



HAL
open science

Le terrain fantôme : la symétrie axiale par le jeu et l'écran en cycle 3

Noémie Gallesio, Vincent Seveau

► **To cite this version:**

Noémie Gallesio, Vincent Seveau. Le terrain fantôme : la symétrie axiale par le jeu et l'écran en cycle 3. Education. 2016. dumas-01410174

HAL Id: dumas-01410174

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01410174>

Submitted on 6 Dec 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

MASTER « METIERS DE L'ÉDUCATION ET DE LA FORMATION »

MENTION 1^{ER} DEGRÉ

CRT 6 : « LA DEMARCHE D'INVESTIGATION EN MATHÉMATIQUES »

ANNEE UNIVERSITAIRE 2015-2016

LE TERRAIN FANTÔME

LA SYMÉTRIE AXIALE PAR LE

JEU ET L'ÉCRAN EN CYCLE 3

Mémoire de Master 2 présenté par

Noémie GALLESIO

Vincent SEVEAU

Directeur du mémoire : **Nathalie BRIANT**

Jury de soutenance : **Nathalie BRIANT**

Alain BRONNER

Soutenu à Montpellier le vendredi 27 mai 2016

RESUME

Ce travail traite de l'élaboration et de l'expérimentation d'une situation de symétrie axiale en cycle 3 mettant en jeu l'utilisation d'un logiciel de géométrie dynamique. Suivant le modèle de l'ingénierie didactique, il analyse la pertinence du passage du papier à l'écran puis de l'écran au papier dans trois classes et les conditions d'efficacité d'un tel passage dans un cadre expérimental. La situation proposée implique une démarche d'investigation dont le but est d'apprendre aux élèves à manipuler la symétrie axiale.

MOTS CLES

Cycle 3, didactique, écran-papier, géométrie, ingénierie didactique, jeu, logiciel de géométrie dynamique, mathématiques, symétrie axiale, théorie des situations.

SUMMARY

This work deals with the development and experiment of a class situation regarding axial symmetry in the 3rd, 4th and 5th grade in primary school. It includes the use of a dynamic geometry software. According to the didactic engineering, this work analyses, in three classes, the transition from paper to screen and then from screen to paper, regarding its suitability and the required conditions in order to be operational within an experimental framework. This situation involves an investigation approach in order to teach pupils to manipulate axial symmetry.

KEY-WORDS

3rd, 4th and 5th grade, axial symmetry, didactic engineering, didactic situation theory (Brousseau), didactics, dynamic geometry software, game, geometry, mathematics.

INTRODUCTION.....	3
I. CADRE THEORIQUE	5
1. Des situations à jeux multiples	6
2. La symétrie et l’usage de logiciels informatiques dans les programmes	10
<u><i>La symétrie dans les textes officiels</i></u>	<u><i>10</i></u>
<u><i>Les technologies de l’information et de la communication dans les programmes</i></u>	<u><i>13</i></u>
3. L’intégration de l’informatique au service de la géométrie	15
4. La symétrie comme objet mathématique à l’école	18
5. Méthodologie : une micro ingénierie didactique	21
II. MISE EN SITUATION	24
6. Présentation des classes	25
7. Présentation de la séquence.....	26
8. Construction des outils	27
<u><i>Le principe : plier le terrain</i></u>	<u><i>27</i></u>
<u><i>Les règles : compter les points</i></u>	<u><i>28</i></u>
<u><i>Le matériel : varier les possibilités stratégiques.....</i></u>	<u><i>29</i></u>

<i>Variations sur la situation</i>	32
9. Postures de l'enseignant	34
III. ANALYSE DES DONNEES	35
10. La dévolution par le jeu et par l'écran	36
<i>Pour des habitudes de classe informatisée</i>	<u>36</u>
<i>De la confusion des motifs et des langages</i>	<u>40</u>
11. Passage jeu papier/ vidéoprojecteur	43
12. Passage de l'ordinateur aux traçage sur les terrains papier	46
CONCLUSION	53
BIBLIOGRAPHIE	56
ANNEXES	59
Annexe 1 : Séquence	60
Annexe 2 : Verbatim.....	68

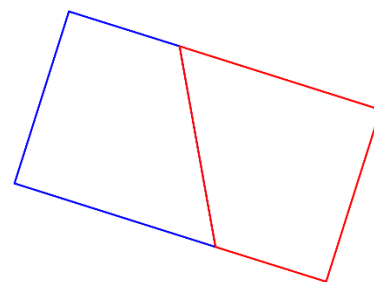
INTRODUCTION

Lors d'un travail sur les quadrilatères dans sa classe de CM1-CM2, Noémie demanda aux élèves de construire des quadrilatères à seulement 1, puis 2, puis 3 angles droits. La quasi-totalité des élèves s'est rendu compte qu'il était impossible de construire un quadrilatère à 3 angles droits seulement. Et à la fin d'un débat et de tentatives échouées, un élève de CM1 n'était toujours pas convaincu. Il lui a été laissé la possibilité d'essayer chez lui et d'en reparler la semaine suivante. La semaine suivante, il était de nouveau persuadé d'avoir trouvé la solution et se rend compte en classe que ça ne fonctionne pas. Il ne voulait toujours pas y croire. Estimant pouvoir trouver une solution à ce problème, il décida, une fois rentré chez lui de lancer une recherche sur Internet afin de vérifier, pour annoncer la semaine suivante en classe qu'effectivement, il était impossible de construire un quadrilatère à 3 angles droits seulement. Discutant de cette anecdote entre enseignants, nous nous sommes interrogés sur les utilisations de l'informatique par les élèves. Le réflexe de vérifier la réponse de l'enseignant en plaçant sa confiance dans l'ordinateur, nous incita à imaginer une manière de tirer profit de cette logique dans le cadre de la classe. Ainsi est née l'idée d'utiliser l'outil informatique dans le cadre de ce mémoire pour tenter de placer les élèves dans la même posture d'autonomie et d'investigation que cet élève dans sa recherche de réponse. Etant tous deux en charge de la géométrie dans nos classes, nous avons pensé utiliser le logiciel Geogebra dans ce but.

Pour ne pas être artificielle, l'utilisation d'un logiciel de géométrie dynamique en classe doit servir un apprentissage spécifique. Nous avons donc sélectionné une notion que nous devons travailler conjointement et à partir de laquelle il était possible d'exploiter des possibilités du logiciel. Les difficultés propres à l'apprentissage de la symétrie et la nécessité d'inciter les élèves à la manipulation pour s'approprier ses usages mathématiques nous ont poussés à choisir la symétrie axiale comme objet mathématique de notre mémoire. Partant de cet objet d'enseignement avec l'idée d'utiliser le logiciel Geogebra, nous avons imaginé une situation mettant en jeu une démarche d'investigation afin d'analyser les modalités du passage par l'informatique. De ces questions et choix préalables alimentés par des lectures théoriques qui seront présentés dans le corps du texte, nous avons donc extrait la problématique suivante : Comment faciliter le passage écran (souris) papier (crayon) pour résoudre un problème impliquant la symétrie axiale dans le cadre d'une démarche d'investigation en cycle 3 ?

Pour répondre à cette problématique, nous analyserons en premier lieu le champ théorique qui confèrent sens et méthodologie à notre travail. La première partie de ce travail présente la théorie des situations de Brousseau et la méthode de l'ingénierie didactique, qui modélisent notre lecture de la démarche d'investigation en mathématiques et orientent les contours de cette expérimentation. La spécificité de notre problématique met en fait deux aspects en avant : la symétrie d'un côté, l'intégration des technologies de l'information et de la communication pour l'enseignement (TICE) en classe de l'autre. Notre première partie permettra de préciser les outils théoriques permettant d'analyser ce second point et également de préciser la manière dont ces deux aspects sont traités dans les instructions officielles qui fixent l'orientation de notre travail en classe.

Dans une seconde partie, nous présenterons la situation de jeu telle que nous l'avons construite en amont. Etant donné que l'ensemble de ce travail renvoie à ce jeu, il est essentiel d'en présenter le principe dès à présent. Le jeu consiste à placer des points à l'intérieur d'un rectangle divisé en deux parties par un segment passant par le centre du cercle circonscrit du rectangle. Présentée comme une partie de tennis, les élèves se trouvent chacun d'un côté du terrain figuré par le rectangle et dont le filet est représenté par le segment passant par le centre. Ce segment n'est pas perpendiculaire aux deux côtés opposés du rectangle qu'il joint. Lorsque le rectangle est plié par le segment, les points placés par les joueurs ne doivent pas être superposés à la partie pliée. Pour répondre à notre problématique, cette situation de base a été déclinée en fonction du support (papier ou écran). Comme nous le verrons, elle supporte de nombreuses variantes.



Ill. 1. Un terrain du jeu.

La troisième partie sera consacrée à l'analyse des données recueillies en classe. Cette analyse se fera en trois temps. En premier lieu, il s'agira d'analyser les modalités de mise en œuvre de l'introduction de l'informatique en classe. Puis, nous analyserons successivement deux modalités du passage entre l'écran et le papier programmées dans notre séquence. En premier lieu, il s'agira d'analyser les modalités du passage du papier à l'écran inscrit dans notre situation dans la prise en main du jeu et les premières tentatives des élèves. Enfin, nous analyserons les données informatiques et papiers recueillies lors du passage de la situation de jeu à proprement parler à la phase d'apprentissage.

I. CADRE THEORIQUE

1. DES SITUATIONS A JEUX MULTIPLES

Dans sa théorie des situations didactiques, Brousseau définit la notion de jeu comme un « instrument de modélisation » (1998, p.80). Il confère un enjeu particulier à cette notion en tant que modèle de « situation » d'enseignement (*Idem*, p.82). Ainsi, « postuler l'objet de l'étude didactique et [...] prouver son existence » (*Idem*, p.88) passe par une traduction théorique empruntée aux sciences humaines et sociales (théorie des jeux et systémie). Cette conception permet d'éclairer les situations à partir d'un cadre général qui offre de passer de manière analogique d'un niveau à l'autre pour analyser l'interrelation des acteurs en présence et leurs contraintes propres : l'enseignant et ses contraintes, préparatifs, objectifs, etc. ; les élèves et leurs stratégies, etc. ; les institutions ; etc. Une situation didactique correspond donc à plusieurs niveaux de mise en relation de « joueurs » mais aussi à plusieurs jeux entremêlés.

Pour le didacticien, le premier niveau du jeu, celui qui correspond à son champ d'investigation correspond à ce que Brousseau nomme le contrat didactique. Le terme de contrat soulève une ambiguïté car il suppose un type de relation réglementée à laquelle chaque partie souscrit volontairement. Or ce « contrat » doit plutôt être lui-même pensé sur le modèle du jeu dans la mesure où il se définit par le réajustement continu des protagonistes en fonction des actions, mises et stratégies des participants qui vont au-delà de ceux présents en classe. Suivant le cadre général de l'enquête, l'enseignant est donc lui-même confronté à un milieu qui induit la cinquième définition de la notion de jeu proposée par l'auteur.

« C'est [...] l'ensemble des positions entre lesquelles le joueur peut choisir dans un état donné du jeu (au sens 2 [*game*¹]) – et par extension, en mécanique par exemple, l'ensemble des positions possibles et donc les mouvements d'un système, d'un organe, d'un mécanisme que l'on a par ailleurs assujetti à respecter certaines contraintes. »
(*Idem*, p.82).

L'utilisation du concept de contrat didactique semble donc être à première vue le symbole de la relation de l'enseignant et du didacticien à leur milieu et leurs objectifs propres, vis-à-vis des élèves mais aussi des institutions qui orientent les termes de ce contrat. Il permet d'explicitier la manière dont ses termes peuvent être respectés pour la seule véritable partie signataire, à savoir l'enseignant (et le didacticien). Personnalisé et contextualisé par les acteurs concernés, il prend alors une autre

¹ Le « *game* », selon la définition d'André Lalande citée par Brousseau est « l'organisation de cette activité sous un système de règles définissant un succès et un échec, un gain et une perte. » (1998, p.82).

valeur : « Le concept théorique en didactique n'est donc pas le contrat (le bon, le mauvais, le vrai, ou le faux contrat) mais le *processus de recherche d'un contrat* hypothétique. » (*Idem*, p.62). L'enjeu de ce contrat délimite les contours et fixe le cap des activités de l'enseignant et du didacticien. Il consiste à maîtriser au maximum les moyens d'accompagner les élèves dans leurs apprentissages, dont les contenus ne relèvent pas du contrat didactique mais du contrat culturel et social². En somme, le contrat didactique est comme l'étalon des objets scientifiques propres aux didacticiens, vis-à-vis duquel son laboratoire est par conséquent l'ensemble des milieux d'apprentissages.

