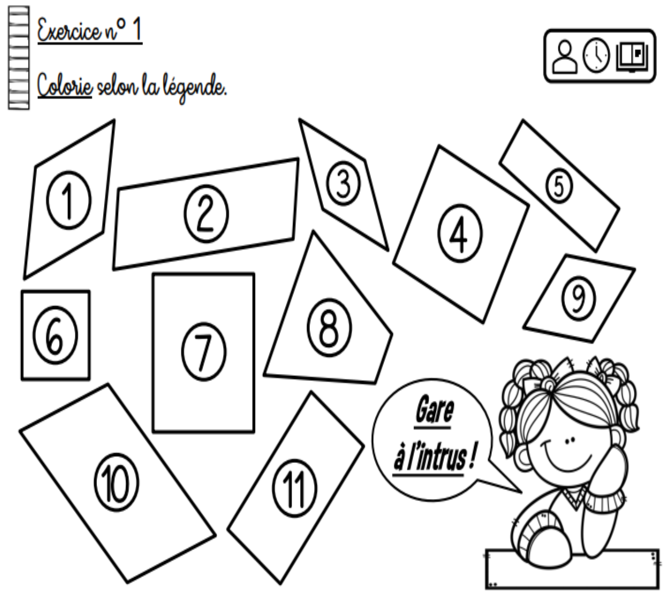
5. Nous analyserons ici des exercices et productions extraites depuis trois sites web massivement fréquentés par les enseignants. Le premier est celui de l'académie en ligne (http ://www.academie-en-ligne.fr) dont les programmes et exercices sont continuellement renouvelés et adaptés selon l'évolution des prescriptions. Le site travaille en étroite collaboration avec le ministère de l'Education Nationale. Le second est un site massivement consulté (http ://www.toupty.com). En 2011 le site avait notamment enregistré 2.917.827 visiteurs uniques (chiffre tiré de google analytics) ; le site propose des exercices de tous types pour des apprenants de troisième et quatrième cycle. Enfin le troisième site se trouve être celui d'un enseignant blogueur qui partage librement ses productions (http ://laclassebleue.fr). Ce dernier site est moins fréquenté que les deux premiers, il propose cependant des productions tout à fait similaires à celles prescrites par les manuels scolaires ainsi que celles que nous pouvons extraire des deux premiers sites.



carré	rectangle	losange	parallélogramme quelconque
BLEU	VERT	JAUNE	ROUGE

FIGURE 1 – Activité 1 (identification), extraite de http ://laclassebleue.fr

(18) Cette fiche d'exercice est à destination d'une classe de CM1, elle porte sur le chapitre des parallélogrammes. Il est demandé à l'élève de reconnaitre dans chaque figure une forme géométrique classique : carré, rectangle, losange ou parallélogramme quelconque. C'est un exercice classique d'identification, une activité ne demandant aucune manipulation des figures : l'élève n'est pas amené à tracer, effectuer des mesures systématiques, ni même réaliser des pliages. En ce sens, l'identification est une pratique qui se concentre sur la reconnaissance de formes fixes.



carré	rectangle	losange	parallélogramme quelconque
BLEU	VERT	JAUNE	ROUGE

Figure 2 – Activité 2 (identification), extraite de http ://laclassebleue.fr

(19) Une activité similaire à l'activité 1 est proposée aux élèves de CM2.

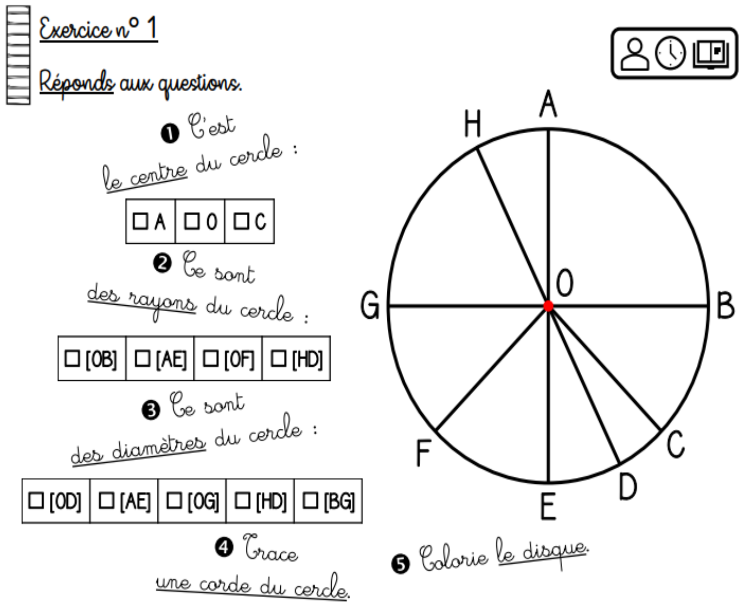


FIGURE 3 – Activité 3 (identification), extraite de http ://laclassebleue.fr

(20) Cette fiche d'exercice est à destination d'une classe de CM1, elle porte sur le chapitre des cercles. De même que les activités sur les parallélogrammes il s'agît ici d'un exercice d'identification. On remarque qu'il est par exemple demandé à l'élève de remarquer les segments qui correspondent aux rayons du cercle. On note qu'il aurait été intéressant que l'apprenant puisse compléter ses réponses en pouvant déplacer l'un des points, B par exemple, le long du périmètre du cercle, ce qui aurait contribuer à mettre en perspective l'existence d'une infinité de rayons.

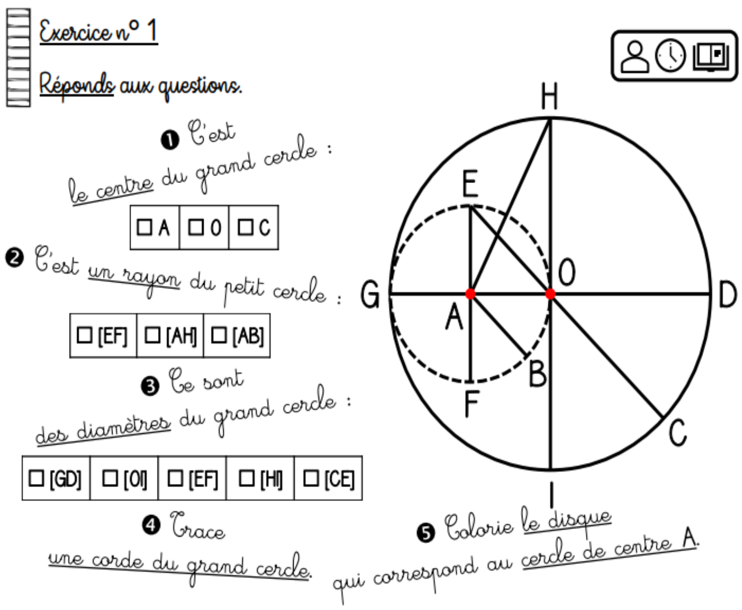


FIGURE 4 – Activité 4 (identification), extraite de http ://laclassebleue.fr

(21) Une activité similaire à l'activité 3 est proposée aux élèves de CM2.

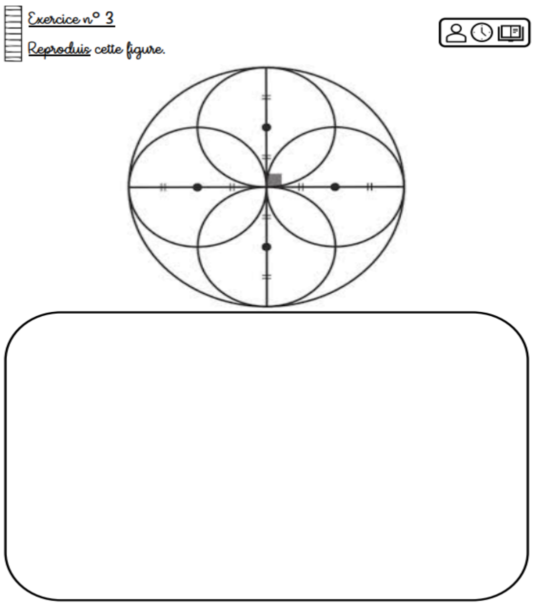
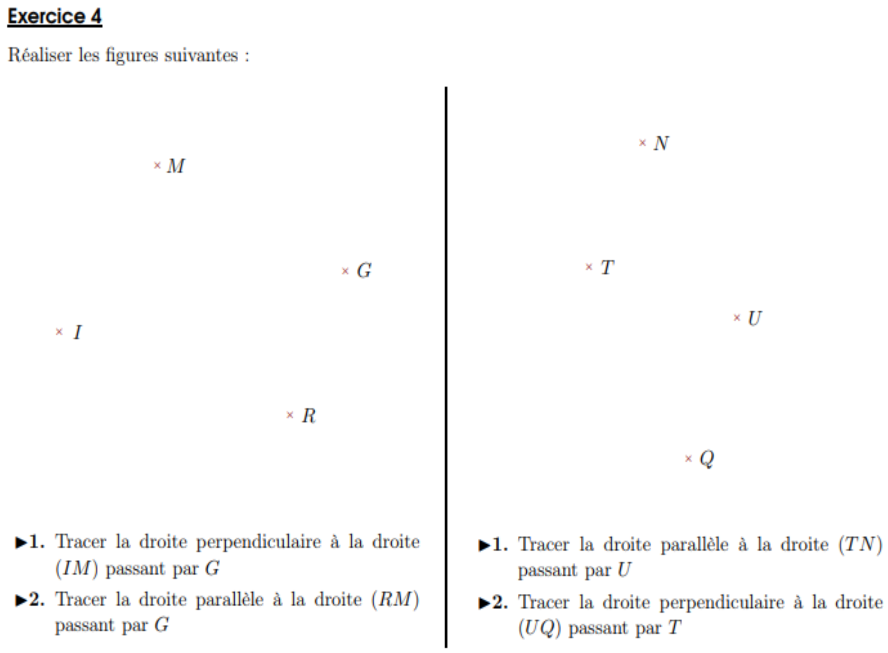


FIGURE 5 – Activité 5 (reproduction), extraite de http ://laclassebleue.fr

(22) Cette fiche d'exercice est à destination d'une classe de CM1, elle porte sur le chapitre des cercles. Il ne s'agit plus ici d'identifier des propriétés mais de reproduire une figure. Dans cette activité la manipulation des outils conduit à une reproduction exacte de la figure. La reproduction intervient ici comme un acte de copie, de décalquage, et l'objectif est clairement de reproduire les points clefs de la figure aux mêmes positions que sur le modèle.


Exercice 4

Réaliser les figures suivantes :

▶**1.** Tracer la droite perpendiculaire à la droite (IM) passant par G

▶**2.** Tracer la droite parallèle à la droite (RM) passant par G

▶**1.** Tracer la droite parallèle à la droite (TN) passant par U

▶**2.** Tracer la droite perpendiculaire à la droite (UQ) passant par T

FIGURE 6 – Activité 5 (complétion, construction), http ://www.toupty.com

(23) Cet exercice est à destination d'une classe de 6ème, elle porte sur le chapitre des perpendiculaires et des parallèles. Une nouvelle fois dans cette activité l'élève n'est pas amené à déplacer les points des figures à réaliser, il doit construire des droites perpendiculaires et des droites parallèles à partir de ces points. Au même titre que l'identification et la reproduction, les activités de complétion et de construction de figures ne mettent en perceptive aucun déplacement ni aucune transformation dans le plan.

(24) Il serait réducteur et malvenu de prétendre que ces quelques productions sont tout-à-fait représentatives des exercices généralement proposés aux apprenants de troisième et quatrième cycle. L'histoire de l'enseignement de la géométrie n'est pas réductible à quelques productions extraites du web en 2018. Toutefois, il convient ici de noter que ces quelques productions ont été extraites de sites qui sont actuellement massivement consultés quotidiennement, ce qui leur accorde une influence certaine. Ces exercices ont été choisi car ils mettent en perspective des pratiques qui soulignent nettement une approche traditionnelle de l'enseignement de la géométrie : la reproduction, la complétion de figures incomplètes, l'identification ou la construction de figures.

(25) Il n'est pas question ici de formuler une critique de ces pratiques en les comparants à celles que nous pouvons observer dans les exercices de géométrie dynamique que nous analyserons par la suite. L'enjeu des précédentes analyses est de montrer que les exercices papiers sont par essence propices à des activités où l'enseignement de la géométrie n'est pas envisagé par une approche dynamique. Or la communauté enseignante s'emploie de longue date à proposer des activités similaires pour enseigner la géométrie, ceci du fait que l'introduction du numérique en classe est un phénomène encore récent. Trouche note d'ailleurs à ce sujet que « malgré la volonté forte d'intégration dans les programmes et institutions, les enseignants de mathématiques restent encore réticents par rapport à l'intégration de la technologie dans leur enseignement » (Trouche, 1994). Cette intégration nécessite, d'une part un « changement dans l'enseignement et l'apprentissage avec la transposition informatique (. . .), il s'agit d'un processus de transformation du savoir, du fait de son implémentation informatique et de l'impact de cette transformation sur l'apprentissage de l'élève » et d'autre part de « nouvelles compétences chez l'enseignant et en particulier le changement de son mode habituel d'enseignement » (Tapan, 2006). Les pratiques précédemment étudiées offrent un aperçu de ce « mode habituel d'enseignement » qui ne propose pas des activités fondamentalement dynamique. Ces activités – identification, reproduction, complétion, construction – sont caractéristiques de l'enseignement d'une géométrie *adynamique*, c'est-à-dire ne nécessitant pas de faire varier les points de la figure pour réaliser l'exercice. Elles peuvent toutefois être transposées dans l'environnement de géométrie dynamique où elles ont une toute autre dimension - la figure reproduite, complétée ou construite doit *résister au déplacement*. Ce sont des activités remarquables et fréquemment utilisées par les enseignants.

(26) Cette constatation vient renforcer l'idée que la géométrie dynamique doit nécessairement traverser une période intense d'innovation durant laquelle les enseignants doivent être amenés à adapter leur « mode habituel d'enseignement ». Cette adaptation peut se révéler infructueuse et inefficiente, en cause : un attachement trop fort de l'enseignant à ses pratiques et à son « mode habituel d'enseignement ». Toutefois, il apparait également que certains enseignants ont su produire des exercices de géométrie dynamique tout à fait pertinents et profitables aux apprenants [6]. Etudions désormais les tendances des pratiques actuelles qui s'en réfèrent.

2.6 Tendances des pratiques actuelles

2.6.1 Constructions "molles" et constructions "robustes"

(27) Depuis l'émergence de la géométrie dynamique, l'enjeu des tâches attribuées aux élèves était d'obtenir des constructions robustes, c'est-à-dire qui conservaient toutes leurs propriétés géométriques lors du déplacement des points de la figure. Healy (2000) précise dans ses traveaux que de nombreux élèves passent par des constructions ne comportant que certaines propriétés puis cherchent à partir de celles-ci la manière d'obtenir les autres propriétés demandées. Du point de vue de l'apprentissage cette stratégie ne doit pas forcément être invalidée puisqu'elle permet une exploration systématique de la construction et de rechercher les conditions pour obtenir la construction demandée. Healy introduit ainsi une distinction entre les constructions dites robustes et les constructions molles.

6. voir Annexes, figure 28

(28) Soury-Lavergne (2011) revient sur les caractéristiques de ces deux types de constructions qu'il convient ici de préciser à nouveau :

Construction molle	Construction robuste
Le déplacement est constitutif de la construction.	Le déplacement est un outil de validation.
La construction explicite la dépendance entre hypothèse et conclusion, le déplacement permettant d'obtenir leur réalisation simultanée,l'élève n'agissant que sur les hypothèses.	La construction explicite le caractère général du théorème : le déplacement permet de parcourir une infinité de cas où le théorème est vérifié.
Du local au général : le théorème est induit à partir d'une propriété vérifiée localement sur le dessin.	Du général au local : la construction robuste est une figure générale que s'actualise en dessin particulier.