La théorie des situations découle de cette logique de jeux emboîtés qui permettent à l'enseignant d'articuler au mieux les enjeux de la partition culturelle et sociale attendue et l'appropriation de son rôle dans la version du contrat qui vise plus directement le jeu de l'apprentissage en classe. La théorie des situations se concentre sur ce second aspect à partir du même principe théorique. En classe, le contrat didactique consiste d'abord à « faire fonctionner une connaissance chez l'élève » (*Idem*, p.300). Or, « [nous] savons que le seul moyen de "faire" des mathématiques, c'est de chercher et résoudre certains problèmes spécifiques et, à ce propos, de poser de nouvelles questions. » (*Idem*, p.61). La théorie des situations admet que chaque connaissance spécifique résulte d'une adaptation aux contraintes d'un milieu donné. Elle tente donc de proposer des situations problèmes que les élèves ne peuvent résoudre qu'en expérimentant les caractéristiques propres de la connaissance en question, des situations fondamentales. Vis-à-vis des élèves le sens du contrat, pour l'enseignant, réside donc dans un transfert de la responsabilité de l'apprentissage à l'apprenant que Brousseau nomme dévolution. « La dévolution est l'acte par lequel l'enseignant fait accepter à l'élève la responsabilité d'une situation d'apprentissage [...] ou d'un problème et accepte lui-même les conséquences de ce transfert. » (*Idem*, p.303). Accepter les conséquences de ce transfert signifie de fait de dissimuler la relation didactique dans les représentations les plus classiques de la relation maître-élève derrière une situation artificielle, qui doit être considérée comme telle. En effet, l'essentiel n'est pas que la situation s'écarte le plus possible du contexte scolaire mais bien qu'elle vise spécifiquement et efficacement une connaissance cible. « Dédidactiser » ne signifie pas une sortie du jeu du contrat mais bien la création d'un « jeu à l'intérieur du jeu ». L'enseignant doit donc mettre en place un pendant dialectique à la relation didactique : une situation adidactique. Une situation adidactique est une situation pour laquelle l'enseignant propose un outil de médiation entre lui et l'élève dans le but que

² Sur ce point, voir (Chevallard, 1991).

l'élève soit en situation de construire ses connaissances face à cet outil qui les requiert. L'outil en question est l'environnement proche de l'élève qui doit faciliter le processus de dévolution, l'idéal étant que l'enseignant comme l'élève n'aient à intervenir que sur l'outil proposé (le milieu de la situation adidactique) et non directement sur les contenus de connaissances qui apparaissent dans le cours de la gestion de la situation.

« L'élève acquiert ces connaissances par diverses formes d'adaptations aux contraintes de son environnement. En situation scolaire l'enseignant organise et constitue un milieu, par exemple un problème, qui révèle plus ou moins clairement son intention d'enseigner un certain savoir à l'élève mais qui dissimule suffisamment ce savoir et la réponse attendue pour que l'élève ne puisse les obtenir que par une adaptation personnelle au problème posé. La valeur des connaissances acquises ainsi dépend d'un fonctionnement "réel", culturel du savoir, donc du degré de refoulement adidactique obtenu. » (*Idem*, p.302).

Pour ce faire, il nous a semblé que l'utilisation d'un jeu, au sens d'activité ludique et d'ensemble de règles explicites qui offre aux joueurs de gagner ou non, est un bon moyen d'enrichir le contrat didactique tout en facilitant la dévolution aux élèves. Le milieu matériel proposé par le jeu du terrain fantôme (des pseudos-plateaux de jeu, des repères de couleurs pour les joueurs) permet de dédramatiser les enjeux du contrat didactique en termes de connaissances et de savoirs, mais les élèves restent toutefois conscients qu'ils se trouvaient dans un espace didactique clairement identifié (la classe).

Brousseau distingue trois catégories d'interactions entre les élèves et le milieu qui permettent de spécifier les situations adidactiques en fonction des activités des élèves. La première correspond à un échange d'informations non codées ou sans langages. Les choix et décisions relèvent uniquement de l'action sur le milieu. La seconde est l'échange d'informations sur le milieu codées dans un langage, c'est la formulation qui ne requiert pas nécessairement de validation. La troisième est l'émission d'un jugement, qui nécessite un échange de preuves, d'arguments et de démonstrations, une validation explicite. Ces trois catégories d'activités sont en fait emboîtées mais signalent des niveaux d'explicitation de plus en plus élaborés. L'activité de validation explicite requiert l'échange d'informations et est elle-même une action sur le milieu de type particulier. De plus, à ce niveau, il est encore possible de distinguer si ces jugements concernent uniquement un milieu spécifique ou sont susceptibles d'être généralisés ou transférés dans d'autres contextes (*Idem*, pp. 98-100). Nous avons donc estimé que passer par un jeu permettrait aussi aux élèves de tenir compte de la dimension factice de l'artefact et de s'appropriier un ensemble de variations

facilitant l'identification de la connaissance visée. Nous avons donc postulé que cette dimension permettrait de faciliter l'identification du rapport entre les connaissances en jeu relatives à la symétrie axiale et leur formulation. De plus, les différentes modalités du jeu (en binômes et par équipes de 4 ou 5) étaient l'occasion de provoquer chez les élèves des possibilités de communications (formulations et validations) permettant l'identification de stratégies gagnantes à partir des contraintes physiques du jeu et des contraintes organisationnelles du milieu. Par ailleurs, l'utilisation de l'informatique en classe constitue sans doute par lui-même un facteur de dévolution dans la mesure où l'utilisation programmée de l'ordinateur suscite des résistances liées aux paramètres prévus dans l'utilisation d'un logiciel de géométrie tel que celui utilisé ici (Geogebra). Ce point sera abordé plus en détail plus loin.

Toutefois, pour Brousseau, le jeu de l'enseignant est à double face. D'un côté, il doit rendre les savoirs accessibles à chaque élève, par recontextualisation et repersonnalisation grâce aux moyens mis en œuvre dans la situation adidactique. Ce pan correspond à la définition qu'il donne de la dévolution. Mais d'un autre côté, le contrat didactique est aussi un jeu de contraintes extérieures identifié de manière plus classique comme étant le rôle premier de l'enseignant : ce dernier doit apprendre des choses aux élèves, ces « choses » étant entendues comme un corpus de savoir culturellement accepté et formulable.

« La prise en compte "officielle" par l'élève de l'objet de la connaissance et par le maître, de l'apprentissage de l'élève et un phénomène social très important et une phase essentielle du processus didactique : cette double reconnaissance est l'objet de l'institutionnalisation. » (*Idem*, p.311)

Comme le reconnaît l'auteur, cette dimension avait d'abord été négligée dans les recherches qu'il avait lui-même mises en œuvre. Dans la négociation entre les objectifs de la recherche et ceux de l'enseignement effectif, les enseignants mirent en lumière cet aspect de la théorie des situations. Or ce dévoilement soulève de nouvelles questions quant à savoir ce qui peut être enseigné en mettant en parallèle les jeux concomitants de l'enseignant et ceux des élèves à travers le contrat didactique. L'exemple de la géométrie pris par Brousseau, dans un passage où il analyse la difficulté d'institutionnaliser le sens de l'apprentissage et de certains savoirs en particulier, est particulièrement intéressant pour notre propos. Comme nous le verrons, le cas de la symétrie axiale met le doigt sur cette question. Comment institutionnaliser un savoir concernant cet outil mathématique, étant données les limites préconisées concernant son usage en primaire (voir la partie suivante sur les programmes) ? D'autre part, le choix de travailler cette notion pour une recherche concernant plus directement le passage entre le papier et l'écran à partir d'une situation

adidactique semble favoriser la dévolution aux élèves mais l'institutionnalisation des savoirs inscrits dans cette situation témoigne ici d'une double gageure : il s'agissait non seulement de délimiter des savoirs propres à la symétrie axiale mais aussi d'offrir la possibilité aux élèves de s'approprier par l'expérimentation de savoir-faire informatiques. Or, nous verrons que cette double problématique a sensiblement déplacé, si ce n'est détourné nos anticipations.

Ainsi, la situation expérimentée et analysée dans la suite de ce mémoire permet de mettre en lumière l'enchevêtrement de ces différentes difficultés. Notre analyse concerne plus précisément celles inhérentes à la symétrie comme objet mathématique et objet d'enseignement et celles qui concernent la gestion des passages à l'informatique en milieu réel. Comme le montre l'expérience relatée par Brousseau, la question de l'institutionnalisation soulève des problèmes spécifiques qui peuvent être traités séparément du projet propre à la création d'une situation adidactique, c'est pourquoi nous ne la traiterons pas spécifiquement ici. D'autre part, pour avoir été expérimentée dans trois classes, notre expérience embrasse les trois niveaux du cycle. Ce choix permettra d'affiner les variables de la situation en fonction du niveau des élèves et des enjeux qu'ils sont susceptibles d'attendre d'une situation adidactique, notamment par rapport à la résistance du milieu.

2. LA SYMETRIE ET L'USAGE DE LOGICIELS INFORMATIQUES DANS LES PROGRAMMES

Notre problématique implique d'aborder parallèlement deux aspects contenus dans les textes officiels : la symétrie axiale et l'utilisation des Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement (TICE) et particulièrement celui des logiciels de géométrie dynamique. Une lecture des programmes actuels nous invite donc à une mise en perspective de ces deux points dans une dimension comparative, étant donnés les contenus des programmes actuels et la situation actuelle de changement de référentiel dès la rentrée prochaine.

La symétrie dans les textes officiels

La symétrie axiale ou orthogonale, voire « par rapport à une droite³ » n'intègre le cadre de la géométrie théorique que dans la seconde moitié du dix-neuvième siècle et les programmes de l'enseignement qu'à la fin du dix-neuvième siècle « lorsque les transformations [du plan] sont considérées comme des objets mathématiques » (Tavignot 1995, p.37-38). Selon Chesnais, la

³ Voir les nuances apportées par Tavignot (Tavignot 1995, p.39-41)

symétrie axiale existe dans les programmes du primaire (Cours préparatoire) depuis le début du vingtième siècle, dans la catégorie des dessins d'ornements et des travaux manuels. Dans la seconde moitié du vingtième siècle, la symétrie est également présente dans les programmes comme « concept quotidien et pratique » notamment en relation avec les leçons de choses (Chesnais 2009, p.83-84). Ce n'est qu'à partir de 1985 que les transformations ponctuelles du plan dont relève la symétrie axiale intègrent les programmes du primaire (cours moyen). Chesnais analyse cette introduction dans une logique générale « descendante » jusqu'en 1985 puis « ascendante » jusqu'en 2005, qu'elle dégage de sa lecture des programmes du collège et du secondaire.

« Il semble donc qu'après une dynamique descendante des contenus liés à l'enseignement des transformations, c'est-à-dire le fait que l'enseignement des transformations soit passé au cours du siècle des classes postsecondaires au lycée, puis au collège, phénomène atteignant son apogée avec les programmes de 1985 (la symétrie axiale en sixième, la symétrie centrale en cinquième, la translation et la rotation en quatrième et les compositions de transformations en troisième), la tendance devient ascendante avec une remontée dans les niveaux scolaires des transformations, la première (symétrie axiale) restant toutefois introduite en sixième. » (Chesnais 2009, p.82)

Ainsi, la symétrie axiale comme fait d'enseignement dans les programmes du primaire correspondrait à une forme de résidu de cette logique jusqu'aux programmes de 2002. « Dans les programmes de 2002, on retrouve la notion de symétrie comme concept quotidien, outil de perception, ainsi que les prémisses du concept mathématique, mais limités au pliage. » au cycle 2 (Chesnais 2009, p.84). Au cycle 3, la symétrie conserve le statut de concept mathématique associé aux propriétés des figures et inscrit explicitement dans le cadre de la liaison école-collège.