Table 3 – Table 3 – Constructions molles et constructions robustes selon Soury-Lavergne (2011)

(29) Ainsi, les constructions molles s'opposent aux constructions robustes en ceci qu'elles n'ont pas toutes les propriétés géométriques demandées et que le déplacement est utilisé pour obtenir les propriétés manquantes de manière contingente.

(30) On dira d'une figure que c'est une construction robuste si la propriété qu'elle met en perspective est vérifiée pour toute position des points et des objets ; c'est une construction qui « montre en acte les différents éléments de la propriété ». Par exemple, dans la figure suivante – Voir Figure 7 page 24 – on note que : A et B sont deux points libres et le cercle de diamètre [AB] est construit. M est un point sur le cercle. Il forme avec A et B un triangle dont l'angle de sommet M est mesuré. Lorsque M parcourt le cercle, l'angle reste droit :

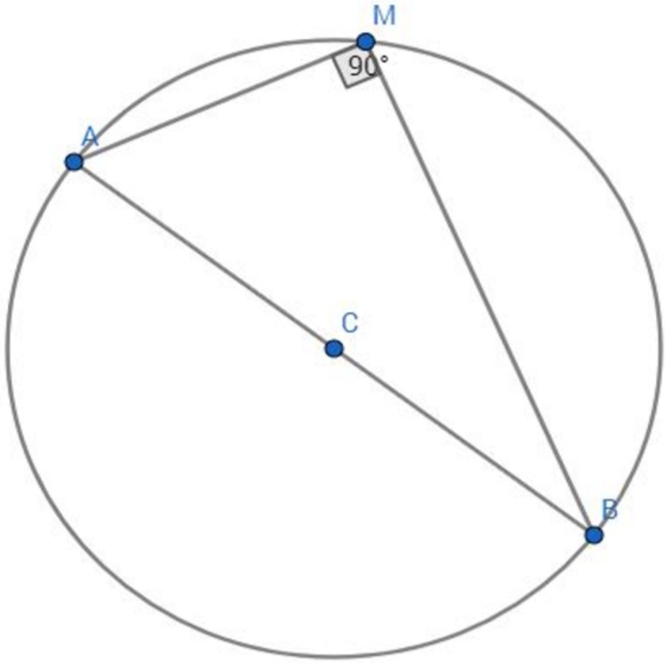


Figure 7 – Lorsque M parcourt le cercle, l'angle reste droit.

(31) De même on dira d'une figure que c'est une construction molle lorsque toutes les hypothèses du théorème qu'elle souhaite mettre en perspective ne sont pas vérifiées. Par exemple, un enseignant propose à un élève la construction de la figure suivante – Voir Figure 8 page 25 – et lui demande « trouvez une position de M à l'extérieur du disque pour laquelle l'angle est obtus ». Dans ce cas on se rend compte que la contrainte « A et B points du cercle diamétralement opposés » est robuste mais celle « M appartient au cercle » ne l'est pas. Ainsi, dans cette situation où M est variable dans le plan, les élèves se rendent rapidement compte que l'angle est aigu lorsque M est à l'extérieur du cercle et obtus lorsque M est à l'intérieur :

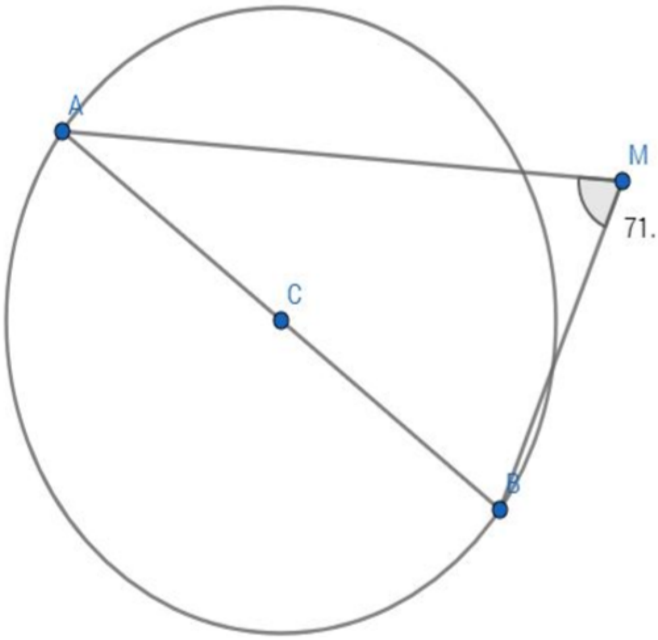


FIGURE 8 – L'angle est aigu lorsque M est à l'extérieur du cercle

(32) Ces deux utilisations du déplacement sont complémentaires. Une construction molle permet en effet de construire une stratégie pour parvenir à obtenir une construction robuste, or le déplacement n'a pas le même rôle dans ces deux types de constructions : « In robust constructions, dependency is demonstrated by the fact that a relationship remains invariant through dragging. During the dragging test attention can move from general to specific as a "family" of Cabri-drawings with the same geometrical make up is produced. In soft constructions, this is not the case. Instead dragging is part of construction not verification and students observe how the dependent property becomes evident at the point in which from the specific during thorough searches for the set of loci in which the given conditions are fulfilled. » (Healy 2000, p.111)

(33) Gousseau-Coutat (2006) s'appuie sur ce type de déplacement pour établir une ingénierie didactique autour de la notion de propriété géométrique au collège. L'objectif de ses travaux est de permettre aux élèves de distinguer les hypothèses de la conclusion d'un théorème, laquelle s'obtient par le déplacement des points de la figure. Il convient ici de noter que cette distinction a également été travaillée par Camargo, Samper et Perry (2007). Dans leurs travaux, les déplacements mous sont utilisés de sorte à faire travailler les étudiants sur un problème ouvert ; ils devaient de cette manière émettre des conjectures et les démontrer. A l'aide de Cabri [7], ils pouvaient ainsi explorer une construction molle et trouver des conditions leurs permettant d'obtenir une propriété donnée. Camargo, Samper et Perry remarquent ainsi que « certains apprenants ont des problèmes à distinguer les hypothèses dans leur conjecture, les propriétés imposées lors de la construction ou obtenues par déplacement mou, de la conclusion, qui est le résultat qui doit être observé après avoir déplacé ».

(34) Ces deux types de déplacements peuvent être parfois confondus puisque les deux sont utilisés pour obtenir une propriété géométrique demandée. Toutefois l'intention avec laquelle ils sont utilisés n'est pas la même. Le déplacement mou implique des attentes par rapport à la configuration à obtenir. L'objectif d'un tel déplacement est d'obtenir une configuration particulière et d'analyser ses caractéristiques.

7. Cabri Géomètre est un logiciel de géométrie dynamique destiné principalement à l'apprentissage de la géométrie en milieu scolaire ; il est commercialisé par la société Cabrilog

2.6.2 Les constructions robustes sont majoritaires dans les pratiques des enseignants

(35) Soury-Lavergne (2006), Restrepo (2008) et Tapan (2006) montrent dans leurs travaux que le déplacement des points d'une figure, activité fondamentale dans l'usage de la géométrie dynamique, n'est évidente ni pour les élèves ni pour les enseignants. Pour illustrer cette difficulté, Restrepo propose l'exemple suivant : « Des élèves de sixième, après plusieurs mois de travail régulier avec la géométrie dynamique, peuvent passer plus de vingt minutes à tenter de façon infructueuse de placer un point sur un segment, à exactement 1,11 cm d'un autre point. Ils procèdent de la façon suivante. Avec l'outil point, ils placent un point perceptivement sur le segment, puis mesurent la distance entre les deux points. Si la mesure n'est pas 1,11 cm, ils suppriment le point et recommencent, sans chercher à déplacer le point construit ! ». De la même manière Soury-Lavergne (2006) note que les élèves qui reconnaissent que la propriété géométrique voulue est perdue, cherchent à « fixer mécaniquement les points plutôt qu'à utiliser la bonne relation géométrique ». Ces constatations nous indiquent que le déplacement n'est pas immédiatement mobilisable par ses utilisateurs pour résoudre des problèmes de géométrie dynamique. Son instrumentation ne devient utile à l'enseignement des mathématiques qu'au cours d'un processus d'apprentissage que doivent accompagner les enseignants. Or pour les enseignants cette question de l'instrumentation du déplacement demeure complexe. En effet, au-delà de s'approprier la technologie nécessaire à la construction des figures et à la résolution de problèmes ils doivent également organiser les conditions de l'apprentissage par le biais de cette technologie. En ce sens, Restrepo (2011) note que le déplacement peut avoir plusieurs fonctions dans une situation d'enseignement :

> « (1) le déplacement permet de constater et illustrer une propriété mathématique conservée lors du déplacement des points de la figure, (2) le déplacement permet de conjecturer une propriété lorsqu'il permet d'ajuster de différentes façons la figure pour obtenir la réalisation simultanée des hypothèses et de la conclusion de la propriété ou encore (3) le déplacement permet de valider ou d'invalider une construction. »

(36) Or, les travaux de Ruthven (2008) ont permis de mettre en évidence que l'usage de la première fonction, que l'on associe aux constructions robustes, dominait nettement dans les pratiques des enseignants. Ce constat semble s'expliquer du fait que les constructions robustes apportent – selon le point de vue des enseignant interviewés – une « plus-value à l'enseignement de la

géométrie ». Pour les enseignants, les constructions robustes procurent non seulement un gain de temps et de précision par rapport à un traitement en papier-crayon mais elles permettent également une implication plus immédiate des élèves qui sont amenés à découvrir les propriétés par eux-mêmes. Les constructions robustes sont utilisées pour introduire ou illustrer un théorème, à partir de figures toutes faites ou bien de figures réalisées par les élèves en suivant des instructions détaillées.

(37) Les questions qui se posent à propos des constructions robustes sont essentiellement du côté de l'incertitude et du contrôle des élèves. En effet, dans le cas d'une figure utilisée pour illustrer un théorème, lorsque les élèves déplacent les points de la figure, ils ne savent pas ce qu'ils doivent observer et l'incertitude porte sur ce qu'ils cherchent. La difficulté nous dit Soury-Lavergne (2011), est alors « qu'ils n'ont pas de moyen de savoir pas eux-mêmes s'ils ont bien vu ou pas ». Ceci connote une dépendance à l'enseignant pour savoir si ce qu'ils ont observé est bien ce qui était remarquable et attendu : « Le contrôle est du côté de l'enseignant » (Soury-lavergne, 2011). Dans le cas de la construction d'une figure robuste les élèves savent ce qu'ils doivent obtenir, à savoir une figure dont les caractéristiques se conservent par déplacement. Dans cette situation les apprenants ont le moyen de savoir s'ils ont réussi l'exercice demandé, indépendamment de l'enseignant : l'incertitude porte sur les moyens à mettre en œuvre pour construire une telle figure, de ce fait le contrôle est alors du côté des élèves.

(38) On notera par ailleurs que de manière théorique Laborde et Capponi (1994) avaient montré dans leurs recherches l'intérêt des constructions robustes pour l'enseignement des mathématiques et ce dès l'apparition de la géométrie dynamique, nous reviendrons par la suite sur ce point. L'intérêt des constructions robustes pour l'enseignement est ainsi bien établi, en particulier pour la découverte et l'illustration de théorème et la conjecture (Tapan 2006). Ce constat marque un premier invariant historique dans les pratiques d'enseignement relatives à la géométrie dynamique.

2.7 Premiers repères

(39) Nous avons établi dans cette partie quelques faits et constats historiques. Ces faits, soulignent d'une part l'évolution rapide des programmes et des prescriptions, notamment entre 2002 et 2016, et d'autre part la tendance des pratiques en matière de constructions robustes. On constate une résistance à l'intégration des nouvelles prescriptions par une partie du corps enseignant qui montre des difficultés à faire évoluer son « mode habituel d'enseignement » (Tapan, 2006). L'intégration de la géométrie dynamique dans l'enseignement traverse une phase d'innovation importante qui pour le moment « empêche de poser de façon efficace les problèmes d'intégration » (Lagrange & Dedeoglu, 2009). Il y a donc une évolution dans les pratiques, une évolution dans les productions, une évolution dans les démarches d'enseignements. Cette évolution, nous constatons qu'elle s'engage dans une tendance forte en direction des constructions robustes : une construction où le déplacement permet de constater et illustrer une propriété mathématique conservée lors du déplacement des points de la figure. Ces premières considérations, au-delà de révéler un invariant fort dans les pratiques actuelles, nécessitent désormais un approfondissement théorique. En ce sens, il convient désormais d'étudier quelques travaux majeurs de didactique relatifs à l'utilisation des logiciels de géométrie dynamique : que révèlent-t-ils de fondamental au sujet des pratiques enseignantes ? Quels moyens sont mis en place pour évaluer les qualités d'une production ? D'une activité ?

3 Apports théoriques

3.1 Distinction figure-dessin

(40) Nous reviendrons dans un premier temps sur la distinction figure-dessin. Cette distinction, introduite par Laborde et Capponi (1994) est en effet fréquemment reprise dans de nombreux travaux qui serviront par la suite de support à notre propos.

(41) Laborde et Capponi (1994) marquent une distinction entre le dessin et la figure de la manière suivante : « En tant qu'entité matérielle sur un support, le dessin peut être considéré comme un signifiant d'un référent théorique (objet d'une théorie géométrique comme celle de la géométrie euclidienne ou de la géométrie projective). 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 de deux termes, le premier terme étant le référent, le deuxième étant un des dessins qui le représente ; le deuxième terme est pris dans l'univers de tous les dessins possibles du référent. »

(42) Il faut ici comprendre que le dessin correspond donc au sens large à tout type de trace laissée par un outil sur un support graphique ; Rigaut (2013) précise ainsi qu'il peut s'agir « d'une trace laissée par un bâton dans le sable, d'une trace laissée par un crayon sur un papier, d'une trace laissée sur un écran d'ordinateur au moyen d'un logiciel de géométrie dynamique… ». La figure est quant à elle un objet abstrait. La figure n'est nommable que par déduction de règles géométriques. La figure, est une construction de l'esprit, un « objet idéal » (Rigaut, 2013). La figure peut être décrite par un texte, une formulation, un énoncé des propriétés qui la caractérisent – ex. un carré possède 4 côtés égaux et 4 angles droits – là où le dessin n'en est qu'une représentation.

(43) Dans la figure suivante (extrait des travaux de Rigaut, 2013) on observe des dessins de différentes natures ainsi que la mise en évidence des différentes propriétés géométriques de la figure que l'on nomme « carré ».

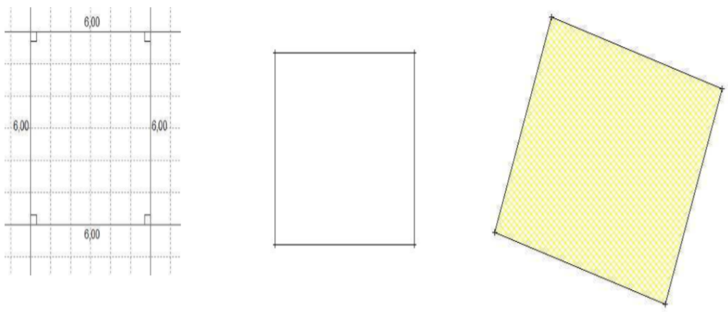


FIGURE 9 – Déclinaison figure-dessin du carré, extrait des travaux de Rigaut (2013)

(44) Rigaut (2013), note que « l'accès à l'interprétation d'un dessin comme une figure, caractérisée par des propriétés géométriques identifiées, n'est pas immédiat. Il constitue un enjeu essentiel de l'enseignement de la géométrie à l'école primaire ». En effet, il est nécessaire que l'enseignant fasse cette distinction entre dessin et figure : la notion de figure géométrique doit en effet persister comme une construction intellectuelle, qui demande une prise de connaissance progressive par ses apprenants.