« Il s'agit d'après le document d'accompagnement sur la liaison école-collège de la " mise en place d'images mentales pour les principaux concepts rencontrés", mais les élèves doivent maîtriser un certain nombre de compétences : "Concernant la symétrie, les élèves savent compléter une figure en utilisant des techniques de pliage ou le papier calque. Ils savent aussi construire le symétrique d'une figure sur quadrillage (axe vertical, horizontal ou en suivant une diagonale)". » (*Idem*, p.84).

Le document d'accompagnement précise également que « La construction du symétrique d'un point et l'étude systématique de la symétrie relèvent du collège. » (Document d'accompagnement, 2002, 94). Cette précaution semble s'inscrire dans la ligne de « l'interdiction ministérielle » présente dans le programme de 1985, qui précisait pour la classe de 6^{ème} : « La symétrie axiale n'a... à aucun

moment, à être présentée comme une application du plan dans lui-même ». (Cité par Bautier 1995, p.107)⁴. Donc, si la symétrie comme objet mathématique « descend » jusqu'en primaire, c'est toutefois avec de grandes précautions attachées à une conception des capacités de conceptualisation des élèves. Dans le même ordre d'idée mais de manière plus directe, Berthelot et Salin expliquent l'entrée de la symétrie comme concept mathématique à l'école primaire par une raison hétérogène. Ils affirment que l'inscription des transformations ponctuelles dans les programmes de 1985 résulterait plutôt d'une légitimation du domaine de recherche hors de la sphère scolaire (Berthelot et Salin 1992, p.159). Quoiqu'il en soit, il est intéressant de voir à quel point le statut de la symétrie axiale dans les programmes est susceptible de modifications et de discussions et peut donc aussi conduire à des difficultés dans sa pratique en classe

De 2002 à 2015, la formulation des enjeux du cycle 3 dans les programmes diffèrent mais restent axés sur les capacités des élèves, avec, semble-t-il, une légère inflexion dans les programmes de 2008 qui n'évoque que le recours aux instruments et moins le recours au langage argumenté. Les élèves sont incités à passer progressivement : « [...] d'une géométrie où les objets et leurs propriétés sont contrôlés par la perception à une géométrie où ils le sont par explicitation de propriétés et recours à des instruments. » en 2002 ; « [...] d'une reconnaissance perceptive des objets à une étude fondée sur le recours aux instruments de tracé et de mesure. » en 2008 ; « Les activités géométriques pratiquées au cycle 3 s'inscrivent dans la continuité de celles fréquentées au cycle 2. Elles s'en distinguent par une part plus grande accordée au raisonnement et à l'argumentation qui complètent la perception et l'usage des instruments. » en 2015. Ainsi la transition par les instruments semble-t-elle constituer un enjeu de transition majeur entre la manipulation d'objets quotidiens et celle d'objets mathématiques. Cette conception semble bien orienter la logique des programmes concernant la symétrie axiale.

Dans les programmes de 2008, l'étude de la symétrie en cycle 3 est moins présente par rapport au programme de 2002. Alors que la dimension symétrique est présente dès la maternelle (associée aux activités graphiques) dans les programmes de 2002 (BO 2002, p.23), elle est lapidairement évoquée pour le cycle 2 en 2008 (BO 2008, p.33). Pour le cycle 3, les repères de progressivité donnent, pour le CE2 : « Reconnaître qu'une figure possède un ou plusieurs axes de symétrie, par pliage ou à l'aide du papier calque » et « Tracer, sur papier quadrillé, la figure symétrique d'une figure donnée par rapport à une droite donnée ». En CM1, les élèves doivent pouvoir « Utiliser en situation le vocabulaire géométrique [...] axe de symétrie, [...] ». Dans le

⁴ Voir plus bas sur les différents niveaux d'appréhension de la symétrie axiale.

cadre d'un problème de reproduction et de construction, ils doivent pouvoir « Compléter une figure par symétrie axiale ». Ces préconisations sont très directement liées à l'étude des figures. La symétrie n'est pas proposée comme item de progression au CM2.

Comment l'étude de la symétrie est-elle traitée dans les futurs programmes de 2015 ? Une lecture des programmes montre que les objectifs concernant la symétrie axiale ne paraissent pas bousculés sur le fond mais le passage du CE2 en cycle 2 paraît bien se situer dans la logique de « descente » décrite plus haut. La symétrie est traitée de manière plus conséquente qu'en 2008. Comme acquis de fin de cycle, l'élève de CE2 doit savoir « Reconnaître si une figure présente un axe de symétrie (à trouver). Compléter une figure pour qu'elle soit symétrique par rapport à un axe donné. » Un paragraphe (connaissances et compétences) est consacré spécialement à la symétrie axiale : « Une figure décalquée puis retournée qui coïncide avec la figure initiale est symétrique : elle a un axe de symétrie (à trouver) », « Une figure symétrique pliée sur son axe de symétrie, se partage en deux parties qui coïncident exactement ». De la même manière, le passage de la sixième en cycle 3 ne paraît pas modifier fondamentalement la logique de progressivité qui va de la manipulation attachée aux figures connues, aux propriétés de la symétrie axiale en 6^{ème} et à la construction des symétriques de points et non plus uniquement de figures. Mais, il pourra être intéressant à l'usage, de voir si cette présentation est susceptible de transformer les pratiques des enseignants du primaire concernant la symétrie.

Les technologies de l'information et de la communication dans les programmes

Selon Chaachoua, dès 1996, les programmes de sixième affichent une volonté d'intégrer les nouvelles technologies (2000, p.1). Plus récemment, dans ceux de 2008, on peut lire « La culture numérique impose l'usage raisonné de l'informatique, du multimédia et de l'internet ». Les TICE n'apparaissent dans ces programmes que dans le cadre du brevet informatique. L'usage des nouvelles technologies s'intensifie dans les programmes de 2015, comme nous le verrons. Non seulement les outils informatiques ont une place de choix mais leur usage est beaucoup plus précisé. Les logiciels de géométrie dynamique étaient limités à la classe de seconde en 1996 (Chaachoua 2000, p.1) tandis que l'on peut lire dans les programmes de 2015 :

« Au CM1, on réserve l'usage de logiciels de géométrie dynamique à des fins d'apprentissage manipulatoires (à travers la visualisation de constructions instrumentées) et de validation des constructions de figures planes. À partir du CM2, leur usage progressif pour effectuer des constructions familiarise les élèves avec les représentations en perspective cavalière et avec la notion de conservation des propriétés lors de certaines transformations. »

Le point sur lequel les programmes de 2015 offre une véritable originalité par rapport aux programmes de 2008, dans le but possible d'accentuer une véritable cohérence de cycle réside dans l'intégration volontariste de nouveaux outils de manipulation. Les programmes de 2002 ainsi que les documents d'accompagnement incitaient déjà à « l'intégration et l'utilisation » de logiciels de géométrie dynamique, tandis que les programmes de 2008 ne donnaient pas d'indication particulière sur ce sujet, signalant uniquement dans une rubrique générique que « [les] technologies de l'information et de la communication sont utilisées dans la plupart des situations d'enseignement » (BO 2008, p.26). Les programmes de 2015 donnent de nombreuses indications sur les modalités d'utilisation de ces outils dès le cycle 2 :

« L'initiation à l'utilisation de logiciels de géométrie permettant de produire ou déplacer des figures ou composantes de figures se fait graduellement, en lien avec l'ensemble des activités géométriques et le développement des connaissances et compétences géométriques. L'usage des logiciels de géométrie dynamique relève essentiellement des cycles 3 et 4. »

L'usage d'outils numériques intègre directement, dans les programmes de 2015, les outils habituels du primaire pour manipuler la symétrie.

« Utiliser du papier calque, des découpages, des pliages, des logiciels permettant de déplacer des figures ou parties de figures. »

L'usage des logiciels de géométrie dynamique au cycle 3 est une véritable incitation.

« De même, des 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 [...] »

« Réaliser une figure simple ou une figure composée de figures simples à l'aide d'un logiciel. »

« Au CM1, on réserve l'usage de logiciels de géométrie dynamique à des fins d'apprentissage manipulatoires (à travers la visualisation de constructions instrumentées) et de validation des constructions de figures planes. À partir du CM2, leur usage progressif pour effectuer des constructions, familiarise les élèves avec les représentations en perspective cavalière et avec la notion de conservation des propriétés lors de certaines transformations. »

Les enjeux de l'utilisation de logiciels sont encore plus explicites pour le cycle 4 et montrent ainsi la logique de familiarisation progressive demandée par l'institution. Ainsi, la formation précoce des

élèves à leur maniement relève sans doute d'une volonté d'articuler les apprentissages dans le cycle 3 et dans l'ensemble des cycles de la scolarité obligatoire. Pourtant, une véritable difficulté résulte de cette ambition. Si les professeurs du collège disposent bien souvent d'une formation poussée, spécialisée, et éventuellement de moyens pour favoriser l'acculturation des élèves à l'informatique, une véritable mise à niveau est susceptible d'être nécessaire pour les enseignants du primaire. Pour ce qui nous concerne, les enjeux de manipulation de la symétrie entre le CM1 et le CM2 semblent dans tous les cas appropriés pour cette intégration. Reste à voir dans quelle mesure cette démarche ne risque pas également d'inciter les enseignants du primaire à s'approprier les enjeux dévolus à la sixième concernant la symétrie. Comme nous le verrons, des raisons plus spécifiquement didactiques sont peut-être aussi susceptibles d'entraîner un tel mouvement.

3. L'INTEGRATION DE L'INFORMATIQUE AU SERVICE DE LA GEOMETRIE

L'Education Nationale a la volonté de suivre une société en mouvement, qui se tourne de plus en plus vers les nouvelles technologies (Assude et Gélis 2001, p.259). Comme nous l'avons vu, ce changement transparait dans les programmes. C'est ce qu'Assude et Gélis appellent la « légitimité institutionnelle ». Ils mettent en avant l'importance de trouver un intérêt réel d'un point de vue didactique pour valider les outils informatiques au sein d'une classe ordinaire (*Idem*, p.266). La plus-value des outils informatiques est développée dans de nombreux textes scientifiques. Cela permet d'« offrir des possibilités pour la vie des objets d'enseignement que d'autres environnements, comme papier-crayon, ne peuvent pas offrir » (Chaachoua 2004, p.2.). Si les conditions d'intégration développées ci-après sont remplies (et que l'utilisation d'un logiciel de géométrie dynamique n'est pas un obstacle pour l'élève), l'utilisation de logiciels de géométrie dynamique peut être au service de l'élève et cela de différentes manières. Assude et Gélis (2001, p.261) se référant à l'économie du logiciel Cabri, en énumèrent les avantages : une « rapidité d'exécution [...] la possibilité d'observation d'une grande quantité de dessins et d'une grande variabilité de positions, sur la possibilité de faire des expériences graphiques ». Ce champ d'expérimentation induit par l'utilisation d'un logiciel de géométrie dynamique permet à l'élève de répondre au problème posé par des stratégies d'essais-erreurs (Trgalova, Jana *et al.* 2009, p.6). Ces logiciels ont aussi la particularité de pouvoir être des amplificateurs visuels du fait de la précision des traits (*Ibidem*). La « possibilité d'observation d'une grande quantité de dessins et d'une grande variabilité des positions » observables d'une figure (Assude et Gélis 2001, p.261) permet à l'élève

de « dépasser les considérations sur les caractéristiques spatio-graphiques de la figure pour s'intéresser aux propriétés géométriques » (Trgalova, Jana et al. 2009, p.6) et ainsi de distinguer dessin et figure.

Mais en plus d'amener une richesse dont l'enseignant aurait conscience, l'intégration généralisée des TICE au sein de l'école primaire pourrait motiver des changements pertinents d'un point de vue didactique de par son utilisation. En effet, il existe « une forte prégnance d'une géométrie de la mesure, assez générale à l'école primaire, qui fait obstacle à la géométrie des propriétés et renforce la représentation de la géométrie comme reproduction de dessin (ERMEL 2006) ».

« (...) la géométrie est souvent vue à l'école élémentaire comme l'enseignement d'un vocabulaire et non comme la construction d'un modèle cohérent des phénomènes spatiaux. L'usage d'un logiciel de géométrie dynamique pourrait donc changer la conception de la géométrie chez les enseignants et motiver un changement de l'enseignement. » (Grugeon-Allys 2008, p.76)

Les logiciels de géométrie dynamique permettraient donc à l'élève de faire progressivement la distinction entre dessin et figure. Cependant, l'intégration des TICE au sein d'un enseignement n'est pas quelque chose d'évident. Le rapport de l'enseignant vis-à-vis de l'outil informatique va être déterminant. Certains enseignants ne souhaitent pas se lancer sans une maîtrise totale de l'outil, ce qui demande un grand investissement de temps, et cet investissement sera fait seulement si l'enseignant voit un intérêt, ce qui n'est pas évident (Chaachoua 2000, p.3). Il faut aussi que l'enseignant accepte que l'objet mathématique étudié subisse des changements transposé dans l'environnement informatique. Enfin, même si la démarche expérimentale induite par l'utilisation de logiciel permet à un plus grand nombre d'élève de comprendre, elle demande du temps, ce qui peut poser problème pour les enseignants de mathématiques (*ibidem*) Un second obstacle sera celui de la « transposition informatique » en elle-même, concept introduit par Balacheff (1993, p.1), à savoir les modifications du savoir dû au changement d'environnement.

La mise en place nécessite de fait beaucoup de travail de réflexion en amont. D'une part il est intéressant de se pencher sur la « genèse instrumentale » (Rabardel 1995, p.4) « Les genèses instrumentales résultent d'un double processus d'instrumentalisation et d'instrumentation. » (Rabardel 1995, p.5), c'est-à-dire que cette genèse comporte à la fois un travail sur l'outil même et un travail sur la manière dont l'outil est intégré en classe. La pertinence de choix d'utilisation d'un artefact n'est pas quelque chose d'évident. Différents individus auraient des usages différents face à un même outil, selon le contexte spécifique à chaque situation. Cela permettrait d'avoir, à partir

d'un même artefact « plusieurs instruments individualisés en fonction de la spécificité des objets et des tâches » (Rabardel 1995, p.103)

Des séances de prise en main du nouvel outil sont essentielles pour le bon fonctionnement d'une situation intégrant les TICE. « Ainsi les TICE doivent-ils être à la fois outil et objet de formation » (Chaachoua 2000, p.3). Ces séances d'initiation au logiciel vont être déterminantes dans l'installation d'un nouveau contrat didactique, un peu différent de celui dans un cadre « papier-crayon » (Assude et Gélis 2001, p.266). L'enseignant va devoir intégrer le nouvel instrument (ou logiciel) dans l'environnement déjà connu du « papier-crayon » et des instruments de géométrie qui y sont liés (Grugeon-Allys 2008, p.77). Il va chercher la « juste distance » entre l'ancien (l'habituel) et le nouveau (...) une des conditions premières d'intégration [des TICE] » (Assude et Gélis 2001, p.259)

Une première difficulté sera de dépasser le fait que pour certains élèves les activités sur ordinateurs sont liées aux jeux, l'un des buts de cette « genèse instrumentale » sera de montrer que le logiciel est un outil de travail et que l'élève sera, lors des séances de prise en main du logiciel, dans une position où les consignes seront précises et à suivre pas à pas. Dans l'expérience menée par ces chercheurs avec le logiciel Cabri, des élèves se plaignaient du fait que l'ordinateur ne faisait pas ce qu'on lui demandait. Il s'agit alors de sortir de l'aspect magique associé à l'ordinateur : il s'agit d'un outil qu'il faut apprendre à utiliser. Il ne s'agit donc pas d'un changement radical du contrat didactique mais d'apporter du nouveau dans l'ancien (Assude et Gélis 2001).

Le contenu de ces séances d'initiation devra aussi être réfléchi de sorte que l'élève découvre un maximum de fonctionnalités du logiciel mais qu'il n'y ait pas de nouveaux apprentissages visés (Assude et Gélis, 2001 : 267), afin de travailler conjointement les connaissances mathématiques anciennes et les connaissances instrumentales nouvelles (Grugeon-Allys, 2008). Enfin, l'institutionnalisation comportera des connaissances mathématiques et instrumentales (Assude et Gélis, 2001, p.267) Dans cette même expérience, tout a été fait de sorte que cette étape de prise en main ne dépasse pas les 3 séances (même si les enseignantes faisant partie de l'expérimentation ont préféré en rajouter une 4^{ème}).

En ce qui concerne le corps de la séquence, de nombreux gestes professionnels doivent être adaptés. Il est important de réfléchir de manière précise à l'introduction d'un logiciel de géométrie dynamique afin de rester dans une démarche d'investigation. H. Chaachoua (2004, p.2) souligne ainsi « l'importance de proposer aux élèves des situations où les objets mathématiques sont mis en contexte et qui prennent en compte les spécificités de l'environnement informatique a priori

différentes de l'environnement papier-crayon. » Il ne s'agit en effet pas seulement de transposer ce que l'on aurait fait dans un environnement papier-crayon sur écran.

D'autre part, le rôle de l'enseignant se trouve changé : ce sera dorénavant « un rôle de chef d'orchestre » (Trouche 2005, p.272) qui repèrera les conceptions et techniques des élèves pour les faire évoluer via le logiciel (Grugeon-Allys 2008, p.77).

Le conflit papier-crayon écran peut faire obstacle au bon déroulement d'une séance intégrant un logiciel de géométrie dynamique : l'élève, motivé dans les tâches comportant l'ordinateur ne s'engage pas dans une tâche ou il faut passer au crayon. Une hypothèse est que l'aspect nouveau du logiciel complique la tâche de l'élève.

« Il nous semble que ces séances d'initiation ont mis en place un milieu matériel (Brousseau, 1996) en ce qui concerne les connaissances instrumentales et que le passage à l'écrit dans le but de permettre un arrêt et une réflexion sur l'action était trop nouveau pour qu'il puisse être accepté lors de ces séances. » (Assude et Gélis 2001, p.270)

Le travail à deux peut permettre de faire écrire. Cependant, ce travail à deux peut lui aussi entraîner des difficultés. Voici le témoignage d'une élève dans une situation de classe intégrant Cabri :

« Quand on se sent maître de la souris on veut en faire toujours plus. Mais, mon voisin ne fait que jouer ! Il ne fait que bouger la souris, cliquer et bouger la figure, tandis que moi, j'écris ! Un voisin pareil c'est très embêtant ! Moi je voudrais être toute seule, la maîtresse de la souris » (Assude et Gélis 2001, p.269)

En ce qui concerne la nouveauté du travail avec ce type de logiciel, les difficultés rencontrées lors de cette expérience ont été les suivantes : « beaucoup de demande d'aide, trop de difficultés conceptuelles, trop de difficultés instrumentales. » (Assude et Gélis 2001, p.273). L'utilisation des TICE, et plus précisément des logiciels de géométrie dynamique peut apporter beaucoup à l'enseignement mais doit se faire de manière réfléchie. Un certain protocole doit être suivi et ces séances doivent être pensées au sein des habitudes de classe.

4. LA SYMETRIE COMME OBJET MATHEMATIQUE A L'ECOLE

La symétrie résulte de l'élaboration de ce que Chevallard nomme la « noosphère » (Chevallard 1991, p.25). L'identité culturelle de la symétrie cristallise les attendus de la symétrie comme objet de savoir à enseigner. Elle est présente dans le langage courant dans deux sens différents : celui qui couvre l'idée d'une harmonie, liée à une certaine esthétique et un autre qui comprend l'idée d'une

symétrie bilatérale, « reliée aux notions usuelles de symétrie-miroir ou symétrie-plier ». On peut se rendre compte de l'importance de la culture dans l'apprentissage de la symétrie à travers l'enquête transculturelle réalisée par B. Denys (cité par Grenier 1988, p.7). Cette enquête porte sur des élèves de 11 à 15 ans, français et japonais qui présentaient des erreurs similaires mais dans une moindre mesure et à un âge moins avancé pour les élèves japonais que pour les élèves français. Cette enquête montre que l'apprentissage de la symétrie possède de fortes implications culturelles. Toujours d'un point de vue culturel, la modélisation des objets didactiques suivrait la correspondance établie par Piaget entre développement ontogénétique de l'individu et développement phylogénétique de l'espèce en tant que communauté culturelle, à savoir que l'évolution de l'enseignement d'un savoir serait le même que celui que la société a eu avec ce savoir. (Bulf 2008, p.29-30).

La symétrie est conçue à trois niveaux de déplacements. Le premier concerne le passage de la symétrie comme objet culturel en objet mathématique, à partir de « la relation de deux parties dans une même configuration géométrique ». (Tavignot 1995, p.37). Grenier (1988, p.65) précise qu'à ce niveau perceptif, c'est le pliage qui donne son sens à la relation entre les deux parties du plan considérées comme séparées. Au second niveau, cette symétrie est une bijection involutive. Chaque point et figure possède une image projetée dans un plan, dont l'image sont elles-mêmes les points et figures de départ. Les propriétés et relations réciproques des points et figures sont conservées par leurs images⁵. C'est l'application d'une règle « au moyen de laquelle on peut associer à tout point M du plan, un point et un seul M' du plan » (Grenier 1988, p.65). Au troisième niveau, la symétrie est perçue comme outil fonctionnel « afin de résoudre des problèmes, et de mettre en évidence des invariants ou des propriétés liées à des constructions de figures géométriques » (*Ibidem*). Ces trois niveaux d'appréhension de la symétrie fondent le parcours d'apprentissage de la symétrie comme objet de savoir du primaire au lycée.

Cette conception détermine les préconisations officielles. Jusqu'en CM2, la symétrie axiale à l'école primaire se limite à la manipulation de la symétrie par pliage, et à la correspondance isomorphique par l'utilisation du papier quadrillé. Ces préconisations montrent le statut de la symétrie à l'école primaire : celui d'un outil et non d'un objet mathématique. Nous utiliserons pour cela les procédures identifiées par les auteurs cités pour déterminer sur quelles conceptions l'accent doit être mis en classe (Chaachoua 2007, p.62).

⁵ Ces propriétés sont « les distances, les angles, les aires, le parallélisme, l'orthogonalité et l'alignement des points, mais changeant l'orientation des angles (c'est une isométrie inverse), et possédant des points invariants ceux de l'axe de symétrie » (Tavignot 1995, p.38)

Parmi les conceptions erronées habituelles des élèves, on peut s'attendre à ce qu'ils considèrent la symétrie comme une isométrie directe. Il faut alors leur faire prendre conscience du changement d'orientation qui a lieu lors de cette transformation (Grenier 1988 p.7) Le fait de considérer la symétrie comme une relation entre deux figures casse l'homogénéité du plan. Ils devront, à un niveau supérieur aller vers une hétérogénéité du plan pour « aborder la symétrie » (*Idem*, p.8). Lors du choix des activités proposées aux élèves, il semble important de proposer des variables « liées à la nature et la position des objets » (*Ibidem*) Dans le cadre dans l'enseignement de la symétrie, certaines distinctions semblent être indispensables, comme celle entre symétrie de points et symétrie de figure : en effet, il ne suffit pas à l'élève de « savoir construire le symétrique de plusieurs points pour savoir construire le symétrique d'une figure. » (*Idem*, p.78) Nous verrons plus loin pourquoi cette différence est importante lors du choix des exercices proposés aux élèves.

Grenier nous met en garde sur la position de l'axe de symétrie dans une critique de manuels d'enseignement dans lesquels l'horizontalité des axes de symétrie ne met en jeu que le caractère isométrique de la symétrie. Les élèves restent alors dans le dessin (*Idem*, p. 84). La critique semble transposable aux axes verticaux, qui est la conception de base d'un axe de symétrie chez les élèves (*Idem*, p.85). La critique faite des manuels de l'époque, et qui nous semble encore valable aujourd'hui est que la plupart des manuels ne proposent quasiment que des axes verticaux ou horizontaux lors de la construction de figure par symétrie axiale. D'après l'expérience menée par Grenier, l'axe oblique joue un rôle moins important dans la transformation d'une figure composée uniquement de points que dans d'autres figures. « Il serait donc plus pertinent de tracer des axes obliques lorsqu'on traite des figures que lorsqu'on traite des points » (*Ibidem*).