(45) Comme Martin (2010) le note justement « il n'y a que des réalisations successives de dessins d'une seule figure géométrique ». Or, les interprétations pouvant être attribuées à un dessin varient selon les connaissances mathématiques du sujet qui les emploie, mais également selon la nature du dessin et de sa représentation. C'est de cette variété de productions et de représentations que les ambigüités peuvent survenir et engendrer des problèmes d'interprétation : « des informations qui sont vues ne sont pas forcément des propriétés de l'objet géométrique représenté » (Restrepo, 2008).

(46) La distinction entre dessin et figure est donc un point essentiel dans le parcours des apprenants. Et pourtant « l'acte qui consiste à se détacher du dessin pour pouvoir accéder à la figure est une vraie difficulté et ce passage ne se fait pas de manière naturelle » (Restrepo, 2008). Les apprenants doivent apprendre à faire une telle distinction : quelles propriétés de la figure théorique peuvent être réellement « lues » sur le dessin, et lesquelles ne sont que des propriétés « spatiales » du dessin qui n'interviennent pas directement dans les conjectures et hypothèses. A ce propos le *Groupe de Réflexion Pédagogique maths 10* (2015) nous rappelle que parmi les compétences communes aux trois types de géométrie – géométrie instrumentée sur papier / *géométrie dynamique* / géométrie mentale – on retrouve : « faire évoluer chez les élèves le statut de la figure géométrique, en dépassant le simple dessin géométrique aux instruments ». De même, dans un rapport datant de 2008 nommé « Utilisation des outils logiciels dans l'enseignement des mathématiques », le Ministère de l'Education Nationale note (page 44), à propos des pratiques qui « semblent les plus porteuses » que « les logiciels de géométrie dynamique contribuent à la construction d'images mentales (on déforme, on fait tourner. . .), et au passage progressif du *dessin à la figure*, cette dernière ayant un caractère générique que le dessin ne peut avoir ».

(47) Les pratiques autour des logiciels de géométrie dynamique doivent donc intervenir dans cette transition conceptuelle de l'apprenant qu'est la distinction dessin-figure. Pour la suite de ce travail nous retiendrons le cadre théorique proposé par Athias (2013) à propos de cette distinction dans le cadre des logiciels de géométrie dynamique : si la construction à l'écran est définie à partir des propriétés géométriques, nous considérons dans ce cas que c'est une figure, si la construction est faite sans déclarer les propriétés géométriques adéquates, ce sera dés lors un dessin. Cette distinction est importante, car comme Athias (2013) le fait remarquer : « Le contrôle de cette différence de statut passe par le déplacement : le déplacement des points déplaçables donne à voir différentes représentations graphiques qui possèdent les mêmes propriétés dans le cas de la figure. A contrario, si la représentation graphique obtenue à l'écran au cours du déplacement des points ne conserve pas les propriétés attendues, il s'agit d'un dessin ».

3.2 Evaluation de la qualité d'une ressources

(48) Nous considérerons ici la proposition de grille d'analyse pour l'évaluation de la qualité des ressources de géométrie dynamique que propose Jean-Michel Baudoin dans son travail de mémoire (2009). Dans le cadre de ses travaux, Baudoin a été amené à utiliser la plateforme *Intergéo*, un projet intercommunautaire de partage des ressources reposant sur une stratégie de généralisation des usages. Le projet Intergéo – démarré en Octobre 2007 – propose de fait aux enseignants européens du secondaire en mathématiques des ressources éducatives – fiches, exercices, productions d'enseignants – libres d'utilisation et adaptables à de nombreux contextes.

(49) Face au constat de la faible intégration des TICE dans les pratiques enseignantes, Baudoin s'interroge sur la légitimité des productions qui émergent de la communauté enseignante, principalement en termes de qualité et de potentialité. Il s'interroge notamment sur le fléchage de la qualité des ressources : « Comment évaluer la qualité d'une ressource de géométrie dynamique ? ». De même, il s'interroge sur l'amélioration des ressources proposées, ou « étude des processus d'éligibilité d'une ressource par un enseignant » : « Quelles caractéristiques des ressources sont considérées par les enseignants comme importantes pour le choix, l'adaptabilité ? Quels éléments contribuent à faciliter leur mise en œuvre dans les classes ? ».

(50) Ces interrogations trouvent des points communs à notre problématique initiale, elles interrogent les pratiques et permettent une mise en perspective d'invariants au sein de la communauté enseignante. Pour y répondre, Baudoin s'est donc appliqué à développer une grille d'analyse pour l'évaluation de la qualité des ressources pédagogiques ; il s'est pour cela appuyé sur la théorie des situations didactiques de Brousseau, la théorie anthropologique de la didactique de Chevallard et la théorie de la génèse instrumentale de Luc Trouche. S'appuyant sur ces différents cadres théoriques et travaux cités, Baudoin se demande :

➢ Quels sont les éléments d'une ressource de géométrie dynamique pouvant contribuer à sa qualité ?

➢ Quels sont les éléments d'une ressource sur lesquels un enseignant s'appuie pour la sélectionner ou non ?

➢ Quels sont les éléments d'une ressource pouvant faciliter son appropriation par un enseignant ?

(51) A partir des différentes dimensions théoriques retenues pour son hypothèse de recherche, Baudoin établit alors un questionnaire sous la forme d'une grille [8] où « chacune de ces dimensions sera associée à un ou plusieurs critères permettant de la décrire ». Il propose ensuite une mise à l'épreuve de ces grilles par des enseignants volontaires pour mesurer la qualité de différentes ressources. Ce questionnaire s'organise selon 3 axes majeurs qui sont : les contenus, les potentialités ajoutées par l'environnement dynamique, la mise en œuvre didactique.

(52) La partie qui s'intéresse aux contenus doit permettre d'évaluer la ressource en tant qu'activité mathématique mais également en tant qu'activité instrumentée. Baudoin se pose entre autres les questions suivantes :

➢ Y a-t-il adéquation entre l'activité et les objectifs annoncés ?

➢ Le contenu mathématique est-il correct ?

➢ La figure dynamique est-elle cohérente avec les tâches prescrites ?

➢ La gestion des positions et cas limites est-elle mathématiquement acceptable ?

(53) La partie relative aux potentialités propose d'évaluer comment la ressource exploite les différentes possibilités offertes par la géométrie dynamique. L'enseignant doit pouvoir « percevoir la valeur ajoutée de la géométrie dynamique et notamment comment elle contribue à la transformation et l'amélioration des situations d'apprentissage par rapport à l'environnement papier-crayon d'une part, puis d'autre part, comment elle contribue à atteindre l'objectif d'apprentissage visé ». Baudoin s'interroge par exemple :

➢ La géométrie dynamique est-elle un amplificateur visuel du fait qu'elle améliore la qualité graphique et la précision des tracés de figures ?

➢ Le déplacement sert-il à illustrer une propriété géométrique de la figure : déplacer et observer une propriété donnée qui est conservée au cours du déplacement ?

8. Un exemple de ces grilles est présenté dans Annexes : figures 25, 26 et 27

➢ Le déplacement sert-il à conjecturer des relations géométriques : déplacer et observer si une propriété supposée résiste au déplacement ?

(54) Enfin, la partie de la grille à propos de la mise en œuvre didactique s'interroge sur le découpage de la séance, l'organisation des échanges entre les différents acteurs et la direction des débats. Baudoin note en effet que « les alternances papier-crayon / machine (les élèves ont souvent du mal à gérer cette complémentarité) et les différentes phases de mise en commun » sont des points importants à prendre en compte dans l'évaluation de la qualité d'une ressource. Cette partie doit donner une « indication des répartitions des tâches » et permettre de répondre à la question « qui fait quoi ? Et quand ? ».

➢ La ressource propose-t-elle un découpage de la séance ?

➢ Les rôles / actions de l'enseignant et des apprenants sont-ils précisés ?

➢ Les alternances papier-crayon / machine sont-elles précisées ?

(55) La pertinence des questions, soutenue par une importante analyse théorique de qualité, nous engage dès lors à extraire des grilles proposées par Baudoin des questions qu'il conviendra de se poser pour déceler des formes d'invariants entre les productions. On pourra par exemple s'interroger si les activités proposées sont majoritairement ou minoritairement en adéquation avec les contenus mathématiques prescrits ? Si les ressources proposent majoritairement ou minoritairement un découpage de la séance ? Nous reviendrons par la suite sur le choix de ces questions dans le cadre de cette étude.

3.3 Le modèle de Ruthven & Hennessy

(56) Certaines recherches ont par le passé entrepris d'étudier les pratiques des enseignants utilisant les TICE à l'aide de modèles. En ce sens, Ruthven et Hennessy (2002) s'intéressent à la manière dont un enseignant peut concevoir « une utilisation réussie des TICE » dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques. Ils cherchent ainsi dans leurs travaux à organiser les attentes du corps enseignant en modèle. Notons qu'il s'agit bien ici d'un modèle des attentes et non des pratiques. Ce modèle est toutefois intéressant car les attentes ou « thèmes » qui l'organisent sont parfois révélateurs des pratiques effectives enseignantes, comme les travaux de Dedeoglu (2006) en témoignent : « un modèle de ces attentes doit nous permettre d'une part de situer les potentialités perçues a priori par l'enseignant et d'autre part de les confronter à leur actualisation plus ou moins aboutie dans la classe ».

(57) Ruthven et Hennessy (2002) s'interrogent sur la fiabilité des approches afin de décrire un « modèle d'enseignant utilisateur des TICE ». Procédant par enquête, les chercheurs font le choix de prendre en compte deux orientations théoriques : l'approche naturaliste et l'approche socioculturelle psychologique.

(58) Dans la première, l'enseignant est vu comme une source nécessaire et essentielle pour construire une théorie. Suivant cette approche, seules les pratiques de l'enseignant sont observées pour construire des modèles. Dans la seconde, les chercheurs s'intéressent aux interactions lors des échanges en classe. L'objectif de leur enquête est en somme davantage l'étude de l'enseignement que de l'enseignant : il ne s'agit donc pas d'émettre un modèle définitif mais d'initier un modèle pouvant servir aux recherches futures. Les individus ainsi enquêtés sont constitués d'enseignants de mathématiques d'une dizaine d'établissements scolaires secondaires d'une « unité géographique ».

(59) Les auteurs exposent dans leur étude les interviews groupées qu'ils ont organisées et à partir desquelles ils tentent à répondre à la question : « comment les enseignants voient-ils une pratique des TICE réussie ? ». Les enregistrements de ces interviews ont été transcrits et transférés dans un système informatique de traitement de données afin d'obtenir différentes catégories, ou « thèmes ». De cette manière, Ruthven et Hennessy ont identifié 10 thèmes spécifiques puis ont analysé leurs différentes relations, les thèmes marginaux ayant été éliminés au profil de thèmes opérationnels reflétant les idées centrales des enseignants.

(60) L'analyse statistique de ces données a en particulier montré des liens entre les thèmes. Il émerge ainsi une organisation systémique de différents thèmes qui produit un modèle d' « utilisation réussie des TICE dans les représentations des enseignants ». La figure ci-dessous expose ces thèmes et leurs liens significatifs. Dans ce diagramme, chaque pourcentage représente la proportion de « l'incidence et la coïncidence » entre deux thèmes :

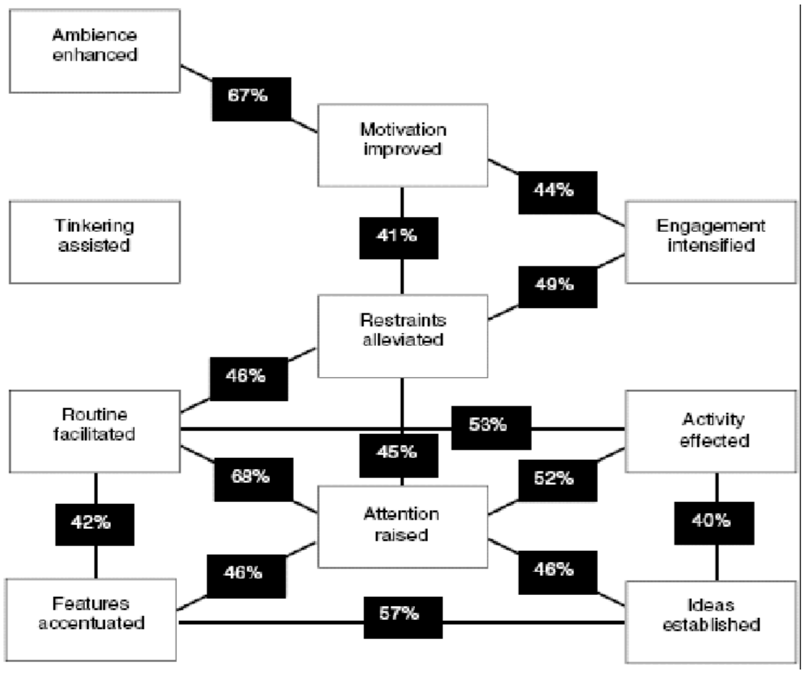


FIGURE 10 – Modèle de Ruthven et Hennessy (2002)

On note ainsi que quatre thèmes sont relatifs aux apports effectifs des TICE :

➢ « Ambience enhanced » : qui correspond à l'amélioration de l'ambiance apportée par le changement de l'activité en classe.

➢ « Tinkering assisted » : qui correspond à l'exploration assistée utile au processus d'essai-erreur.

➢ « Routine facilitated » : c'est-à-dire la « routine facilitée » qui permet de réaliser des tâches avec facilité, rapidité et efficience.

➢ « Features accentuated » : ou « caractéristiques accentuées », qui fournissent des images dynamiques et des effets marquants qui attirent l'attention des apprenants sur des propriétés et des relations entre les objets de l'activité.

De même, trois thèmes sont liés « par lien » aux thèmes précédents :

➢ « Motivation improved » : ou la « motivation améliorée » qui se révèle en produisant de l'intérêt et de la satisfaction chez les élèves et en « leur donnant confiance ».

➢ « Restraints alleviated « : les « contraintes allégées », c'est-à-dire l'économie de l'investissement des élèves dans des tâches laborieuses en crayon et papier et la minimisation du risque d'erreur.

➢ « Attention raised » : l'« attention accrue » obtenue par les conditions nécessaires pour que les élèves se concentrent sur la tâche.

Trois thèmes eux-mêmes liés aux précédents :

➢ « Engagement intensified » : l'« engagement intensifié », c'est-à-dire le souhait que les élèves aient davantage de persévérance et d'initiative dans l'activité en classe.

➢ « Activity effected » : produire une « activité plus efficace » en maintenant la productivité des élèves.

➢ « Ideas established » : l'« acquisition des notions », le fait qu'une concentration accrue sur des notions facilement visualisées permette le développement de la compréhension de l'élève.

Enfin, Ruthven et Hennessy lient deux thèmes « pédagogiques » aux thèmes précédents :

➢ « Investigation promoted » : la « recherche favorisée » relative à l'action de recherche d'une activité.

➢ « Consolidation supported » : c'est-à-dire la « consolidation soutenue », ce thème inclue les parties pratique, le renforcement et les révisions.

(61) Ruthven et Hennessy proposent ainsi un schéma générique synthétisant les principaux éléments pour rentre compte de la manière dont un enseignant conçoit l'utilisation des TICE dans ses pratiques. Rappelons toutefois que ce modèle n'est « pas définitif » mais bien expérimental comme le précisent ses auteurs.

(62) Les différents thèmes qui forment ce modèle peuvent être vus comme des « attentes » des enseignants par rapport aux TICE. Ce modèle constitue donc une référence de qualité pour notre problématique et il conviendra dans la suite de notre propos d'identifier les thèmes remarquables dans les propos des enseignants et leurs articulations effectives dans le contexte de la classe.