Le matériel utilisé est important dans l'approche de la symétrie. Dans les programmes de 2015, dès le cycle 2, on trouve l'utilisation de « papier calque, [de] découpages, [de] pliages, [de] logiciels permettant de déplacer des figures ou parties de figure. ». Au cycle 3, il est recommandé de « passer du pliage ou de l'utilisation de papier calque à la construction du symétrique d'un point par rapport à une droite à l'équerre ou au compas. » Les instruments changent donc : « règle graduée, équerre, compas, gabarits d'angles, bandes de papier » mais il reste le papier calque. Les supports sont variés : « géoplans, papier quadrillé, papier pointé, papier uni », ainsi que les matériels : papier/crayon, logiciels de géométrie dynamique.

5. METHODOLOGIE : UNE MICRO INGENIERIE DIDACTIQUE

L'ingénierie didactique interroge la relation entre théories et pratiques de l'enseignement. D'un côté, les recherches fondamentales en didactique(s) et en pédagogie (Meirieu 2004, p.184, p.189) soulèvent des questionnements légitimes concernant l'épistémologie de l'enseignement. En tant qu'il cherche à être fondé scientifiquement dans différentes sphères d'activité, l'enseignement est une pratique qui se situe en fait dans des espaces culturels hétérogènes que les chercheurs cherchent à déconstruire et reconstituer théoriquement. Chevallard désigne ces espaces par le terme de noosphère « espace mitoyen entre Société et École [et] faite de nombreuses sphères "emboîtées" ».

« L'enseignement d'un savoir, en effet, est toujours la réalisation d'un projet social, plus ou moins largement partagé [...]. Or un tel projet, lorsqu'il n'est encore que projet, se formule essentiellement hors de l'École, et toujours à l'adresse de la Société, afin de gagner son consentement. » (Chevallard 1994, p.8)

D'autre part, les pratiques effectives des enseignants permettent bien d'accomplir ce que cet auteur décrit comme un « miracle » récurrent, le miracle de la transposition du savoir savant en savoir enseigné. De fait, la réalisation ou non de ce miracle est encore bien souvent considérée comme la conséquence du style des enseignants. Pourtant, l'actuelle volonté politique de relier la sphère de la classe réelle et celle du laboratoire didactique, par l'acculturation des nouveaux professeurs des écoles à la recherche notamment, vise bien à rendre les enseignants plus distanciés et critiques vis-à-vis de leurs pratiques professionnelles. L'enjeu de cette distanciation mène à relativiser la personnalisation de l'enseignement au profit de la compréhension de ressorts de l'apprentissage grâce à l'appui de données théoriques vécues et expérimentées en classe. Toutefois cette synthèse reste de l'ordre de l'idéal, un but à atteindre dans la mesure où l'enseignement est plus un domaine d'application de différentes sciences qu'une discipline scientifique à part entière, lorsqu'il n'est pas simplement soutenu pas de l'idéologie pure. Comme l'écrit Meirieu,

« Au cœur de l'apprendre, c'est [...] d'éthique qu'il s'agit ; car seule l'éthique permet de dépasser les alternatives stériles de l'inné et de l'acquis, du rationalisme et de l'empirisme, de l'enseignement et de l'apprentissage. Seule l'éthique permet que s'institue, de temps en temps et toujours suspendues à la détermination des hommes, des enclaves éducatives où l'on échappe aux simplifications du "fais comme tu veux" ou du "fais comme je veux" ». (Meirieu 2004, p.76)

Le statut de jeune enseignant nécessite de se forger un bagage théorique, pédagogique et didactique répondant aux exigences institutionnelles et au plus près du savoir savant en un court laps de temps. Prise dans les contraintes d'une gestion de classe, cette position suppose de se forger une boîte à outils susceptible d'être opérationnelle rapidement. La boîte n'étant pas fournie avec le statut, c'est à une multiplicité de possibles (et d'impossibles parfois) que se retrouve confronté tout enseignant débutant. Il convient dès lors de se forger ce que Meirieu décrit comme une éthique professionnelle.

Nous faisons le pari qu'en tant qu'entreprise formatrice, l'ingénierie didactique est susceptible de constituer un pas important dans cette direction. Nous avons donc estimé intéressant de jouer le « double jeu » de la recherche et de la formation en optant pour cette démarche. Selon nous, elle concilie de manière opportune la volonté d'expérimenter les enjeux de la discipline didactique et les exigences de sa pratique. Plutôt que chercher à produire une étude statistique ou des données destinées à enrichir le corpus de chercheurs professionnels, nous avons donc choisis d'expérimenter une situation en posture de chercheur de terrain.

Artigue définit l'ingénierie didactique comme une méthodologie d'enquête spécifiquement adossée à la théorie des situations (Artigue 2002, p.2).

« L'ingénierie didactique, vue comme méthodologie de recherche, se caractérise en premier lieu par un schéma expérimental basé sur des "réalisations didactiques" en classe, c'est-à-dire sur la conception, la réalisation, l'observation et l'analyse de séquences d'enseignement. » (Artigue 1988, p.285-286)

La pratique de l'ingénierie didactique s'attache à rechercher des problèmes mettant en jeu une connaissance mathématiques ; à la construction de situations propres à mettre en jeu ces problèmes ; l'organisation du travail de l'enseignant (Artigue 2002, p.12).

Dans un texte récent composé spécifiquement pour en proposer une définition, Brousseau définit quant à lui l'ingénierie didactique par ses enjeux.

« L'ingénierie didactique s'occupe de créer des modèles consistants et pertinents et de réaliser des dispositifs d'enseignement d'une connaissance précise, destinés à décrire ou à prévoir, et à expliquer les événements observables d'un épisode d'enseignement déterminé (situations ou curriculum) observé ou envisagé. » (Brousseau 2013, p.1)

Ces deux auteurs insistent sur le caractère expérimental et moteur de cette méthode mêlant recherche et action. Pourtant, Artigue, à la suite de Chevallard, note aussi la difficulté qui résulte de la différence des besoins entre ceux de la recherche et ceux de la classe. Toutefois, de par son fonctionnement, sa validation est interne et ses objectifs peuvent être divers dans la mesure où toute

recherche se fixe au préalable sur une question. L'ingénierie didactique est donc avant tout une méthodologie pour laquelle Artigue distingue quatre phases : analyse des situations préalables ; conception et analyse *a priori* des situations didactiques ; expérimentation ; enfin analyse *a posteriori* et évaluation. L'ingénierie didactique se caractérise par l'étude de cas mais la question de la personnalité et les représentations préalables de l'enseignant entrent en compte comme une variable importante (Artigue 1988, p.304-305). C'est pourquoi il nous a paru particulièrement fécond d'effectuer ce travail à deux enseignants et en parallèle dans nos classes. Nous suivrons donc les différentes étapes proposées par Artigue dans la réalisation de cette recherche, en gardant à l'esprit la définition donnée par Douady, évoquant le travail de « maître-ingénieur », qui peut opérer ici comme une conclusion : « [L'] ingénierie didactique est à la fois un produit, résultat d'une analyse *a priori*, et un processus au cours duquel le maître met en œuvre le produit en l'adaptant, le cas échéant, selon la dynamique de la classe. » (Douady 1994, p.37). Afin de ne pas basculer ni du côté du chercheur dans le pur éther des hypothèses et des conclusions, ni du côté de l'enseignant débordé, nous serons donc attentifs à cette double dimension dans son rapport dialectique plus que dans un rapport d'opposition au cours de cette expérimentation. En effet, si Artigue décrit l'importance de l'ingénierie didactique pour la recherche dans son texte de 2002, nous estimons également qu'elle est aussi une expérience formatrice pour de jeunes enseignants.

II. MISE EN SITUATION

6. PRESENTATION DES CLASSES

Nous avons proposé cette séquence de symétrie aux trois classes dont nous avons la charge à raison d'un jour par semaine. La séquence proposée a d'abord été conçue pour des élèves de CM1 toutefois il nous a paru intéressant, à titre expérimental et pour des raisons plus pratiques, de tester notre séquence sur les trois niveaux actuels du cycle 3 en faisant varier quelques paramètres selon les niveaux. L'effectif total des élèves est de 70 élèves, nombre qui a pu varier selon les circonstances. Une classe est à un seul niveau (CM1), les deux autres sont à double-niveau : CE2-CM1 et CM1-CM2.

La classe de CE2-CM1 est composée de 25 élèves : 19 CE2 et 6 CM1. La moitié de cet effectif total (dont les 6 CM1) font partie d'un dispositif de Classes à Horaires Aménagés Musique. La plupart de ces élèves vivent dans un milieu culturel assez aisé. Plusieurs d'entre eux ont des parents enseignants. Cette classe dispose également d'une classe mobile équipée de 14 ordinateurs portables. Le vidéoprojecteur a été emprunté à l'université.

La classe de CM1 est composée de 25 élèves. La classe est située en plein cœur du centre-ville. La plupart des élèves sont dans des situations économiques et familiales relativement confortables comparées à d'autres zones géographiques. Une élève dispose cependant d'une aide humaine certains jours. Cette AVS n'assista qu'à une séance, pendant laquelle elle n'a pas eu réellement à intervenir car les élèves travaillaient en binômes. La classe dispose d'une classe mobile et d'un vidéoprojecteur qu'il convient néanmoins d'installer pour chaque utilisation. Chaque ordinateur de la classe mobile est équipé du logiciel Geogebra.

La classe de CM1-CM2 comporte un petit effectif (20 élèves : 7 CM1 et 13 CM2), en milieu rural, à Montpeyroux. Pendant la séquence plusieurs élèves ont été absents ponctuellement, ce qui a impliqué des aménagements dans le cours de la séquence. Il y a 3 ordinateurs au fond de la classe. Pour cette séquence, une partie de la classe mobile a été empruntée à la F.D.E., soit 8 ordinateurs portables.

Pour les deux premières classes, l'ordinateur du maître de la classe mobile permet d'accéder au travail des élèves en direct et facilite les transferts de fichiers. Dans les trois classes, nous avons utilisé en plus nos ordinateurs personnels pour faciliter la projection des terrains du jeu et aussi, parfois, pour pallier des problèmes techniques sur les ordinateurs présents.

7. PRESENTATION DE LA SEQUENCE

La séquence proposée est composée de quatre séances. La première séance est une évaluation diagnostique, composée de six exercices, mettant en jeu, à main levée, différentes propriétés de la symétrie : le retournement, la conservation des longueurs, le report des sommets sur quadrillage, la symétrie de part et d'autre de l'axe (transformation du plan dans lui-même), la variable de l'inclinaison de l'axe. Ces exercices ont également servi d'évaluation sommative afin de pouvoir constater la manière dont les conceptions des élèves

avaient évolué entre le début et la fin de cette séquence. La seconde séance est une séance d'introduction du jeu. Le jeu est présenté sous format papier. Une partie est jouée au tableau par des élèves sur une feuille A3. Les règles sont explicitées et écrites au tableau. Elles sont introduites progressivement en raison de leur relative



Ill. 2 ; Prise en main des règles par la classe.

complexité. Une fois que nous nous sommes assurés de la bonne compréhension des règles, les élèves sont lancés sur le jeu en binômes sur une feuille A3. Lorsqu'ils ont terminé, des feuilles A5 sont disponibles pour qu'ils puissent continuer à jouer. Une fois qu'ils ont terminé, la classe est séparée en deux groupes et deux sous-groupes pour faire une partie groupes contre groupes. Cette fois le format change. Il s'agit du même terrain mais sur un carton : ils ne pourront ainsi pas le plier.

Le terrain est quadrillé, ce qui va permettre de passer du papier à l'écran. Les élèves ont comme consigne de placer les balles sur les nœuds du terrain. Un élève viendra à chaque fois placer les balles. La correction se fait en affichant, vidéo-projeté, le « terrain fantôme ». Une mise en commun permet de mettre en commun les stratégies utilisées par les élèves.



Ill. 3 ; Terrain vidéo projeté.

La troisième séance débute par des jeux en binôme sur ordinateur. Puis les élèves changent de rôle : ils sont cette fois les arbitres et ils doivent dessiner le terrain fantôme pour savoir à chaque fois si les balles sont bonnes ou pas. Ils ont un ordinateur par binôme et une feuille individuelle sur laquelle ils doivent tracer, au crayon cette fois, le terrain fantôme.

Pour favoriser la dévolution du problème, nous nous sommes fortement inspirés de la situation proposée par Brousseau pour la course à 20. Il s'agit de mettre les élèves en situation d'action à partir d'un jeu afin qu'ils construisent la stratégie gagnante qui consiste à tracer le terrain fantôme, à savoir le symétrique de la figure, le « filet » représentant l'axe de symétrie.

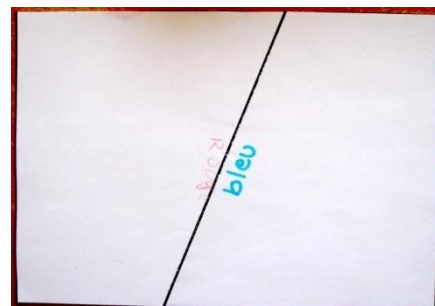
L'institutionnalisation est l'objet de la quatrième séance, suivie d'une fiche d'exercices d'application différenciée selon les niveaux des élèves.

La cinquième séance est l'évaluation sommative identique aux exercices de l'évaluation diagnostique, mis à part un exercice qu'il nous a semblé judicieux de changer car il demande de tracer le symétrique d'un carré, sans l'aide de quadrillage avec un axe oblique. Nous l'avons remplacé par un exercice où il faut retrouver l'axe de symétrie, ce qui nous semblait plus pertinent car, tracé à la règle, cet exercice nécessite le report de sommets.

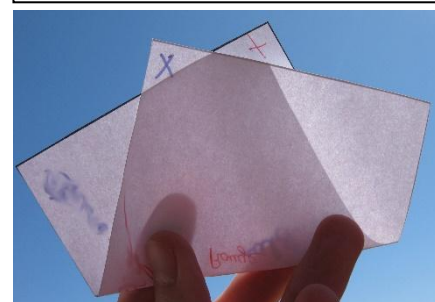
8. CONSTRUCTION DES OUTILS

Le principe : plier le terrain

Notre situation s'appuie sur la construction d'un jeu à deux joueurs. Un plateau représente un terrain de tennis dont le filet aurait été monté de travers. Deux joueurs venus jouer au tennis sur ce terrain auraient alors imaginé un nouveau jeu tenant compte de cette anomalie. L'un d'eux est le joueur bleu, l'autre le joueur rouge. Chaque joueur se place dans le côté du terrain qui correspond à sa couleur et dispose de trois balles. Chacun lance à son tour une balle sur le terrain de l'adversaire. Pour donner des points, l'impact de la balle doit se situer sur le terrain adverse mais il faut aussi que si on plie le terrain par le filet, l'impact ne soit pas superposé à son propre terrain. Les points d'impact sont représentés par des croix. Dans son principe, cette situation met en jeu l'anticipation perceptive d'un terrain fictif, que nous avons baptisé terrain fantôme. Cette anticipation s'appuie sur la relation symétrique de chaque demi-terrain en fonction d'un axe de symétrie représenté par le filet.



Ill. 4. Figuration sur papier d'un terrain non joué. 14 × 10 cm

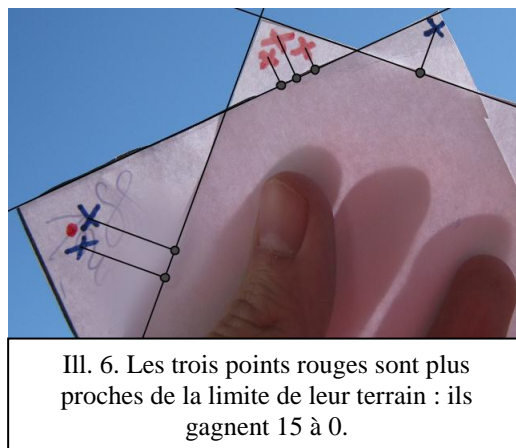


Ill. 5. Exemple de deux points gagnés.

La structure du jeu est une base et un milieu susceptible d'être décliné de plusieurs manières. Il est possible de moduler et de complexifier la règle du jeu ainsi que l'environnement matériel, qui offrent alors une palette de variables que nous avons tenté d'exploiter.

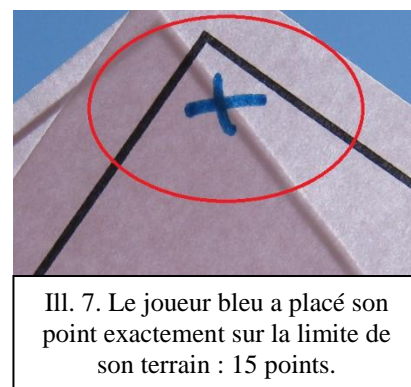
Les règles : compter les points

Nous avons convenu d'un ensemble de règles permettant de rendre les parties plus attrayantes et plus riches en manipulations. En premier lieu, chaque balle correctement placée vaut 5 points. Ce système de décompte offre une occasion aux élèves de mobiliser des compétences numériques. Toutefois, si deux balles sont ex-æquo à l'issue des trois manches, les balles correctement placées sont comparées par proximité avec la limite du terrain fantôme superposé. Cette variable vise à réduire l'efficacité d'une



stratégie qui consiste à placer les points aux extrémités du terrain. Elle met en relief une autre règle : celle de savoir si le pliage du terrain est autorisé pendant la partie, après avoir placé la première balle par exemple, ou uniquement lors du décompte final des points. La règle de la proximité avec le terrain nous a incités à autoriser les élèves à plier pour leur permettre de se forger, par la manipulation, l'anticipation perceptive du terrain superposé. Chaque point joué pouvait donc être comptabilisé pendant la partie ou en fin de partie, auquel cas les balles étaient comparées non pas en fonction de leur ordre de placement (la première avec la première, etc.) mais en fonction de leur proximité avec le terrain fantôme. Comme le montre l'illustration, cette règle suppose un pré-requis travaillé et revu en début d'année : la distance la plus courte d'un point à une droite est celle qui, du point, passe par la perpendiculaire à cette droite.

Pour encore accentuer la prise en compte de l'anticipation perceptive du terrain plié par les élèves. Sur le papier, une balle est représentée par une croix. Si le point d'intersection des deux segments qui forment cette croix se trouve exactement sur la limite du terrain replié, la balle compte alors 15 points. Ainsi, non seulement les élèves sont incités à pré-visualiser le terrain superposé mais encore, ils doivent tenter de trouver des stratégies pour en repérer le tracé.



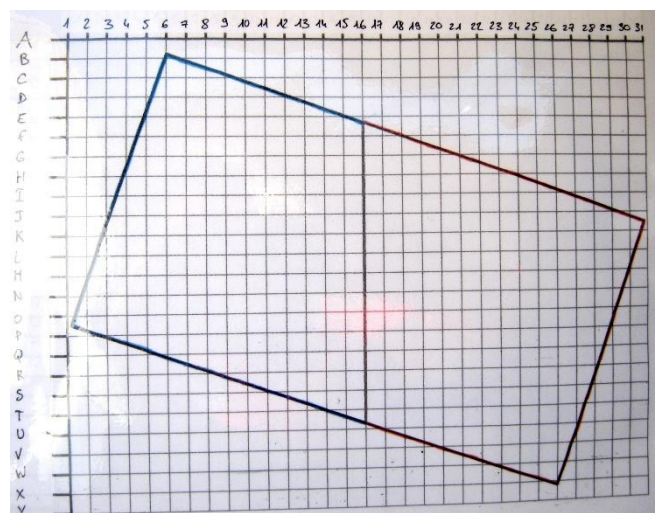
Une autre variable possible est de modifier les modalités de décompte des points, lorsque les joueurs sont ex-æquo, selon qu'ils ont deux balles chacun correctement placées ou trois. Dans le

premier cas, ce qui permet de départager les joueurs est alors la distance entre les deux points correctement placés, le joueur qui a réussi à avoir la plus grande distance aurait gagné les points en jeu. Dans le second cas, lorsque les six balles ont été correctement placées, il est possible de départager les joueurs en leur faisant relier leurs trois points par des segments pour tracer deux triangles. Le joueur dont le triangle a le plus grand périmètre gagne. Dans le cas de l'illustration 3, ce serait alors le joueur bleu qui aurait gagné la partie. Afin de ne pas trop compliquer la situation, nous en sommes restés aux deux premières variables, mis à part dans la classe de CM1-CM2 pour augmenter les possibilités du jeu et à la demande des élèves. Cette variable de la distance entre les points peut donc être pertinente dans la mesure où elle incite les élèves à envisager de manière plus globale la superposition du terrain et ainsi limiter l'effet d'agglutination des points dans un seul coin du terrain.

Le matériel : varier les possibilités stratégiques

Les illustrations précédentes sont toutes tirées d'un même support. Le support est un rectangle imprimé de format 14 × 10 cm. Le rectangle est traversé par un segment non perpendiculaire à ses longueurs et passant par son centre géométrique. La disposition du segment varie d'un rectangle à l'autre. Ces terrains n'offrent que peu de repères pour permettre l'élaboration d'une stratégie gagnante qui consiste à placer le point sur la limite du terrain replié. Ce type de terrain composé uniquement d'un rectangle et d'un segment a été utilisé pour l'explicitation des règles et la prise en main du jeu. Nous avons d'abord utilisé des terrains au format A3, puis, pour permettre aux élèves de changer de terrain, nous avons aussi utilisé des terrains au format A4 et au format plus petit décrit plus haut. Cette configuration devait donc permettre aux élèves de se familiariser avec le jeu et commencer à se fabriquer une représentation mentale de la figure lorsqu'elle est pliée.

Dans un deuxième temps, nous avons introduit des terrains quadrillés afin de donner aux élèves la possibilité d'une procédure en comptant les carreaux. Lors de la phase de jeu par équipes, quatre terrains quadrillés plastifiés imprimés sur feuille de format A3 furent fournis aux élèves. Le quadrillage permet de mettre en place des procédures de repérage par rapport aux côtés de chaque demi-terrain ainsi que par rapport aux sommets. Cette variable matérielle



Ill. 8. Terrain quadrillé plastifié pour les parties par équipes.

correspond à une phase de transition pour les élèves. Ne pouvant plus plier le terrain, ils devaient donc chercher une autre manière de se représenter le terrain plié. Le quadrillage induit ici une recherche d'une procédure différente et constitue potentiellement une aide dans cette recherche. Le quadrillage étant placé dans un rapport d'orthogonalité par rapport au filet, il simplifie le repérage des points et segments symétriques par comptage de part et d'autre de la ligne 16 qui représente l'axe de symétrie potentiel.

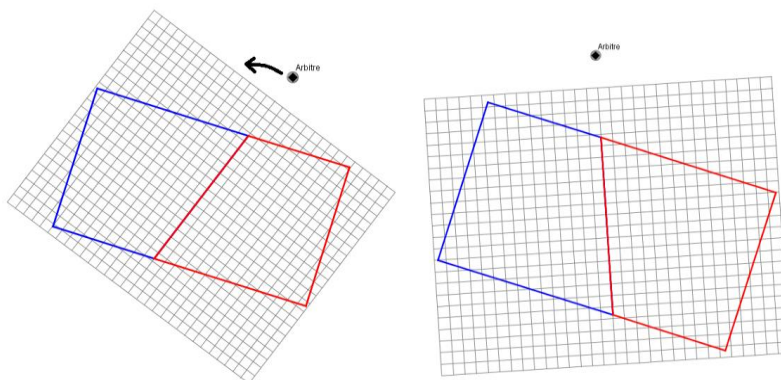
Avec le quadrillage, nous avons introduit une variable qui présente un double intérêt. Il s'agit de placer les balles sur un nœud du quadrillage. Cette variable a pour vertu d'inciter les élèves à s'orienter sur le terrain en fonction des nœuds et donc à identifier ceux-ci comme points de repères. D'autre part, elle permet également d'encoder les points dans la mesure où notre situation consistait à passer des terrains plastifiés à une mise en commun vidéo-projetée. Pour conférer à la première de ces vertus une plus grande efficacité, il aurait été judicieux de faire en sorte que les sommets du terrain soient eux même placés sur des nœuds. Il aurait également été possible, pour simplifier les deux dimensions, de codifier la figure en insistant sur la fonction d'axe de symétrie de la ligne 16. Pour cela, il aurait fallu lui attribuer la fonction de point de départ de la numérotation ou, pour plus de cohérence mathématique, placer les nombres sur l'axe des ordonnées et les lettres sur l'axe des abscisses de la manière suivante (avec A comme code pour la ligne 16) :

P O N M L K J I H G F E D C B A B C D E F G H I J K L M N O P

Ou même :

P O N M L K J I H G F E D C B A B C D E F G H I J K L M N O P

La variable du quadrillage a donc été introduite dans l'optique du passage du papier à l'écran, d'abord de manière vidéo-projetée. Par la suite, nous l'avons conservée pour le passage aux ordinateurs individuels. Sur le logiciel de géométrie, la première variable présente a consisté, comme sur les premiers essais sur le papier, à changer l'orientation du filet. Pour cela, nous avons

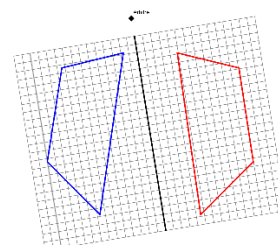


III. 9. Le point arbitre est mobile sur le cercle circonscrit (invisible) du rectangle que constitue le terrain et auquel sont associés toutes les lignes du quadrillage.

conçu des fichiers permettant de changer l'orientation du filet en bougeant le point nommé arbitre.