3.4 Usages de la géométrie dynamique par des enseignants de collège : des potentialités à la mise en œuvre

(63) L'interprétation des observations grâce au modèle de Ruthven et Hennessy aide à comprendre le fonctionnement des attentes des enseignants lors des pratiques effectives. Dans ses travaux de 2006, Dedeoglu revient sur les apports de ce modèle afin de situer le « monde des attentes » des enseignants et de le différencier du « monde des potentialités » de manière à contribuer à l'élaboration de nouvelles pistes pour l'amélioration de la formation des enseignants aux technologies. Dans ses travaux – qui sont un prolongement de recherche de Ruthven et Hennessy –, Dedeoglu étudie ainsi le cas de la géométrie dynamique au collège en France. Il observe des décalages successifs dans les discours de la recherche didactique, dans les instructions officielles ainsi que dans les manuels ; en particulier, il distingue dans les propositions de ces derniers deux types d'usages qu'il s'applique à observer sur deux enseignants pratiquants chacun un des types.

(64) Dedeoglu observe que l'usage des technologies pour l'enseignement implique pour l'enseignant non averti des efforts et des difficultés tant sur le plan didactique que sur le plan de la gestion des moyens : « L'enseignant usager est en effet confronté à l'obsolescence des praxéologies auxquelles il avait recours sans la technologie il doit adapter ses stratégies d'enseignement et il doit assurer une gestion plus complexe ».

(65) Le chercheur s'intéresse ici au cas d'enseignants usagers pour lesquels ces « efforts » ne sont justifiables que si la technologie est perçue comme susceptible d'aider à la réalisation de « souhaits ou d'aspirations » concernant leurs pratiques d'enseignement. Il considère en ce sens, au même titre que Ruthven et Hennessy, que ces enseignants ont « certaines attentes » vis-à-vis de la technologie. L'hypothèse initiale de ses travaux est que ces « attentes » sont « marquées par des préoccupations vis-à-vis de l'exercice du métier d'enseignant, davantage que par une réflexion didactique sur les outils informatiques ».

(66) Afin de valider cette hypothèse, Dedeoglu cherche à mettre en évidence un écart entre les potentialités qui découlent de cette réflexion et les avantages que l'enseignant attend des usages et formule deux hypothèses plus spécifiques. La première sous-hypothèse porte sur les discours relatifs aux usages de la technologie – de la recherche, des instructions officielles et des manuels–.

Ces discours « noosphériens » orientent les usages mais ils en sont aussi le reflet, Dedeoglu note par exemple que « les manuels ne peuvent pas proposer des usages trop en rupture avec les pratiques dominantes ». Ces discours sont donc utiles à l'analyse des usages, en particulier concernant les rôles respectifs de l'analyse didactique et des attentes. On note en effet que le discours de la recherche privilégie l'analyse didactique, alors que les manuels prennent en compte les attentes de l'enseignant : les instructions officielles occupent dès lors une position intermédiaire. Dedeoglu suppose que des « décalages successifs doivent pouvoir s'observer d'un discours à l'autre, permettant de bien caractériser l'écart entre potentialités et attentes ».

(67) La seconde sous-hypothèse est que les enseignants usagers considèrent les apports des outils informatiques en fonction des attentes qui se situent sur un plan pédagogique, en ce sens ils ne prennent que peu en compte les contraintes et effets didactiques de ces outils, ce qui entraine des difficultés de mise en œuvre et est à l'origine d'un décalage entre leurs attentes et la réalisation effective.

(68) Les travaux du chercheur s'appuient sur deux recueils de données : le premier est constitué des discours « noosphériens » sur la technologie et le second d'un panel de situations d'usage en classe ordinaire. Nous nous intéresserons ici aux seconds recueils de données et à ses apports par rapport à notre problématique. Dedeoglu considère ainsi qu'un « panel restreint d'enseignants » afin de caractériser les usages qu'ils développent. Notons que dans sa thèse, la méthodologie d'observation comporte des entretiens préalables et postérieurs aux séances observées. De même, l'observation de séances en classe a porté essentiellement sur le professeur, les tâches qu'il attribuait à ses élèves ainsi que son activité lors de la séance ; les enseignants décidaient eux-mêmes des utilisations de la technologie.

(69) Dedeoglu rapporte et analyse ainsi les observations et dresse un profil comparé de 2 professeurs – nommé Anne et Bruno dans la thèse –, chacun ayant un type d'usage et disposant de moyens informatiques satisfaisants. Dans la suite de notre propos nous nous attacherons à énoncer les faits prééminents qui ressortent de ces observations sans toutefois s'attarder sur le détail du profil personnel des enseignants et leur historique professionnel.

3.4.1 La classe d'Anne

(70) Anne enseigne dans deux classes de 5e et prévoie des utilisations en salle de classe et en salle informatique. Lors du premier entretien – avant les séances observées – Anne met l'accent sur « la facilité et la rapidité d'obtention des figures dans l'environnement de géométrie dynamique par comparaison avec l'environnement papier/crayon ». En particulier, elle insiste sur la qualité du graphisme et la précision des figures obtenues sur ordinateur, soulignant ainsi que les créations d'objets géométriques sont pilotées par des menus où les primitives apparaissent avec le vocabulaire mathématique. De plus, Anne centre son travail particulièrement sur la possibilité de montrer des invariants aux élèves en « mettant en relation le déplacement avec la facilité d'obtention d'une multitude de configurations et la rapidité des tracés ». Sans revenir sur les raisons des observations de Dedeoglu, notons que le chercheur remarque que dans la séance organisée par Anne « l'itinéraire cognitif prévu pour les élèves faisait passer de tâches de construction à des tâches d'observation/rédaction et finalement à une décontextualisation des observations sous forme de résultat mathématique ». Selon cette enseignante, les tâches de construction sont donc perçues comme « peu problématiques ». Anna voit les autres tâches comme « plus mathématiques », mais ne s'y implique pas, comme si ces tâches « prenaient en elles-mêmes leur sens pour les élèves ».

3.4.2 Une seconde classe d'Anne

(71) Comme dans la séance précédente, Anne n'a pas prévu que le déplacement rétroagisse sur la construction. L'enseignante est consciente du fait que sa séance en 5e ne correspond pas à « ses attentes » puisqu'elle change l'organisation générale de cette seconde classe. Anne ne « tire pas parti autant qu'elle l'aurait pu du déplacement », elle encourage les élèves à « observer » sans insister sur le déplacement pourtant supposé soutenir l'observation. Dedeoglu note que « les potentialités du déplacement sont ainsi présentes dans la fiche mais ne sont pas exploitées par l'enseignante lors de ses interventions ». La réalisation effective des séances avec les TICE pendant cette année scolaire contraste donc assez avec ce que Anne avait projeté dans ses déclarations.

3.4.3 La classe de Bruno

(72) L'enseignant privilégie l'utilisation d'un logiciel de géométrie dynamique avec vidéo-projection. Il précise dans son premier entretien ses attentes de la géométrie dynamique. Nous reprenons ici ses déclarations :

➢ Déplacement pour la visualisation des propriétés géométriques : « Ça permet d'avoir une activité dynamique. Dans la démonstration de Pythagore, il y a un ensemble de figures pour montrer que les aires de triangles sont conservées, et je déplace un point... c'est l'aspect visuel actif de la chose »

➢ Facilité d'obtention de mesure des longueurs : « Le deuxième aspect, c'est tout ce qui est mesure. Par exemple pour Thalès, la figure est donnée, on voit tout de suite des longueurs qui sont affichées, les élèves après calculent les rapports... »

➢ Richesse de tracés : « L'autre aspect, c'est la variété des figures, par exemple pour le cercle circonscrit, les droites qu'on va faire dans le triangle. »

(73) Dans ses propos Bruno souligne le « gain de temps et d'efficacité » ainsi que les possibilités de visualisation que lui permet son usage de la géométrie dynamique. Au contraire de Anne, Bruno accorde une importance particulière à l'organisation de « l'espace de travail et à la visualisation des propriétés de façon à ce que les élèves restent concentrés sur l'enjeu mathématique de la séance ».

3.4.4 Synthèse de travaux de Dedeoglu

(74) Dedeoglu montre dans ses travaux que les manuels et prescriptions considèrent deux grands types d'usage la géométrie dynamique : « comme environnement d'étude de l'élève » et « au service de l'enseignement ». Or chacun des deux professeurs observés par le chercheur développe l'un de ces types d'usage *à l'exclusion de l'autre*. L'étude de leurs déclarations et pratiques met en évidence leurs attentes respectives vis-à-vis de ces types d'usage et la façon dont elles s'organisent en système sur le modèle de Ruthven et Hennessy. En rassemblant les attentes repérables dans les systèmes de ces deux professeurs, Dedeoglu assure « retrouver la quasi-totalité des thèmes du modèle RH ». Les systèmes d'attentes d'Anne et de Bruno sont bien distincts. Celui d'Anne est « plus riche et trouve sa cohérence dans l'aspiration de l'enseignante à l'implication des élèves » alors que le système de Bruno privilégie l'acquisi-

tion des notions via la concentration de ses élèves sur des points observables préparés à l'avance.

(75) En conclusion de son travail, Dedeoglu précise que les usages observés apparaissent décevants par rapport à un objectif d'intégration et « ne semblent pas ouvrir de voie en direction de cet objectif ». Cependant, ils lui ont permis de mettre en évidence le « monde des attentes des enseignants » et d'en formuler une spécification par rapport au monde des potentialités de l'analyse didactique. Cet apport théorique important viendra supporter notre recherche d'invariants dans les usages. Il conviendra en particulier de chercher à exploiter les deux grandes catégories d'usages définies par Dedeoglu.

3.5 Bilan des apports théoriques et perspectives méthodologiques

(76) Ces apports théoriques sont essentiels pour la suite de notre propos ; ils permettent d'orienter la méthodologie relative au recueil des données qui seront nécessaires pour soutenir notre hypothèse initiale. Par la suite, il conviendra en effet de proposer une méthodologie cohérente afin de collecter des données objectives et représentatives. En ce sens, les apports théoriques précédemment abordés permettent de poser les fondements de cette méthode. Ils orientent les interrogations futures et les choix dans les procédés à employer pour collecter des données pertinentes.

(77) Nous ne proposons pas ici l'application de ces apports théoriques dans l'élaboration méthodologique du recueil de données et réservons ces explications à la partie « méthodologie » de notre propos. Il convient ici de rappeler ce qui sera essentiellement retenu pour la suite de ce travail sans cependant rentrer dans des détails.

(78) Ainsi, il conviendra dans un premier temps, de s'interroger sur la mise en perspective de la distinction dessin-figure dans les pratiques : Retrouve-t-on dans les usages des invariants relatifs à cette distinction nécessaire dans le parcours de l'apprenant ? Comment les enseignants s'emploient-ils à introduire cette notion ? Existe-t-il des similarités dans les approches et dans la conception des activités produites dans cet objectif ? Comment les enseignants perçoivent-ils cette distinction ?

(79) Nous nous inspirons de même des travaux de Baudoin (2009) et des grilles d'évaluation qu'il a élaborées pour interroger les pratiques enseignantes. Sur les contenus proposés par les enseignants, nous nous demanderons : s'ils sont en adéquation avec les instructions officielles et dans quelles proportions ? S'ils sont mathématiquement corrects ? Si la figure dynamique est cohérente avec les tâches prescrites ?

(80) Sur la mise en œuvre didactique, il conviendra de se demander si les enseignants proposent systématiquement un découpage de séance et une nouvelle fois dans quelle proportion ? Si la ressource produite prévoit toutes les stratégies possibles des apprenants ? Si la ressource mentionne les rétroactions possibles à l'action à l'apprenant ?

(81) Enfin, nous interrogerons de même les potentialités de la géométrie dynamique et procéderons au recueil d'avis émergeants des enseignants qualifiés. En ce sens, les grilles d'évaluations produites par Baudoin (2009), viendront donc supporter et enrichir le questionnaire que nous proposerons aux enseignants ; nous exposerons les modalités de ce questionnaire par la suite.

(82) Par ailleurs, nous nous appuierons sur le modèle de Ruthven et Hennessy (2002) ainsi que sur les travaux de Dedeoglu (2006) pour interroger les pratiques effectives, mais également les « attentes » des enseignants consultés. Sur la base de ces travaux, nous interrogerons les apports effectifs sur fond d'analyse des quatre thèmes proposés par Ruthven et Hennesy : « Ambience enhanced », « Tinkering assisted », « Routine facilitated » et « Features accentuated ». De même et sans le citer, nous tacherons de produire des questions en lien avec les 6 autres thèmes du modèle. Enfin, en nous appuyant sur les travaux de Dedeoglu (2006), nous nous interrogerons sur le « monde des attentes », le « monde des potentialités », sur leurs différences remarquables, ainsi que sur les deux grands types d'usage la géométrie dynamique proposés par le chercheur : « comme environnement d'étude de l'élève » ou « au service de l'enseignement ».

4 Recueil de données : méthodologie

(83) Il convient dans cette partie d'illustrer la méthodologie qui a été choisie afin de collecter des données nécessaires à l'appui des propositions précédemment citées dans les apports historiques et théorique. Cette méthode sera dans un premier temps exposé, il conviendra de détailler ses objectifs, ses avantages et ses contraintes. Nous exposerons ensuite les résultats produits puis discuterons de leurs apports dans le contexte de cette étude.

4.1 Choix de la méthode

(84) Dans un souci d'objectivité il est apparu plus intéressant d'effectuer une enquête directement auprès d'enseignants ayant intégré dans leurs pratiques des logiciels de géométrie dynamique. Il avait dans un premier temps été décidé la réalisation d'une analyse qualitative d'une certaine quantité de productions extraites du web où directement partagées par des enseignants préalablement contactés. Ainsi, il avait entre autre été convenu avec Yvan Monka que nous pourrions citer et partager librement l'ensemble de ses productions mises à disposition sur son site personnel [9] dans le cadre de ce travail. Toutefois, les analyses qualitatives de ces productions posaient un problème d'objectivité : sur quels critères analyser ces productions ? Comment établir des échelles de valeurs pour classer, catégoriser ces productions ? Comment, et cela est fondamental, exploiter ces productions de manière à produire des réflexions, des apports suffisamment représentatifs pour appuyer les proposions précédemment établies – sur la prédominance des figures robustes par exemple – ?

(85) Face à ces contraintes, il a donc été convenu qu'un formulaire d'enquête à destination d'un public clef et construit sur la base de questions cibles conviendrait davantage. Le formulaire suivant a ainsi été diffusé, nous reviendrons par la suite sur les modalités de sa diffusion ainsi que sur l'objectifs de chacune de ses questions.

9. Voir Annexes, figure 28

4.2 Le formulaire d'enquête

(86) Le formulaire suivant a été présenté tel quel aux enseignants participants :

❍ case à choix unique ❑ case à choix multiple

Enquête sur les pratiques enseignantes

Sujet :

Ce formulaire est à destination d'enseignants de mathématiques en troisième et quatrième cycle ayant intégré dans leurs pratiques l'utilisation d'un logiciel de géométrie dynamique (Géogebra, Cabri ...). Il s'inscrit dans une démarche de collecte de données nécessaire à un travail de mémoire et de recherche. Ce travail s'inscrit dans une volonté de cerner les attentes et les besoins des enseignants pour réaliser au mieux l'intégration des nouvelles technologies dans leurs pratiques. Votre participation sera déterminante dans la réussite de cette démarche. Je m'engage, en tant qu'orchestrateur de cette enquête, à garantir la pérennité de ces informations et à vous communiquer individuellement les résultats finaux de mon travail.

Questions :

(1) Adresse mail :

(2) Académie :

(3) Vous enseignez :

❑Au troisième cycle (CM1, CM2, 6ème)

❑Au quatrième cycle (5ème, 4ème, 3ème)

(4) Vous enseignez depuis :

❍ Moins de 10 ans

❍ Plus de 10 ans

(4) Logiciel de géométrie dynamique utilisé :

(5) Avez-vous suivi une formation relative à l'utilisation de tels logiciels ?

❍ Oui

❍ Non

(7) Quelle part tient l'usage de la géométrie dynamique dans votre enseignement de la géométrie ?

❍ Moins de 10%

❍ Entre 10% et 20%

❍ Entre 20% et 40%

❍ Plus de 40%

(8) Selon vous, l'usage de la géométrie dynamique est-t-elle, de manière générale, bénéfique à l'apprentissage des notions de géométrie à votre niveau d'enseignement ?

❍ Tout à fait

❍ Plutôt oui

❍ Plutôt non

❍ Pas du tout

(9) Avez-vous des difficultés à trouver des activités pertinentes nécessitant l'utilisation d'un logiciel de géométrie dynamique ?

❍ Tout à fait

❍ Plutôt oui

❍ Plutôt non

❍ Pas du tout

(10) Selon vous, comment décririez-vous dans l'ensemble la satisfaction de vos apprenants lorsqu'ils sont amenés à travailler sur des activités de géométrie dynamique ?

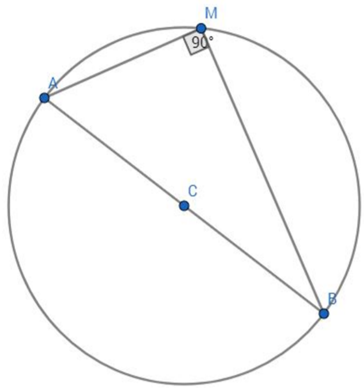
❍ Ils montrent un fort intérêt.

❍ L'intérêt des apprenants est très inégal.

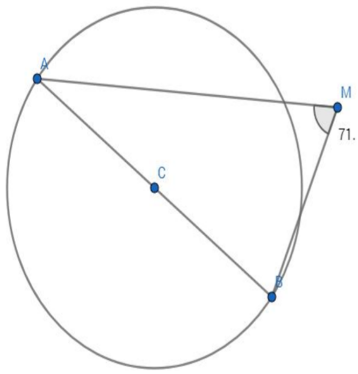
❍ Les élèves ne montrent pas un intérêt particulier.

(11) Deux activités proposées à une classe de collégiens vous sont ici montrées. Chacune des activités répond aux exigences des programmes et aux acquis des apprenants. Dans les deux figures suivantes l'élève doit déplacer le point M (situé au niveau de l'angle droit du triangle), il est ensuite amené à émettre une hypothèse sur une propriété géométrique. Laquelle de ces deux activités vous semble la plus intéressante à mettre en pratique ?

❍ Le point M se déplace uniquement le long du périmètre du cercle. L'angle reste droit lors de ce déplacement.



❍ Le point M est libre. L'angle à ce point est obtus si M est dans le cercle, aigu s'il est à l'extérieur.



(12) Les ressources pédagogiques que vous utilisez dans le cadre des activités de géométrie dynamique proposent-t-elles des alternances papier,crayon / machine ?

❍ Toujours

❍ Plutôt oui

❍ Plutôt non

❍ Jamais

(13) Comment vous assurez vous de la validation d'un exercice, d'une activité, réalisée avec un logiciel de géométrie dynamique par un apprenant ?

❏ Oralement

❏ L'élève me propose une courte démonstration depuis la machine

❏ Par une évaluation à l'écrit

❏ Vous ne vous assurez que rarement de la validation de l'exercice

(14) Selon vous, quels sont les apports les plus importants des activités réalisées à l'aide d'un support logiciel (plusieurs réponses possibles) : ?

❏ Elles améliorent la qualité et la précision des tracés

❏ Elles facilitent les stratégies essai-erreur de vos apprenants

❏ Elles soutiennent l'autonomie et la responsabilité de vos élèves

❏ Elles permettent de présenter des problèmes mathématiques sous différentes représentations

❏ Elles illustrent mieux des propriétés de géométrie grâce au déplacement des points

❏ Elles permettent à vos élèves de conjecturer, d'émettre des hypothèses plus facilement

❏ Elles génèrent une meilleure gestion de la classe

❏ Elles permettent de faciliter l'étude des trajectoires

❏ Elles permettent de travailler plus rapidement que sur support papier/crayon

(15) Selon vous, dans ces activités réalisées à l'aide d'un support logiciel , le déplacement des points sert a :

❍ Illustrer une propriété géométrique de la figure

❍ Conjecturer des relations de géométrie

❍ Observer si les propriétés qui caractérisent une figure résistent aux déplacements

❍ Illustrer le lien entre hypothèse et conclusion

(16) Selon vous, un bon exercice de géométrie dynamique est avant tout :

❍ Un moyen d'améliorer l'ambiance de la classe en proposant une activité originale

❍ Un moyen de réaliser de tâches complexes facilement et rapidement

❍ Un moyen d'attirer l'attention des apprenants sur des propriétés importantes grâce aux effets visuels

❍ Un moyen de donner confiance à vos élèves en produisant chez eux de l'intérêt et de la satisfaction

❍ Un moyen de minimiser les erreurs habituellement produites par l'utilisation du papier/crayon

❍ Un moyen d'obtenir une attention accrue de vos élèves.

❍ Un moyen d'obtenir davantage de persévérance et d'initiative de la part de vos élèves

(17) Qu'attendez-vous des évolutions futures des programmes scolaires ?

❍ Une utilisation accrue de la technologie à l'école

❍ Un maintien des programmes actuels

❍ Une utilisation non systématique de la technologie à l'école

❍ Le retour explicite au support papier et uniquement à ce support

---

4.3 Bases théoriques et objectifs des questions :

4.3.1 Questions (1) à (3) : des renseignements utiles sur l'enseignant

(87) Ces trois premières questions avaient pour objectifs de collecter un minimum d'informations essentielles sur le profil de l'enseignant. Son adresse mail de manière à le contacter pour le tenir informé des résultats de cette enquête comme je m'étais personnellement engagé à le faire dans le sujet du formulaire. Son académie d'origine, car il était initialement prévu de transmettre le formulaire à des listes de diffusion de plusieurs académies, toutefois le formulaire n'a finalement été diffusé qu'à l'académie de Lyon, nous y reviendrons. Le niveau auquel il enseigne, de manière à détecter si une part plus importante d'enseignants d'un cycle ou de l'autre répondait au questionnaire.

4.3.2 Questions (4) à (7) : quelques repères temporels

(88) L'objectif de ces questions était de pouvoir situer le profil de l'enseignant dans le contexte de l'évolution des programmes. On sait par exemple que les enseignants sont aujourd'hui encouragés systématiquement à se former à l'utilisation des logiciels de géométrie dynamique. De même, il est apparu important de s'interroger sur le logiciel utilisé sachant que GeoGebra est aujourd'hui majoritairement utilisé. Enfin, il est apparu essentiel de se renseigner sur l'expérience professionnelle de l'enseignant, à savoir s'il enseigne depuis plus ou moins de 10 ans, ainsi que sur l'importance qu'il accorde à la géométrie dynamique dans ses pratiques.

4.3.3 Questions (8) à (10) : appréciation personnelle de l'enseignant

(89) Les questions suivantes devaient permettre un retour des observations de l'enseignant sur l'utilisation de la géométrie dynamique. En particulier, il est ici question d'interroger le ressenti de l'enseignant sur l'apport de la géométrie dynamique à ses apprenants ainsi que le degré de difficulté avec lequel il arrive à trouver des activités pour eux.

4.3.4 Question (11) : constructions robustes / molles

(90) Sur la base des travaux de Sophie Soury Lavergne, la question avait essentiellement pour objectif d'observer si les enseignants choisissaient davantage une activité basée sur une construction robuste – réponse 1 – ou sur une construction molle – réponse 2 – et si l'activité portant sur la construction robuste serait majoritairement choisie.

4.3.5 Question (12) : du dessin à la figure

(91) L'enseignant est ici interrogé sur l'alternance papier, crayon / machine dans ces activités. Rappelons ici que dans les activités, cette alternance est souvent « nécessaire et utile à la distinction figure-dessin » Rigaut (2013), le support papier se prêtant en effet mieux au tracé de dessin.

4.3.6 Question (13) à (16) : modèle R&H

(92) Nous interrogeons ici la manière dont les enseignants conçoivent une pratique réussie basée sur la géométrie dynamique. Ces questions s'inspirent des grilles d'évaluation proposées par Baudoin et des travaux de Ruthven et Hennessy.

4.3.7 Question (17) : question bilan

(93) Enfin pour conclure ce formulaire, nous proposons à l'enseignant enquêté de se prononcer sur l'évolution future des programmes scolaires. Cette question intervient comme une conclusion bilan de précédentes réponses, elle doit permettre de révéler les attentes des enseignants enquêtés concernant les évolutions futures des programmes scolaires en termes de TICE.

4.4 Résultats

4.4.1 Profil des enseignants enquêtés

40 enseignants ont participé à l'enquête.
100% des enseignants enquêtés ont déclaré appartenir à l'académie de Lyon.

Vous enseignez :

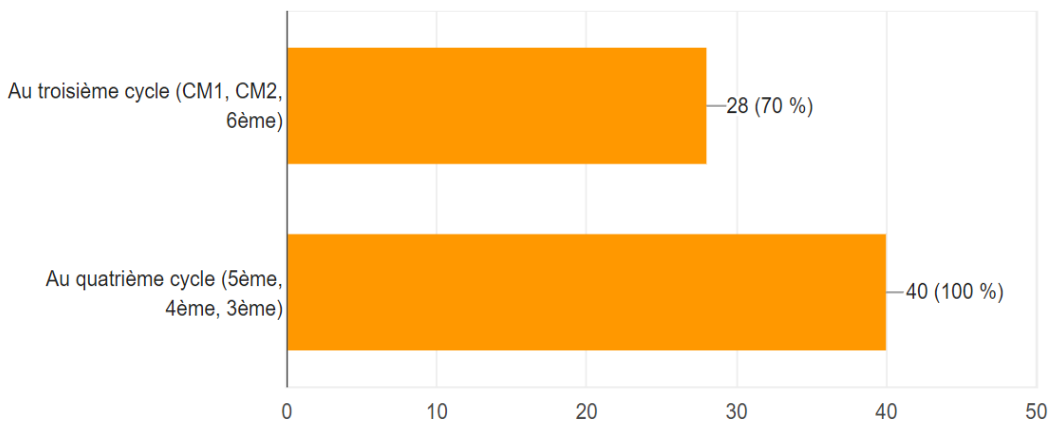


FIGURE 11 – Répartition des enseignants entre les cycles 3 et 4

Vous enseignez depuis :

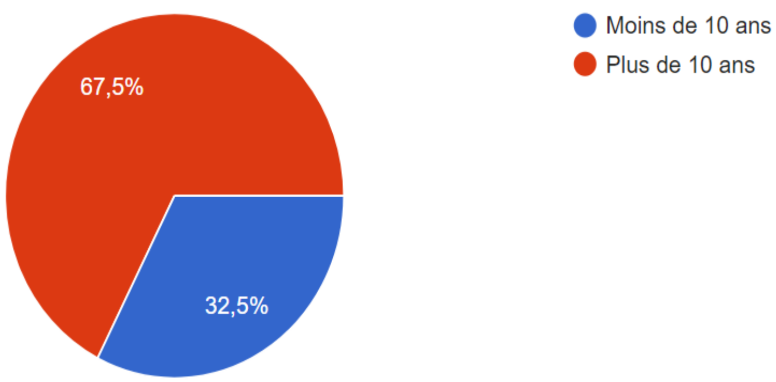


FIGURE 12 – Expérience professionnelle des enseignants

4.4.2 Généralités sur les pratiques

100% des enseignants enquêtés ont déclaré utiliser le logiciel GéoGébra. 2.5% ont déclaré utiliser Cabri Géomètre.

Avez-vous suivi une formation relative à l'utilisation de tels logiciels ?

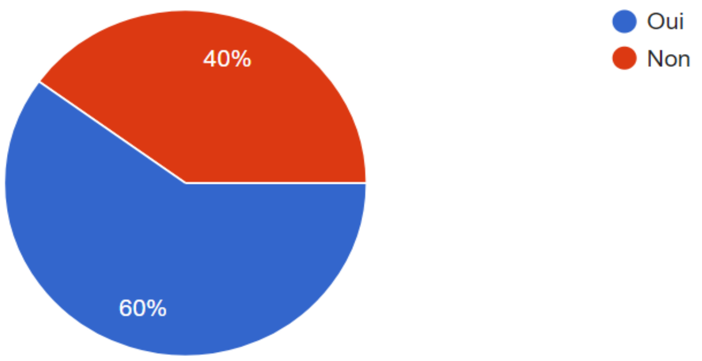


FIGURE 13 – Part des enseignants ayant suivi une formation

Quelle part tient l'usage de la géométrie dynamique dans votre enseignement de la géométrie ?

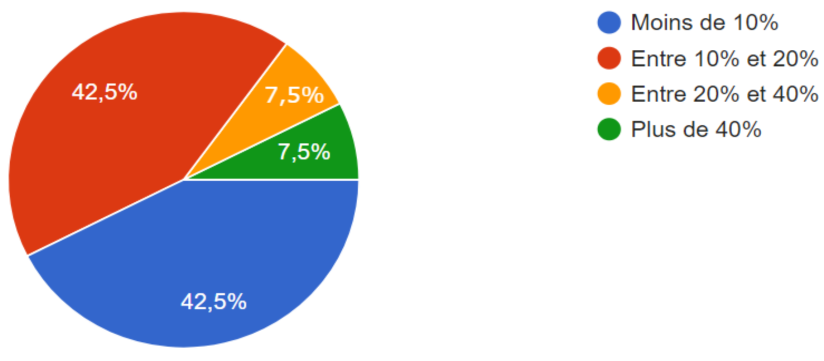


FIGURE 14 – Part de la géométrie dynamique dans les pratiques des enseignants

4.4.3 Observation des enseignants

Selon vous, l'usage de la géométrie dynamique est-t-elle, de manière générale bénéfique à l'apprentissage des notions de géométrie à votre niveau d'enseignement ?

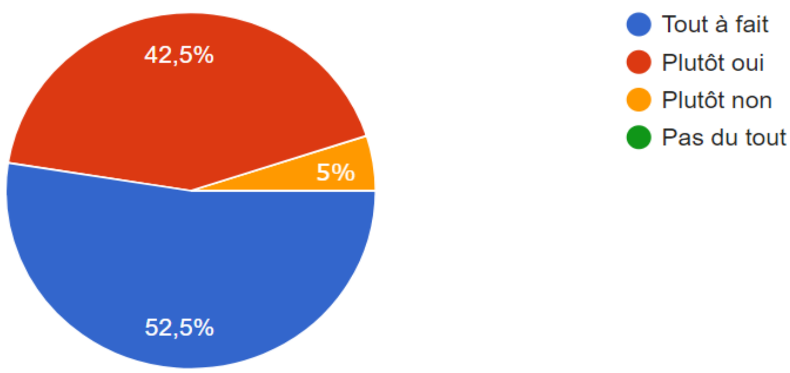


FIGURE 15 – Bénéfice de la géométrie dynamique selon les enseignants

---

Avez-vous des difficultés à trouver des activités pertinentes nécessitant l'utilisation d'un logiciel de géométrie dynamique ?

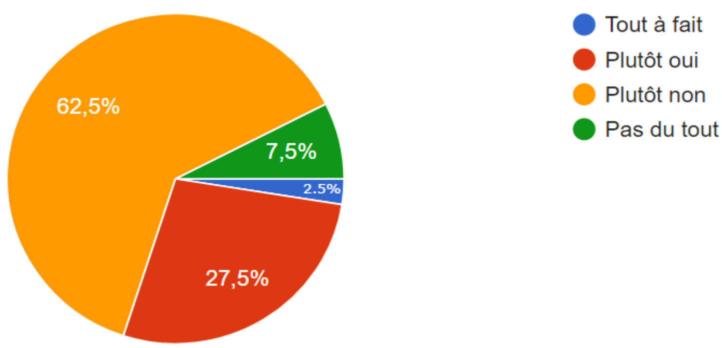


FIGURE 16 – Difficulté face à la conception ou à la découverte d'activités

Selon vous, comment décririez-vous dans l'ensemble la satisfaction de vos apprenants lorsqu'ils sont amenés à travailler sur des activités de géométrie dynamique ?