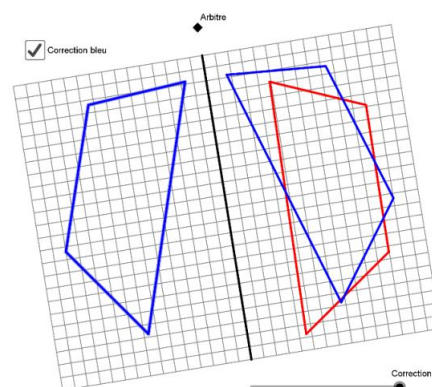
Une fois les terrains sélectionnés par l'enseignant, le point représentant l'arbitre était figé afin de ne pas permettre aux élèves de modifier l'orientation de la figure. Nous avons cette option pour faciliter la lecture des productions d'élèves. Pourtant, la manipulation du changement d'axe aurait pu être bénéfique pour la construction du savoir des élèves.

Une nouvelle variable a été introduite afin de permettre aux élèves de décontextualiser cette approche de la symétrie tout en restant centrés sur la situation proposée : une physionomie de terrain différente fut introduite pour les élèves ayant terminé plus rapidement que les autres. Le niveau de difficulté est cette fois accentué par le fait qu'aucun des côtés des deux parties du terrain n'est adjacent au filet.



III. 10. Autre terrain.

Lors des parties sur ordinateur, notre solution de vérification a consisté à tracer les symétriques recherchés et à permettre aux élèves, uniquement en fin de partie cette fois, de vérifier si leurs points étaient bien placés. Nous avons estimé que le contrôle réciproque des joueurs suffisait à ce qu'ils ne se servent pas de la solution de manière illicite. Pour permettre la visualisation des corrections, nous avons utilisé deux fonctions du logiciel Geogebra. La fonction curseur permet de faire apparaître des objets non affichés (ou inversement) selon la position dans laquelle il est placé. En déplaçant le curseur, les élèves ont pu faire apparaître des boutons de la boîte de sélection des objets à cacher ou à afficher. En cliquant sur ces boutons, ils pouvaient accéder aux tracés d'un terrain ou de l'autre.

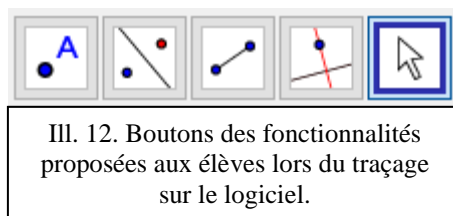


III. 11. Le curseur poussé vers la droite fait apparaître le bouton de correction bleu qui, fait apparaître le symétrique du terrain bleu.

Les configurations proposées, à deux sur papier puis en équipes, puis de nouveau à deux sur ordinateur ont permis la formulation d'une stratégie gagnante. Pour gagner, il faut arriver à tracer le terrain fantôme. Autrement dit, il faut tracer les symétriques de chaque quadrilatère représentant un demi-terrain par rapport au filet qui représente l'axe de symétrie. Ayant envisagé que cette nécessité soit bien repérée par tous les élèves après ces phases de jeu, l'objectif était de permettre aux élèves de tracer ces figures. Nous avons donc proposé une nouvelle situation plus inscrite dans le cadre d'une véritable relation didactique. Il s'agissait alors, pour les élèves, de se mettre dans la posture de l'arbitre qui, pour compter les points, doit être en mesure de tracer le terrain fantôme. Nous verrons par la suite que cela a pu poser problème au niveau du passage entre jeu et construction de connaissances mathématiques.

Variations sur la situation

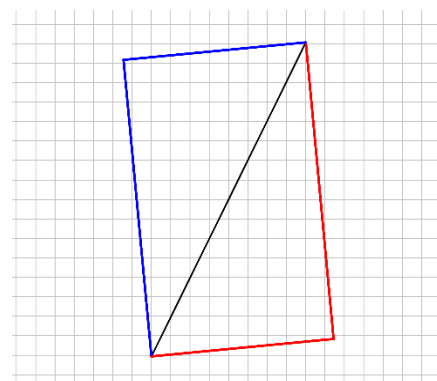
Les élèves doivent tracer le terrain à partir d'un terrain similaire à celui utilisé la séance précédente et le tracer sur papier. Afin de tracer les symétriques des demi-terrains, plusieurs outils sont mis à disposition des élèves. L'outil principal sur lequel nous avons compté est l'utilisation du logiciel et de différentes de ses fonctionnalités. Un travail a été fait au préalable pour adapter l'outil Geogebra aux besoins de la situation. Les boutons disponibles pour les élèves ont été réduits de sorte qu'il y ait des fonctionnalités qui nous semblaient suffisantes pour pouvoir créer un milieu riche et assez restreint pour ne pas perdre les élèves. Lors des parties jouées, seuls les boutons de déplacement et de placage de point avaient été laissés à disposition des élèves. Pour le traçage, nous avons choisi de laisser les boutons suivants : segments et points pour les stratégies de construction par approximation mais aussi car ce sont des éléments bien connus des élèves, toujours dans cette idée d'inclure le nouveau dans l'habituel. Le bouton perpendiculaire sera aussi présent pour les stratégies incluant la perpendiculaire à l'axe. Le bouton symétrie axiale pourra être utilisé pour la symétrie de points, segments et figures et associé à l'outil trace permettra éventuellement de construire le terrain fantôme en suivant le terrain de base. L'outil trace n'étant pas disponible en bouton donc visuellement pour l'élève, sa mise en disponibilité se fera dans le fait de l'expérimenter tous ensemble, avec en appui le vidéoprojecteur. Cet outil trace fera son apparition lors de la situation de l'arbitre. Un point mobile représentant l'arbitre pouvait ainsi être bougé sur l'ensemble du terrain en laissant une marque sur son passage. Afin de pouvoir analyser ce type de recherche, nous avons incité les élèves à enregistrer leur travail sous forme d'image car l'enregistrement du fichier en lui-même ne permet pas de conserver ces traces.



Après s'être familiarisé avec les fonctionnalités à partir d'un terrain similaire aux premiers côtoyés sur l'ordinateur (Ill. 6), nous avons modifié le mode de présentation du terrain par quadrillage. Pour bien montrer l'importance de la relation orthogonale par rapport à l'axe pour reporter un point symétrique (stratégie possible pour tracer le symétrique d'une figure), nous avons transformé la valeur relative du quadrillage. Dans ce dernier mode de présentation, le quadrillage ne suit plus le filet. Ce matériel nécessite donc de tenir compte de l'importance de l'axe de symétrie comme modalisateur de la transformation, ce qui ne semble pas aussi marqué dans la précédente présentation. Ce terrain nécessite donc de recomposer les procédures mises en jeu auparavant. Pour cela les élèves disposaient d'un outil supplémentaire permettant une différenciation sur papier : un

calque format A5. Il aurait possible voire préférable de ne pas mettre le quadrillage dans cette situation qui était une difficulté supplémentaire car non orienté en fonction du filet.

Malgré une préparation commune, des différences importantes ont eu lieu dans la mise en place dans les trois classes, notamment au niveau du matériel. Dans la classe de CM1-CM2, les élèves disposaient d'une feuille recto-verso où les deux terrains étaient reproduits alors que dans les autres classes, les élèves n'avaient que le second terrain sur feuille. De



Ill. 13. Dernier terrain proposé pour le traçage.

plus, les élèves de la classe de CM1-CM2 avaient chacun à disposition un calque A5 pour résoudre le problème sur feuille. Nous verrons par la suite les conséquences de ces choix différents sur les productions d'élèves et les conclusions tirées dans la troisième partie.

Les procédures attendues

Les procédures attendues sont de plusieurs ordres : procédures sur papier ; sur l'ordinateur ; et des procédures de transpositions de l'un à l'autre. Nous pensons que le fait d'avoir trois classes nous procurera un terrain assez riche pour observer des différences et des régularités assez importantes pour être exploitables. Pour observer les procédures utilisées sur ordinateur, il nous faut les fichiers informatiques enregistrés. Or, deux problèmes se posent. D'une part, l'enregistrement des fichiers est une étape délicate. D'autre part, les élèves ont été familiarisés avec le retour en arrière (ctrl + Z). C'est pourquoi nous avons décidé d'enregistrer un maximum de binôme pour comprendre leurs stratégies.

La première procédure à laquelle on peut s'attendre est une procédure par tâtonnement avec les outils point et segment. Cette stratégie est aussi possible sur papier. Cependant nous supposons que le logiciel Geogebra, adapté à la situation comme explicité plus haut, permet aux élèves d'utiliser des stratégies qui seraient venues plus difficilement sur le papier. En effet, nous pensons notamment à l'outil perpendiculaire qui nous semble plus facile d'utilisation sur le logiciel que sur papier, même s'il s'agit d'une stratégie experte. Car, même sur le logiciel, l'utilisation du bouton perpendiculaire nécessite une bonne représentation de cet objet mathématique. Sur le papier, toutefois, le traçage d'une perpendiculaire avec des outils nécessite plus de manipulations mais peut aussi renvoyer à des savoir-faire plus habituels et donc rassurant pour les élèves. L'outil « trace » associé avec l'outil « symétrie axiale » permet lui aussi d'expérimenter des stratégies qui ne sont pas possible sur papier. Nous insistons donc pendant la consigne sur cette fonction, réelle plus-value de l'outil informatique dans cette situation. L'outil « symétrie axiale » seul permet lui aussi des

stratégies qui sont aussi impossible à faire sur papier. Mais ces deux derniers outils, contrairement à l'outil « perpendiculaire », n'offre pas de stratégie transposable sur papier. Son intérêt se place à un autre niveau : celui de l'expérimentation possible uniquement sur ordinateur.

9. POSTURES DE L'ENSEIGNANT

L'intégration d'ordinateur dans notre séquence d'enseignement a des conséquences sur notre posture d'enseignant. Nous devons prendre une posture de « chef d'orchestre » (Trouche 2000, p.272), c'est-à-dire que nous devons veiller au bon déroulement de la séance, gérer les imprévus, toujours nombreux lors de l'intégration des TICE en classe, repérer les conceptions erronées des élèves et tenter de les faire évoluer par l'expérimentation du logiciel (Grugeon-Allys 2008, p.77). Cela suppose que l'aspect matériel a été assez préparé pour ne pas rajouter des difficultés. Ce rôle inclut en outre que tout doit être pensé pour permettre le plus d'autonomie possible pour les élèves. Nous nous appuyons dans ce sens sur le tableau de classe, sur lequel sont inscrites les règles du jeu, les consignes et certains protocoles d'utilisation de Geogebra. Dans la dialectique ancien-nouveau, l'utilisation de l'outil tableau, que les élèves ont l'habitude d'utiliser permet d'ancrer cette situation nouvelle dans un environnement connu et sécurisant pour eux (Assude et Gélis, 2001).

III. ANALYSE DES DONNEES

10. LA DEVOLUTION PAR LE JEU ET PAR L'ECRAN

Conformément aux directives institutionnelles inscrites dans les programmes nationaux, nous sommes partis de l'hypothèse selon laquelle l'informatique en général et l'utilisation d'un logiciel de géométrie en particulier peuvent servir à la compréhension et à l'apprentissage de notions mathématiques par les élèves. Toutefois, les précautions des chercheurs et l'expérience de professeurs expérimentés évoquées plus haut nous montrent à quel point cette transposition informatique nécessite une attention spéciale. Sur ce point, la séquence réalisée sur trois classes différentes offre des éléments de comparaison qui permettent de tirer des conclusions, fussent-elles provisoires, quant à l'utilisation de l'informatique en classe.