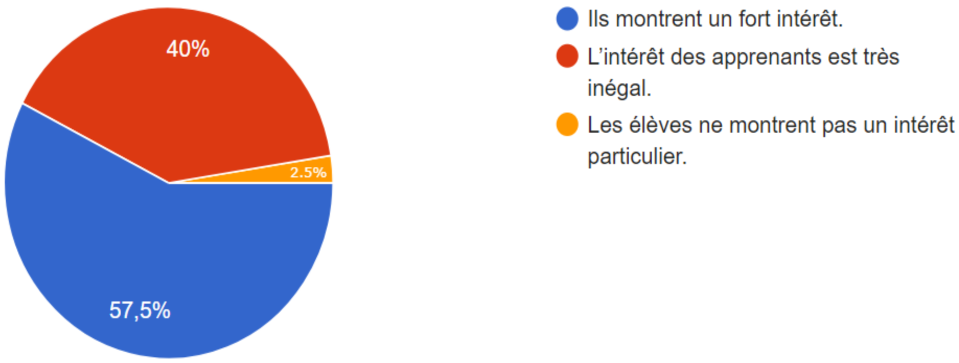


Figure 17 – Observation des enseignants sur la satisfaction de leurs élèves

---

4.4.4 Constructions robustes / molles

60% des enseignants ont choisi l'ulitisation d'une construction molle pour la mise en place d'une activité de géométrie dynamique

Figure 18 – Part des constructions robustes / molles

4.4.5 Alternance papier,crayon/machine

Les ressources pédagogiques que vous utilisez dans le cadre des activités de géométrie dynamique proposent-t-elles des alternances papier,crayon/machine ?

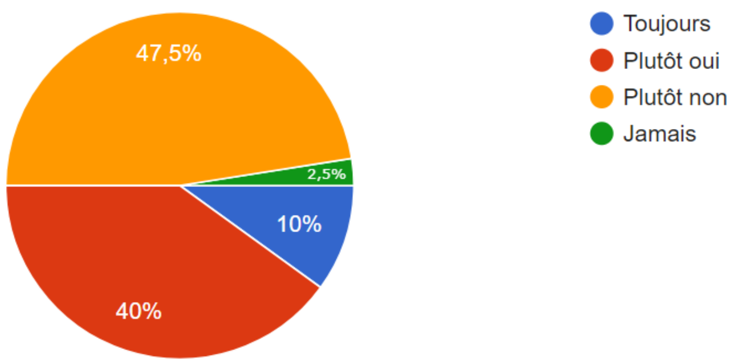


Figure 19 – Alternance papier,crayon / machine dans les activités des enseignants

---

4.4.6 Usages et pratiques

Comment vous assurez vous de la validation d'un exercice, d'une activité, réalisée avec un logiciel de géométrie dynamique par un apprenant ?

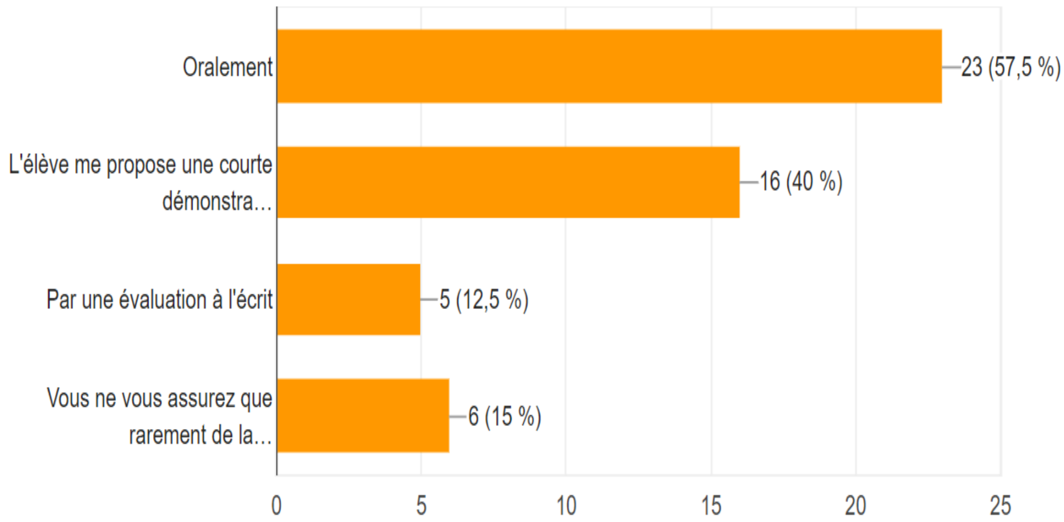


Figure 20 – Méthodes de contrôle des connaissances

Selon vous, quels sont les apports les plus importants des activités réalisées à l'aide d'un support logiciel (plusieurs réponses possibles) :

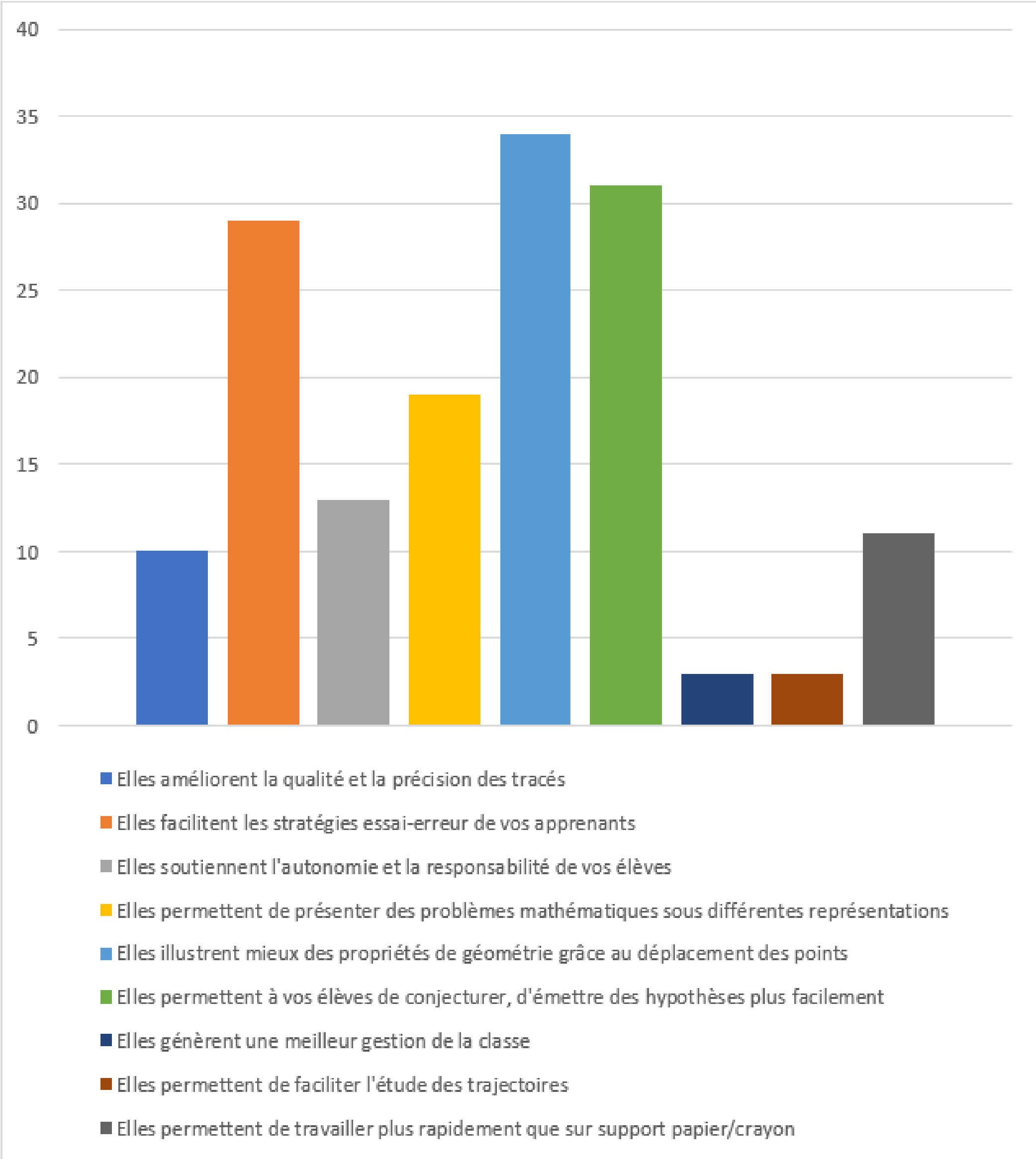


Figure 21 – Principaux apports de la géométrie dynamique selon les enseignants

Selon vous, dans les activités réalisées à l'aide d'un support logiciel, le déplacement des points sert a :

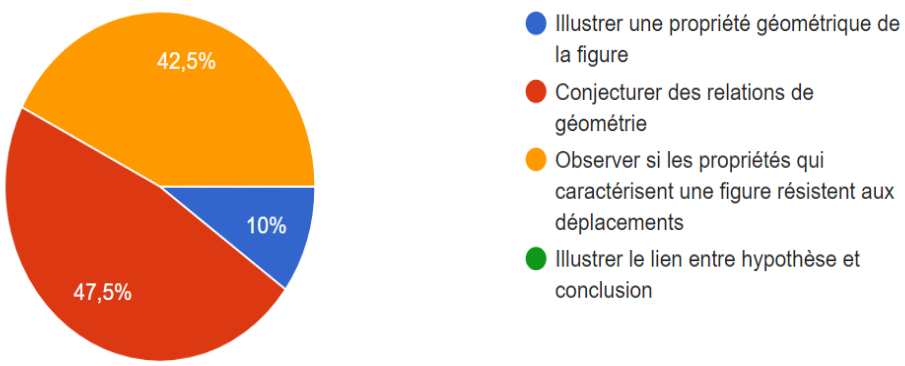


Figure 22 – Utilité du déplacement des points dans une activité de géométrie dynamque selon les enseignants

Selon vous, un bon exercice de géométrie dynamique est avant tout :

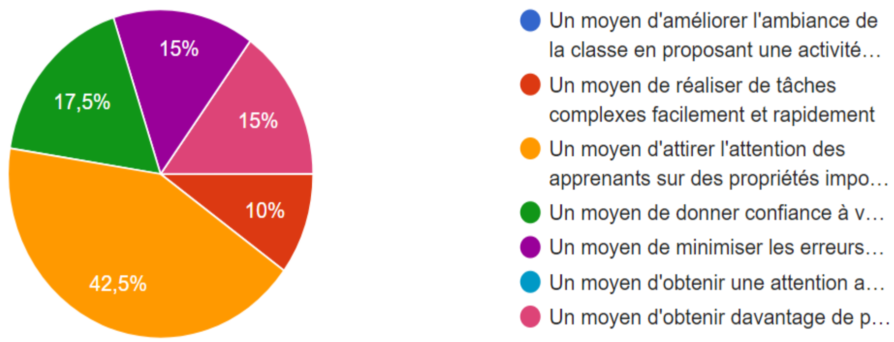


Figure 23 – Critères de qualité d'un exercice de géométrie de dynamique

4.4.7 Attentes concernant l'évolution des programmes

Qu'attendez vous des évolutions futures des programmes scolaires ?

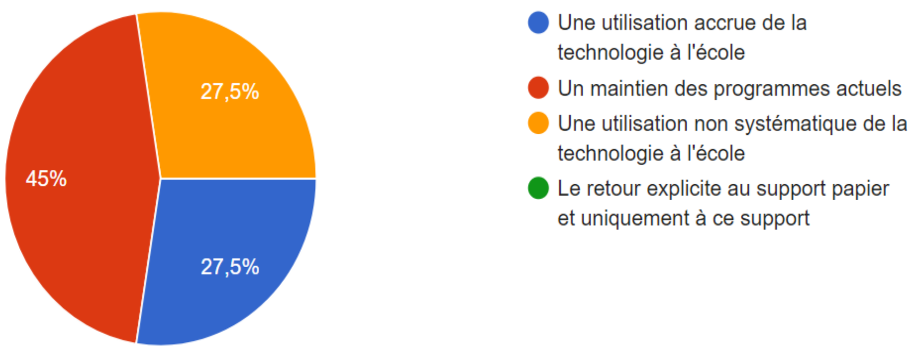


FIGURE 24 – Souhait des enseignants en matière de programmes

4.5 Discussion

4.5.1 A propos des résultats bruts

(94) Un premier point qu'il est nécessaire de souligner ici est la représentativité des résultats exposés plus haut. On est en effet en mesure de s'interroger sur la suffisance du nombre d'enseignants enquêtés : dans quelle mesure 40 réponses sont-elles représentatives du corps enseignant français ? Rappelons qu'à elle seule l'académie de Lyon compte 2 196 écoles et 538 collèges et lycées [10]. De fait, il apparait que le nombre d'enquêtés ne peut rationnellement pas être suffisamment représentatif de l'ensemble des enseignants pratiquants dans la totalité des établissements français. Pour la suite de ce travail, dans un souci d'objectivité mais également de manière à éviter tout biais de confirmation, on choisira ainsi de ne pas présenter les résultats recueillis comme représentatifs du corps enseignant Français. En revanche les résultats seront discutés et des pistes seront proposées pour d'éventuelles futures enquêtes. Les résultats seront en ce sens présentés comme des indicateurs modérés qu'il conviendra d'observer d'un œil critique.

4.5.2 Ecarts entre résultats effectifs et attendus

(95) Certains résultats contrastent distinctement avec ce que les apports théoriques et historiques permettaient d'attendre. A propos de la prédominance des constructions robustes dans les productions on constate par exemple que les résultats de l'enquête sont en faveur d'une prédominance des constructions molles et non pas des constructions robustes : 60% des enseignants ont choisi l'utilisation d'une construction molle contre 40% pour une construction robuste. Ce résultat est cependant discutable à plusieurs égards. D'une part il apparait que le formulaire ne proposait aux enseignants qu'une unique proposition de réponse entre deux constructions possibles – l'une répond au critère théorique d'une construction molle, l'autre robuste –, cependant on est en mesure de se demander s'il n'aurait pas été plus intéressant de proposer consécutivement à cette question une seconde, voir une troisième proposition de choix dans le même sens. Une comparaison des résultats aurait ainsi pu confirmer ou infirmer une tendance pour l'un des types de construction. D'une autre part, rappelons que les travaux de Soury-Lavergne sur l'intérêt des constructions molles remontent à 2011 : on peut se demander si l'évolution des programmes ou si la systématisation des formations n'a pas eu une influence sur les pratiques de manière générale ? Une nouvelle fois un nombre plus important de réponses aurait certainement permis d'approfon-

10. http ://www.ac-lyon.fr/cid87007/geographie-chiffres-cles.html

dir ce point.

(96) De la même manière, à propos de la part de l'usage de la géométrie dynamique par les enseignants, il est contre-intuitif de constater que 7,5% des enquêtés ont déclaré que plus de 40% de leurs activités étaient basées sur l'utilisation de logiciels. En effet, bien que les prescriptions scolaires et programmes récents soient davantage explicitement en faveur d'un usage accru des logiciels de géométrie dynamique il n'est pas spécifiquement attendu qu'un enseignant conçoive plus de 40% de ses activités sur la base de ces logiciels. De plus, si l'on tient compte du fait que 7,5% des enquêtés ont déclaré que leurs cours étaient nécessairement composés entre 20% et 40% de géométrie dynamique on constate de fait que 15% d'entre eux déclarent faire un usage assez important – au moins 20% – de la technologie pour l'enseignement de la géométrie. Notons toutefois d'une part que 100% des enseignants ayant déclaré que plus de 40% des leurs activités étaient basées sur l'utilisation de logiciels ont suivi une formation et 66% d'entre eux déclarent enseigner depuis moins de 10 ans. On peut de fait supposer que les enseignants bénéficiant d'une connaissance accrue de ces logiciels et ayant moins pratiqué les anciens programmes sont davantage enclins à faire usage de la technologie dans le cadre de l'enseignement de la géométrie. Remarquons de même que 50% des enseignants ayant déclaré faire à moins de 10% usage de la géométrie dynamique ont également déclaré avoir moins de 10 ans d'expérience d'enseignement, 55% d'entre eux ont également déclaré avoir suivi une formation. Enfin, notons que 65% des enseignants ayant déclaré utiliser la géométrie dynamique dans 10% à 20% de leurs activités ont suivi une formation contre 33% pour le groupe « entre 20% et 40% ». En somme il semblerait que le fait d'avoir suivi une formation ait une certaine influence sur la part d'usage de la géométrie dynamique par les enseignants. Il serait instructif d'approfondir ce point en s'intéressant à l'influence de l'expérience professionnelle des enseignants ainsi que sur le fait qu'ils aient ou non suivi une formation.

4.5.3 Des points en faveur de la géométrie dynamique

(97) L'enquête relève quelques points positifs en faveur de l'usage de la géométrie dynamique. Il est par exemple à noter que 95% des enseignants jugent bénéfique l'usage de la géométrie dynamique à l'apprentissage des notions de géométrie : 52.5% « Tout à fait », 42.5% « Plutôt oui ». De même, aucun enseignant n'a déclaré que la géométrie dynamique était tout à fait inutile à ses apprenants. Ce résultat est en somme explicitement en faveur de la géométrie dynamique, toutefois dans le cadre de cette enquête on est égale-

ment en mesure de se demander si la globalité des enseignants sondés n'a pas été influencé par le thème et les questions du formulaire. Il conviendrait ici d'approfondir l'enquête du côté des apprenants : d'une part en interrogeant leurs résultats effectifs en termes d'apprentissage, mais également leur propre point de vue.

(98) A propos de la satisfaction des apprenants on note également du point de vue des enseignants que 57,5% d'entre eux déclarent que leurs élèves montrent dans leurs globalité un fort intérêt dans l'interaction avec un logiciel de géométrie dynamique. Toutefois on peut une nouvelle fois s'interroger sur le bienfondé des réponses des enseignants, rien ne garantissant que certains enquêtés n'ont pas choisi de se montrer volontairement très positifs à l'égard de la technologie. Une autre hypothèse pourrait être que ceux qui ont répondu ont un véritable intérêt pour le logiciel et ceux qui sont moins intéressés n'ont simplement pas répondu à l'enquête. Remarquons d'ailleurs que 40% des enseignants déclarent que l'intérêt de leurs apprenants est très inégal.

(99) Enfin, concernant l'évolution des programmes, on note que 27,5% des enquêtés semblent en faveur d'un usage accrue de la technologie à l'école et 45% en faveur du maintien des programmes actuels. Cela révèle un certain degré de confiance accordé à l'introduction de la technologie à l'école. Notons d'ailleurs qu'aucun enseignant n'a catégoriquement déclaré souhaiter le retour explicite au support papier et uniquement à ce support. Toutefois, 27,5% des enseignants ont également déclaré ne pas souhaiter une utilisation systématique de la technologie à l'école, ce dernier point est toutefois complexe à interpréter car il faudrait ici interroger les moyens financiers et la qualité des installations mises en place par les établissements de ces enseignants. On peut présumer que des conditions d'enseignement plus compliquées peuvent influencer l'enseignant et le pousser à ne pas souhaiter une utilisation systématique de la technologie à l'école.

4.5.4 Résultats remarquables

(100) A propos de l'alternance papier, crayon / machine les résultats sont particulièrement hétérogènes et traduisent une certaine indécision : la part des enseignants déclarant « plutôt oui » (47.5%) est proche de celle déclarant « plutôt non » (40%). Seul 12.5% des enseignants ont apporté une réponse claire à la question : 10% on en effet déclarer « toujours » proposer une alternance papier, crayon / machine dans leurs activités contre 2.5% « jamais ». Ces résultats reflètent une indécision générale et aucune tendance ne se dessine distinctement.

(101) Concernant les apports des activités réalisées à l'aide d'un support logiciel, on notera en particulier que 3 des 9 propositions sont davantage représentées. Les enseignants enquêtés déclarent ainsi majoritairement que les activités de géométrie dynamique permettent de mieux illustrer des propriétés de géométrie grâce au déplacement des points, ce qui correspond au thème « Features accentuated » du modèle de Ruthven et Hennessy ; notons que ce résultat trouve écho dans les résultats de la question 16 où 42,5% des enseignants déclarent qu'un « bon » exercice de géométrie doit, par le déplacement des points, permettre des « effets marquants qui attirent l'attention des apprenants sur des propriétés et des relations entre les objets de l'activité ». De même, ils déclarent qu'elles facilitent à leurs apprenants l'acte de conjecturer ce qui fait écho aux travaux de Tapan (2006) et s'accorde également sur les nécessités et prescriptions des nouveaux programmes ; ce résultat trouve également écho dans les résultats de la question 15 où les enseignants déclarent à 47,5% que le déplacement des points doit permettre de « conjecturer des relations de géométrie ». Enfin elles facilitent des stratégies essai-erreur des apprenants, ce qui une nouvelle fois trouve écho dans le modèle proposé par Ruthven et Hennessy et le thème du « Tinkering assisted ».

4.6 Conclusion

(102) Ces résultats ouvrent davantage de questions qu'ils n'apportent de réponses. Leur représentativité demeure discutable et la diffusion numérique d'un formulaire d'enquête avait initialement pour objectif de recueillir un nombre plus conséquent de réponses ; ceci n'a pourtant pas été concrétisé de la manière attendue et nécessaire. Dans quelle mesure les 40 réponses obtenues peuvent-elles former un échantillon suffisamment représentatif du corps enseignant français ? On peut s'attendre à ce que certaines données soient surreprésentées ou sous-représentée par rapport à ce qu'une enquête de plus large envergue aurait permis.

(103) Toutefois, cet échantillon nous permet de proposer des pistes de recherche mais également de méthodologie pour les enquêtes ultérieures. Il conviendrait à titre d'exemple d'élaborer davantage de questions pour cibler la tendance des pratiques en matière de construction molle ou robuste. De même, il conviendrait de compléter les avis des enseignants par ceux de leurs apprenants. On peut également s'interroger sur la corrélation de certaines données : les enseignants ayant suivi une formation ont-ils nécessairement une tendance plus forte à faire usage de la géométrie dans leurs pratiques ? De même pour l'expérience professionnelle ? Le regard de l'enseignant est-il suffisant pour se

faire une idée du bénéfice présupposé de la géométrie dynamique sur leurs apprenants ? Comment expliquer qu'une part non négligeable des enseignants s'accorde à déclarer que l'intérêt de leurs élèves est très inégal quand la majorité d'entre eux s'accordent à dire que la globalité de leurs élèves montrent un fort intérêt ? Que révèle l'indécision soulevée par la question de l'alternance papier,crayon/machine ?

(104) Notons toutefois pour conclure que certains résultats, sans se révéler fondamentaux, révèlent un point de vue globalement positif sur l'intégration de la géométrie dynamique et de la technologie à l'école. Les bénéfices supposés de ces logiciels pour l'apprentissage des élèves sont forts, de même qu'une majorité d'enseignants déclarent que leurs élèves montrent un fort intérêt durant les activités proposées. Enfin, 29 des 40 enseignants enquêtés sont au moins en faveur du maintien des programmes actuels, au plus de leur évolution vers une utilisation accrue de la technologie à l'école.

5 Conclusion générale

(105) Au travers de ce travail il a été proposé une synthèse historique, théorique et bibliographique autour des pratiques enseignantes en lien avec la géométrie dynamique.

(106) Un premier fait historique nous permet de constater que ces pratiques demeurent en « phase d'innovation, empêchant de poser de façon efficace les problèmes d'intégration » (Lagrange & Dedeoglu, 2009). L'évolution rapide des programmes et des prescriptions, notamment entre 2002 et 2016, pourrait en partie expliquer cette résistance à l'intégration des nouvelles prescriptions par une partie du corps enseignant qui montre des difficultés à faire évoluer son « mode habituel d'enseignement » (Tapan, 2006). On assiste à un véritable changement de paradigme : l'enseignement de la géométrie, jusqu'alors cantonné au simple support papier/crayon, doit désormais intégrer le mouvement comme activité nécessaire, sinon fondamentale aux processus d'appropriation des notions de géométrie par les apprenants. Les activités de reproduction, de complétion, de construction et d'identification doivent désormais être complétées par le déplacement des points des figures, « activité fondamentale dans l'usage de la géométrie dynamique et dont la maîtrise permet de bénéficier au mieux de ses potentialités » (Soury-Lavergne, 2011) : Si en 2002 il n'était question que de « possibilités » (bulletin officiel, 2002) il apparait désormais que l'enseignant se doit de mettre en place une véritable complémentarité entre ces deux approches de la géométrie.

(107) Des tendances fortes émergent de ces nouvelles pratiques. Les plus influentes d'entre elles s'apparentent à des invariants remarquables. Entre autres, le fait qu'une majorité d'enseignants produisent des activités autour de constructions robustes au dépend de constructions molles qui pourtant « ont aussi un grand intérêt pour les élèves et devraient également trouver leur place dans les pratiques des enseignants » (Soury-Lavergne, 2011). Le formulaire d'enquête diffusé dans le cadre ce travail montre à ce propos, pour l'échantillon sondé, une dualité réelle entre constructions molles et robustes : les proportions d'enseignants ayant choisi l'une ou l'autre des activités étant relativement proches.

(108) On note de la même manière, au travers des travaux de recherche cités, au travers des conférences, des rapports d'inspections et des groupes de réflexions, des terrains d'investigations communs : la distinction figure-dessin et la nécessité d'une alternance papier, crayon /machine à cet effet (Groupe de Réflexion Pédagogique Maths 10, Tapan, Rigaut, Baudoin) en est un. Les

grilles d'analyse qualitatives proposées par Baudoin interrogent les pratiques en ce sens. On note que dans l'analyse de la « mise en œuvre didactique d'une ressource », Baudoin juge nécessaire de savoir si « les alternances papier, crayon / machine sont précisées ? », or ses travaux s'inspirent largement des réflexions développées dans les travaux postérieurs à son mémoire de recherche.

(109) L'analyse des apports théoriques montre de manière équivalente qu'il existe des similitudes, des recoupements, rapprochements dans les observations soulevées par les différents travaux de recherche. Le modèle de Ruthven et Hennessy réalise en ce sens une synthèse particulièrement complète des conceptions qui se retrouvent en majorité chez les enseignants concernant leur conception d'une « utilisation réussie des TICE » et les 10 « thèmes » principaux qu'il expose se retrouve effectivement dans les attentes et préoccupations des enseignants, comme le montrent en particulier les travaux de Dedeoglu (2006).

(110) L'enquête présentée dans ce travail avait pour objectif de révéler un sous-ensemble de ces invariants supposés. La trop faible quantité de réponses nous oblige toutefois à émettre des réserves sur la représentativité des données. Bien que certains résultats soient remarquables de par l'unanimité qu'ils révèlent – notamment à propos de l'opinion positive sur le bénéfice apporté par la géométrie dynamique aux apprenants –, il convient davantage de proposer des pistes de recherche et des améliorations méthodologiques de sorte à ce que les enquêtes ultérieures engendrent des données plus représentatives.

(111) En conclusion, la synthèse historique et documentaires produite par ce dossier tendrait à montrer :

(1) Une évolution forte de l'usage des TICE pour l'enseignement de la géométrie et une confiance certaines du corps enseignant à l'égard de cette évolution.

(2) Une évolution des pratiques et des méthodes qui tendent à s'uniformiser, ce qui pourrait en partie s'expliquer par la multiplication des formations et le renouvellement progressif de professionnels ; les « jeunes » enseignants étant peut-être plus favorables à une intégration des TICE à l'école.

(3) Des similitudes dans les attentes et dans les conceptions.

(4) Un avis globalement positif sur l'apport didactique et le bénéfice de la géométrie dynamique au troisième et quatrième cycle.

(5) Des pistes de réflexions ainsi que des observations communes dans les travaux de recherche en didactique.

(6) Une évolution positive de la qualité des productions enseignantes en termes de géométrie dynamique. Cette évolution s'accompagnant d'une connaissance de plus en plus maitrisée des potentialités de la géométrie dynamique, de sa mise en œuvre didactique, et de la richesse du contenu des exercices qu'elle peut engendrer.

Références bibliographiques [11]

Livres, Rapports & Publications gouvernementales

Académie de Créteil (2013). *Mathématiques et outils numériques au collège : un apport pédagogique essentiel.* Académie de Créteil, Inspection pédagogique régionale des mathématiques.

Anderson, J (2004). *Technologie de l'information et de la communication en Education. Un programme d'enseignement et un cadre pour la formation des enseignants.* Paris : UNESCO.

Bellemain, F (2004). *Conception, réalisation et expérimentation d'un logiciel d'aide à l'enseignement de la géométrie : Cabri-géomètre. Modélisation et simulation.* Université Joseph-Fourier - Grenoble I, 1992. Français.

Brousseau, G (1998). *Théorie des situations didactiques. Textes rassemblés et préparés par Nicolas Balacheff, Martin Cooper, Rosamund Sutherland, Virginia Warfield.* Grenoble : Ed. La pensée sauvage.

Chaachoua, H (2000). *Usages éducatifs des technologies de l'information et de la communication : quelles nouvelles compétences des enseignants ?.* IUFM de Grenoble, Laboratoire Leibniz , Université Joseph Fourier.

Elalouf, M-L, Robert, A. Belhadjin A. Bishop, M-F (2012).*Les didactiques en question.* Bruxelles : Ed. De Boeck

Floris, R. Conne, F (2007). *Environnements informatiques, enjeux pour l'enseignement des mathématiques.* Bruxelles : Ed. De Boeck.

GRIESP (Groupe de Recherche et d'Innovation En Sciences Physiques) (2016). *L'utilisation d'un logiciel de géométrie dynamique, un atout pour l'enseignement de la physique-chimie.* Publié en octobre 2016 par le GRIESP.

Jacquinot, G. Fichez, E (2012). *L'université et les TIC. Chronique d'une innovation annoncée.* Bruxelles : Ed. De Boeck

11. Citées selon les normes de l'APA.

Laborde, C (2008). *Rapport d'activité et projet scientifique : Informatique et Apprentissage des Mathématique*. IUFM de Grenoble, Laboratoire Leibniz, Université Joseph Fourier.

Lebeaume, J. Hasnia, A. Harlé, I (2011). *Recherches et expertises pour l'enseignement scientifique*. Bruxelles : Ed. De Boeck

Sabra, H. Trouche, L (2008). *Enseignement des mathématiques et TICE. Etude sur la littérature de recherche francophone*. Lyon : Institut national de recherche pédagogique.

Sbarberi, D. Deleuze, R. Groupe de Réflexion Pédagogique Maths10 (2015). *Mathématiques et géométrie dynamique au cycle 3*. Groupe de Réflexion Pédagogique, liaison CM2/6e : Géométrie dynamique au cycle 3 (mise à jour novembre 2015).

Articles

Freiman, V. Martinovic, D. Karadag, Z (2009). *Découvrir le potentiel éducatif du logiciel dynamique GeoGebra : communauté de collaboration et de partage*. Bulletin AMQ, Vol.XLIX, numéro 4, décembre 2009.

Grugeon-Allys, B. (2008). *Pratiques d'intégration d'un logiciel de géométrie dynamique à l'école élémentaire*. Carrefours de l'éducation, 25,(1), 75-90. doi :10.3917/cdle.025.0075.

Jones, K (1998). *Deductive and intuitive approaches to solving geometrical problems In : C. Mammana and V. Villani (Eds.) Perspectives on the Teaching of Geometry for the 21st century An ICMI study*. Kluwer Academid Publishers, pp.78-83

Laborde C (2001). *Integration of technology in the design of geometry tasks with Cabri-geometry*. International Journal of Computers for Mathematical Learning 6, 283–317.

Laborde C. et Capponi B (1994). *Cabri-géomètre constituant d'un milieu pour l'apprentissage de la notion de figure géométrique*. Recherches en Didactique des Mathématiques 14(1-2), 165-210.

Mariotti, M-A (2000). *Introduction to proof : the mediation of a dynamic software environment*. Educational Studies in Mathematics 44, 25-53.

Martin, Y (2010). *CaRMetal : une géométrie dynamique enrichie.* Expressions N'35, septembre 2010, p. 165-272.

Ruthven, K. Hennessy, S. Deaney, R (2008). *Constructions of dynamic geometry : A study of the interpretative flexibility of educational software in classroom practice.* Computers and Education 51(1), 297-317

Ruthven, K. Hennessy, S (2002). *A practitioner model of the use of computer-based tools and resources to support mathematics teaching and learning.* Educational Studies in Mathematics, 49, pp. 47–88.

Trouche, L (1994). *Calculatrices graphiques, la grande illusion.* Repères-IREM, 20, 39-55. TOPIQUES éditions, Pont à Mousson.

Articles numériques

Athias, F (2010). *Enseigner autrement le concept de carré en CE2.* Repéré à : http ://revue.sesamath.net/spip.php ?article306

Athias, F. (2015). *La géométrie dynamique pour éclairer l'usage du compas.* Education & didactique, vol. 9,(3), 109-125. https ://www.cairn.info/revue-education-et-didactique-2015-3-page-109.htm.

Athias, F (2015). *Un logiciel de géométrie dynamique en cycle 3.* Mis en ligne le vendredi 15 mai 2015. Repéré à http ://www.adjectif.net/spip/spip.php ?article347.

Athias, F (2013). *L'usage du logiciel Tracenpoche en cycle 3.* Repéré à http ://revue.sesamath.net/IMG/pdf/tracenpoche2.pdf.

Bellemain, F (2014). *Analyse d'environnements de géométrie dynamique collaboratif du point de vue de l'orchestration instrumental.* Repéré à http ://revista.fct.unesp.br/index.php/Nuances/article/download/2936/2686

Belliard, D (2013). *Ecole : une révolution numérique inachevée.* Alternatives économiques. 323,p30.

Blossier, M. Richard, P (2014). *Le travail mathématique en interaction avec un logiciel de géométrie dynamique tridimensionnelle.* Repéré à http ://redalyc.org/articulo.oa ?id=33548445017

Capponi, B. (2000). *De la géométrie de traitement aux constructions dans Cabri-géomètre II au collège.* Repères-IREM n40 TOPIQUES éditions, Pont à Mousson.

Ciblac, T (2012). *Esquisses et géométrie dynamique.*DNArchi, 28/03/2012, Répéré à : http ://dnarchi.fr/outils/esquisses-et-geometrie-dynamique

Grau, S (2017). *Apprendre avec le numérique. Des Maths, mes TICE.* Repéré à http ://www.cahiers-pedagogiques.com/Des-maths-mes-Tice

Lagrange, J-B. Dedeoglu, N (2009). *Usage de la technologie dans des conditions ordinaire : le cas de la géométrie dynamique au collège.* Repéré à http ://jb.lagrange.free.fr/Preprints/RDMLagrangeCaliskan.pdf.

Soury-Lavergne, S. (2011). *De l'intérêt des constructions molles en géométrie dynamiques. Mathématice n27.* Repéré à http ://revue.sesamath.net/spip.php ?article364

Mémoires & Thèses

Acosta M. (2008). *Démarche expérimentale, validation, et ostensifs informatisés. Implications dans la formation d'enseignants à l'utilisation de Cabri en classe de géométrie.* Thèse de doctorat de l'Université Joseph Fourier. Grenoble : Ed. Edilivre.

Athias, F (2014). *La géométrie dynamique comme moyen de changement curriculaire.* Thèse pour obtenir le grade de Docteur en sciences de l'éducation. Université Aix-Marseille.

Baudoin, J-M (2014). *Une proposition de grille d'analyse pour l'évaluation de la qualité des ressources de géométrie dynamique.* Mémoire de Master 2 professionnel. Université Joseph Fourier.

Bertolo, D (2014). *Apports et évaluations des interactions sur tablettes numériques dans le cadre de l'apprentissage de la géométrie dans l'espace.* Thèse pour obtenir le grade de Docteur en sciences de l'éducation. Université de Lorraine.

Corriveau, A (2006). *Etude de l'utilisation d'un logiciel de géométrie dynamique comme soutien au processus et conceptualisation et de compréhension du concept de translation chez les élèves du troisième cycle du primaire.* Mémoire présenté à la Faculté d'éducation en vue de l'obtention du grade de Master. Université de Sherbrooke, Québec.

Coutat, S (2006). *Intégration de la géométrie dynamique dans l'enseignement de la géométrie pour favoriser une liaison école primaire-collège : une ingénierie au collège sur la notion de propriété.* Thèse pour l'obtention du diplôme de Docteur. Université Joseph Fourier. Grenoble.

Dedeoglu, N (2006). *Usages de la géométrie dynamique par des enseignants de collège. Des potentialités à la mise en œuvre : quelles motivations, quelles pratiques ?* Thèse pour l'obtention du Diplôme de docteur. Université Paris 7.

Geneves, B (2004). *Vers des spécifications formelles : fondements Mathématiques et Informatiques pour la Géométrie Dynamique.* Thèse soutenue pour l'obtention du titre de Docteur. Université Joseph Fourier – Grenoble 1.

Gousseau-Coutat (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 l'Université Joseph Fourier de Grenoble.

Haspekian, M (2005). *Intégration d'outils informatiques dans l'enseignement des mathématiques : étude du cas des tableurs.* Thèse soutenue pour l'obtention du Diplôme de Docteur. Université Paris 7.

Ibnoukhattad, A. Salhane, S (2014). *L'apport de GeoGebra dans l'enseignement des mathématiques au secondaire.* Mémoire présenté en vue de l'obtention du grade de Master. Centre régional des métiers de l'éducation et de la formation (Maroc).

Kiêm Minh, T (2011). *Apprentissage des fonctions au lycée avec un environnement logiciels : situation d'apprentissage et genèse instrumentale des élèves.* Thèse pour l'obtention du titre de Docteur. Université Paris 7.

Py, D (2001). *Environnements interactifs d'apprentissage et démonstration en géométrie.* Thèse soutenue pour l'obtention du Diplôme de Docteur. L'Université de Rennes 1 Institut de Formation Supérieure en Informatique et en Communication.

Restrepo, A (2008). *Génèse instrumentale du déplacement en géométrie dynamqie chez des élèves de 6ème.* Thèse soutenue pour l'obtention du Diplôme de Docteur. Université Joseph Fourier. Ecole doctorale des mathématiques, sciences et technologies de l'information.

Rigaut, J (2013). *Le passage du dessin à la figure grâce à l'utilisation des logiciels de géométrie dynamique.* Mémoire présenté à la Faculté d'éducation en vue de l'obtention du grade de Master. IUFM du Nord-Pas-de-Calais.

Tapan, S (2006). *Différents types de savoirs mis en oeuvre dans la formation initiale d'enseignants de mathématiques à l'intégration de technologies de géométrie dynamtique.* Thèse présentée en vue de l'obtention du titre de Docteur. Université Joseph Fourier. Ecole doctorale des mathématiques, sciences et technologies de l'information.

Communications de congrès ou de conférences

Artigue, M. *L'influence des logiciels sur l'enseignement des mathématiques : contenus et pratiques.* Communication présentée à l'Université Paris 7 Denis, Paris. Repéré à http ://irem.univ-rouen.fr/sites/default/files/u17

Balacheff, N (2007). *La transposition informatique, un nouveau problème pour la didactique.* Communication présenté au colloque "Vingt ans de didactique des mathématiques en France", 15-17 juin 1993, 1993, Paris, France.

Camargo, L., Samper, C. & Perry, P (2007). *Cabri's role in the task of building part of an axiomatic system.* Proceedings of the 5th Congress of the European Society for Research in Mathematics Education, Cyprus : University of Cyprus, 571-580.

Healy, L (2000). *Identifying and explaining geometrical relationship : Interactions with robust and soft Cabri constructions, in Proceedings of the 24th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education.* Hiroshima : Tadao Nakahara, Masataka Koyama, 1, 103-117.

Ministère de l'éducation nationale (2008). *Utilisation des outils logiciels dans l'enseignement des mathématiques.* Actes du séminaire national, Paris, le 5 et 6 février 2007.

Logiciels

Hohenwarte, M. (2001). Geogebra (6.0.451.0) [Geogebra]. Linz : International GeoGebra Institute.

Annexes

Les contenus		Non pas du tout	Non plutôt pas	Oui plutôt	Oui tout à fait
Activité mathématique	1 Y a-t-il adéquation entre l'activité et les objectifs annoncés ?		R2R3	R1	
	2 Le contenu mathématique est-il correct ?			R1 R2 R3	
	3 Le contenu mathématique est-il en adéquation avec les instructions officielles ?			R1R2 R3	
Activité instrumentée	1. La figure dynamique est-elle cohérente avec les tâches prescrites ?	R1			R2R3
	2. La figure est-elle en cohérence avec l'activité ?	R1			R2R3
	3. La ressource utilise-t-elle des fonctionnalités particulières de l'application ?	R1R2 R3			
	4. Si oui, sont-elles décrites avec précision ?				
	5. La gestion des positions et cas limites est-elle mathématiquement acceptable ?	R1R3	R2		
	6. Le traitement numérique des grandeurs est-il correct ?	R3	R2	R1	
	7. La fiabilité du traitement numérique est-elle acceptable ?	R3	R2	R1	
	8. La gestion des valeurs numériques est-elle compatible avec l'intention d'apprentissage de l'activité (sans détournement équivoque) ?	R3	R2	R1	

Figure 25 – Grille d'évalutions des contenus proposée par Baudoin (2009)

La mise en œuvre didactique		Non pas du tout	Non plutôt pas	Oui plutôt	Oui tout à fait
Modulations dans la séance	➢ La ressource propose-t-elle un découpage de la séance ?				R1R2 R3
	➢ Les rôles / actions de l'enseignant et des apprenants sont-ils précisés ?	R 1			R2R3
	➢ Les alternances papier-crayon / machine sont-elles précisées ?				R1R2 R3
	➢ La ressource précise-t-elle les phases de mise en commun (à quel moment, sur quoi portent-elles …) ?	R 1 R 2			R3
De la gestion de l'évolution des rapports personnels des élèves vers les apprentissages visés	➢ Les éléments permettant la prise en charge du problème par l'apprenant sont-ils explicites ?	R 1			R2R3
	➢ La ressource prévoit-elle les stratégies possibles des apprenants ?	R 1 R 3		R 2	
	➢ La ressource prévoit-elle les erreurs possibles des apprenants ?	R 1 R 2 R3			
	➢ Si oui, prévoit-elle comment y remédier ?				
	➢ La ressource prévoit-elle les réponses et formulations possibles des apprenants ?	R 1 R 3			R2
	➢ La ressource précise-t-elle comment s'effectuent les validations (qui valide, quand, comment…) ?	R 1 R 2 R3			
	➢ La ressource précise-t-elle les savoirs à institutionnaliser ?	R 1			R2R3
L'identification des variables didactiques	➢ Les différents paramètres de l'activité dont les modifications ont un impact sur les comportements des apprenants sont-ils explicités et leurs effets discutés ?	R 1 R2R3			
Les rétroactions	➢ La ressource mentionne-t-elle les rétroactions possibles à l'action de l'apprenant ?	R 1 R2			
	➢ Si oui, en précise-t-elle la provenance (enseignant, classe, ordinateur..)?	R 1			
La gestion du groupe classe	➢ La ressource précise-t-elle comment est organisée la classe dans les différentes phases de son déroulement (travail individuel, par petits groupes, collectif…) ?	R 2	R1		R3
	➢ La ressource précise-t-elle comment sont organisées les interactions entre les apprenants et le logiciel (ex. qui manipule, nombre d'élèves par ordinateur…) ?				R3

FIGURE 26 – Grille d'évaluation de la mise en œuvre didactique d'une ressource par Baudoin (2009)

Les potentialités de la géométrie dynamique		Non pas du tout	Non plutôt pas	Oui plutôt	Oui tout à fait
Apports de son utilisation	***Selon vous, dans cette activité, la géométrie dynamique*** : *1.* est un amplificateur visuel du fait qu'elle améliore la qualité graphique et la précision des tracés de figures.			R1R2	R3
	2. rend possible d'obtenir facilement et rapidement plusieurs cas de la même figure.			R 2	R3
	3. fournit un champ d'expérimentation pour l'activité de l'apprenant car elle favorise l'exploration et les stratégies par essai-erreur.	R3		R1	
	4. soutient l'autonomie et la responsabilité des apprenants, car les feedbacks leur permettent de valider par eux-mêmes leurs constructions.	R 3			R1 R2
	5. permet d'articuler différentes représentations du même problème mathématique.	R 3			R1 R2
	6. rend nécessaire le recours aux propriétés géométriques d'une figure plutôt qu'à ses caractéristiques spatio-graphiques.	R2R3			
Le rôle du déplacement	***Selon vous, dans cette activité, le déplacement sert-il à*** : 1 Illustrer une propriété géométrique de la figure : déplacer et observer une propriété donnée qui est conservée au cours du déplacement.	R1R2 R3			
	2 Conjecturer des relations géométriques : déplacer et observer si une propriété supposée résiste au déplacement.	R2R3		R1	
	3 Valider une construction (construction robuste) : déplacer et observer si les propriétés qui caractérisent une figure résistent au déplacement.	R2R3		R1	
	4 Illustrer le lien entre hypothèses et conclusion : le déplacement permet de satisfaire momentanément les hypothèses d'un théorème ou d'un problème (construction molle) pour observer les propriétés obtenues comme conséquences nécessaires de ces hypothèses.	R3		R1	R2
	5 Etudier la trajectoire d'objets géométriques (lieu, trace…).	R1R2 R3			

FIGURE 27 – Grille d'évaluation des potentialités d'une ressource par Baudoin (2009)

ANGLES DANS UN POLYGONE

TP info sur GeoGebra

www.geogebra.org

Avec l'aimable autorisation de Bordas (Collection Myriade - 6^e - 2009)

Objectifs :
- Aider à assimiler la notion d'angle par la manipulation de figures.
- Notion d'angle obtus et aigu.
- Conjecturer des propriétés sur les angles dans les polygones.

 *Pour créer un polygone*

 *Pour déplacer des points ou sélectionner un objet*

1) a) Construire un triangle quelconque.
   b) Déplacer les sommets de ce triangle pour que ce triangle ait un angle obtus.
   c) Peut-on avoir deux angles obtus dans ce triangle ? Essayer d'expliquer pourquoi par écrit.

2) a) Construire un quadrilatère quelconque.
   b) Combien d'angles obtus un quadrilatère semble-t-il posséder au maximum ?

3) Recopier et compléter le tableau :

	Triangle	**Quadrilatère**	**Pentagone (5 côtés)**	**Hexagone (6 côtés)**
Nombre maximum d'angles obtus observé				

4) Que peut-on penser pour les polygones ayant plus de 6 côtés ? Expliquer.

FIGURE 28 – Exemple d'activité de géométrie dynamique extraite du web, production d'Yvan Monka