Il est possible de faire plusieurs parallèles entre l'utilisation de l'informatique en classe par l'enseignant et le passage du papier à l'écran proposé aux élèves. Les deux nécessitent une organisation spécifique, ne serait-ce que spatiale et impliquent une connaissance instrumentale construite dans le temps de l'expérimentation et réitérée, une habitude ; les deux requièrent l'utilisation enchâssée de langages techniques qu'il convient pourtant de distinguer en acte. D'autres parallèles pourraient être envisagés mais ceux évoqués paraissent suffisant pour dresser le tableau des difficultés analysées lors de cette expérimentation.

Pour des habitudes de classe informatisée

Le modèle de l'agir enseignant de Dominique Bucheton et Yves Soulé (2009) permet de problématiser ces difficultés. Dans ce modèle, l'utilisation du logiciel Geogebra interroge deux préoccupations principales pour l'enseignant. D'une part, l'utilisation d'ordinateurs modifie les contours du pilotage de classe, c'est-à-dire son organisation matérielle et spatio-temporelle. De fait, l'intégration informatique surcharge la classe d'artefacts qui vont des ordinateurs eux-mêmes à la présence de nouveaux systèmes de classement dématérialisés (figurés par des icônes) en passant par les systèmes que sont les logiciels. L'utilisation de l'ordinateur modifie sensiblement les contours d'un pilotage à partir des objets familiers que sont crayons, cahiers, tableau, etc. En amont du pilotage en classe, la présence ou non d'ordinateurs dans l'école et leur mise en réseau constitue déjà une problématique spécifique qui n'a pas permis que les trois expérimentations soient réalisées dans des conditions identiques. Sur les trois classes, deux disposent d'une classe mobile et d'un ordinateur du maître qui permet de gérer les ordinateurs individuels à distance tandis qu'il a fallu importer un complexe informatique hétérogène dans la classe qui n'était pas équipée. Cette configuration suppose un autre préalable : les habitudes de classes entre professeurs et élèves

étaient, elles aussi très différentes. Dans une classe, les élèves sont habitués à utiliser les ordinateurs régulièrement avec le titulaire, à tel point qu'ils se les sont attribués individuellement. Dans la seconde classe équipée, la classe mobile a été installée et utilisée uniquement par le professeur stagiaire, à tel point qu'il a rapidement formé quelques collègues après ses premières utilisations. Cela induit une posture particulière chez les élèves qui ne possèdent pas les réflexes de leurs homologues évoqués précédemment et qui mobilisent l'utilisation de l'ordinateur très différemment. L'ordinateur constitue plus chez eux un objet de curiosité lorsqu'il est utilisé en classe, d'autant plus que le titulaire de la classe autorise parfois des élèves à utiliser l'ordinateur fixe installé en fond de classe dans un but purement récréatif, pour jouer à des jeux en ligne. Dans la dernière classe enfin, les ordinateurs ont été proprement introduits pour la séquence, ce qui a posé des difficultés particulières évoquées plus loin. Ainsi, dans les trois classes, la configuration matérielle supposait déjà des types de relations instrumentales susceptibles de modifier les modalités de pilotage de la séquence.

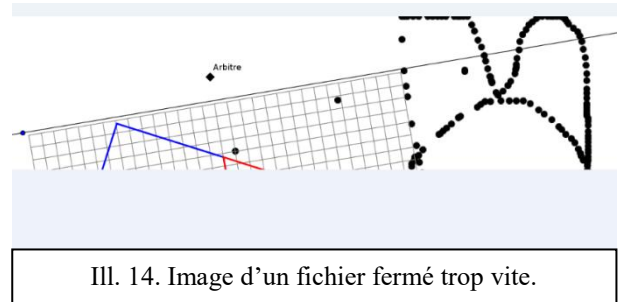
Afin de contrer cette difficulté, nous avons introduit l'utilisation du logiciel en amont de la séquence. En premier lieu, dans les deux classes équipées, les élèves ont pu manipuler la simple fonction de déplacement en faisant bouger les aiguilles d'horloges créées comme support technique pour résoudre un problème d'horaires sur papier. Puis, les trois classes ont été initiées à l'utilisation d'autres fonctionnalités par une séance de découverte sur les droites parallèles. Il s'agissait de retrouver des trapèzes parmi un ensemble de figures grâce aux outils droites parallèles et perpendiculaires du logiciel. Ces séances ponctuelles constituent les phases d'initiation à l'utilisation du logiciel et à ses contraintes spécifiques et générales comme celle de l'enregistrement d'un fichier. Toutefois, il s'avère à l'usage que si ces séances furent nécessaires, elles furent loin d'être suffisantes. Elles permirent bien aux élèves de se familiariser avec l'utilisation de l'ordinateur mais son utilisation régulière dans une des trois classes montre l'acquisition de compétences techniques plus poussée chez ses élèves, même les plus jeunes. Dans cette gestion de l'informatique le pilotage résulte autant d'une gestion du matériel concret (jusqu'à la boîte en carton où sont rangées les souris) que de celle du matériel numérique, qui ne va pas parfois sans accident. Ainsi, lors d'une séance filmée dont des extraits sont reproduits ci-dessous, les caprices de l'informatique démontrèrent les incidences du mode de pilotage sur les possibilités de l'étayage. Pour une raison inconnue, aucun des ordinateurs de la classe mobile ne permit aux élèves d'accéder à un fichier alors qu'ils avaient réalisé la même manipulation la semaine précédente sans encombre. Le préalable de la séance était ici de faire ouvrir un fichier placé dans un dossier partagé sur l'ordinateur du maître.

Tour	Temps	Acteur	Interactions
10	1 min		Qui n'a pas partagé sur professeur sur son bureau ?
[...]			
14		Ens	<i>Je m'approche d'un ordinateur.</i> Réessaye de cliquer. Ceux qui ne l'ont pas, vous réessayez de cliquer sur montage dossier partagé.
15		Nathan	On y va ?
16		Ens	Non, vous n'y allez pas pour l'instant, vous attendez...
17		Ens	Qui ne l'a pas encore là ? Bon, c'est bon, tout le monde l'a ?
<i>Une élève lève la main. Je vérifie chaque écran en tournant dans la classe.</i>			
[...]			
27		Hadrien	<i>L'élève qui levait la main la relève, accompagné de sa voisine. [...]</i> Maître, ça marche pas. Quand on clic dessus, ça nous dit impossible d'ouvrir.
28		Lucy	Moi aussi
29		Nathan	Oui, ça met une croix rouge.
30		Elève	Maître, moi aussi.
31	3 min	Ens	Non, non, non, je vous préviens, la semaine dernière, j'ai eu des « maître ça marche pas, ça marche pas... » Je ne veux pas entendre ça. Vous levez la main si vous avez un problème, moi je vois vos mains, d'accord ? Parce que les cris, les élèves qui se lèvent n'importe où, la semaine dernière, c'était juste horrible et je ne veux pas voir ça cette semaine.
32		Ens	<i>Je vais voir l'élève qui levait la main.</i> Tu as réessayé ? <i>Je constate qu'il est face à un problème dont la cause et la solution me sont inconnues.</i> Qui d'autre ?
33		Ens	<i>Je vais voir un autre ordinateur.</i> Tu as réessayé ? <i>J'essaye une manipulation.</i> Ok, alors, les élèves qui ont ce problème, vous allez éteindre l'ordinateur et le rallumer et recommencer.
[...]			
36		Elèves	<i>Pendant que je m'occupe d'un ordinateur, les élèves discutent.</i> Voilà, c'est bon. Ah, c'est bon.
[...]			
55		Lisa	Maître, c'est en train de s'ouvrir mais ça fait trois heures qu'on attend ! <i>Sur le film, le fichier met près de trois minutes à s'ouvrir.</i>
56		Ens	Toi ça s'est ouvert mais ça ne lance pas...Oui, je vois ça... Je vois, je vois, les autres aussi...
		Ens	<i>Je me dirige vers l'ordinateur du maître pour contrôler le fichier. J'en profite pour prendre une vue d'ensemble sur les écrans des élèves.</i>
		Elèves	<i>Brouhaha. Certains élèves commencent à se dissiper.</i>
57	8 min	Ens	Alors, est-ce que certains élèves ont réussi à ouvrir le fichier ou pas ?
58		Lisa	Oui, mais c'est pas le bon.
59		Ens	<i>Vérification sur l'écran.</i> Il n'y a rien dessus. <i>Le fichier est un fichier Geogebra vierge à la place du terrain prévu.</i>
60		Ens	Alors, vous allez... On va faire autrement, parce-que là je ne sais pas pourquoi, ça <i>bug</i> absolument tout... Enfin, tout <i>bug</i> absolument. <i>Buguer</i> , ça veut dire... Ca vient de l'anglais <i>bug</i> qui veut dire insecte, et... [Les élèves n'écoutent pas.] [Plus bas :] un insecte dans un dispositif informatique...
61		Ens	Donc, vous allez tout fermer et on va faire autrement. Puisque ça ne marche pas.
[...]			
67	9 min	Ens	Pour éteindre les ordinateurs, vous allez en haut, vous appuyez sur système. Il ne suffit pas de les fermer ! Ah ! attention, il ne suffit pas d'appuyer sur le bouton ! Pour éteindre les ordinateurs, il ne suffit pas d'appuyer sur le bouton !

Cet extrait, tiré du Verbatim reproduit en annexe 2, montre à quel point l'utilisation de l'informatique transforme la configuration de la classe et du travail de l'enseignant. Le simple fait de devoir ouvrir un fichier le transforme ici en technicien de maintenance, en guide touristique (malhabile) et, d'un point de vue moins métaphorique, le place malgré lui dans une posture d'étayage de pur contrôle (Bucheton et Soulé, 2009) contrairement à son intention première. Une alternative aurait été d'enregistrer chaque fichier sur chaque ordinateur individuellement mais il

s'agissait aussi pour les élèves de pratiquer la manipulation réalisée la semaine précédente qui consiste à répertorier son travail sur un réseau local. Les élèves ne purent donc pas manipuler et la résolution ponctuelle fut de projeter une manipulation au tableau, transformant le moment d'expérimentation en leçon magistrale. Cette mésaventure montre, du point de vue de l'enseignant, à quel point il est important de se façonner des habitudes de classe et de se fabriquer des alternatives propres à l'utilisation de l'informatique. L'enregistrement de fichier Geogebra en tant qu'images, qui nécessite de ne pas fermer trop vite le fichier après enregistrement le montre encore.

C'est pourquoi nous insistons sur l'importance des habitudes de classe, ici du point de vue de l'enseignant. L'impossibilité d'ouvrir les fichiers était peut-être lié au fait que tous les ordinateurs des élèves tentaient d'accéder en même temps au fichier source sur le dossier partagé. Si c'était le cas, cette possibilité non envisagée aurait



pu être contournée en fixant une étape supplémentaire de copie du fichier source sur le bureau de chaque ordinateur ou dans un dossier spécial. Cette étape supplémentaire aurait impliqué une étape de plus dans un maniement déjà complexe. Elle aurait pu être envisagée plus sereinement si les élèves avaient au préalable été formés aux manipulations simples qui correspondent non à des apprentissages dans notre séquence mais à des manipulations incidentes. Ce problème s'est présenté dans une des classes bénéficiant d'une classe mobile. Dans la classe n'en bénéficiant pas, des ordinateurs avaient été empruntés pour l'occasion et Geogebra ainsi que les terrains utiles à la séance avaient été installés sur chacun d'entre eux. Cependant, lors du jeu, l'option de correction, dont on pouvait voir le titre seulement ne fonctionnait pas : le curseur était même absent. Seuls les trois ordinateurs du fond de la classe et l'ordinateur personnel de l'enseignant prêté à un binôme d'élèves avaient cette fonctionnalité lors de cette séance. Cette erreur aurait pu être difficilement décelable avant la séance, ce qui nous pousse à conclure qu'emprunter un matériel pour la première fois est un risque supplémentaire.

Pour ne pas avoir d'incidence aussi problématique sur le pilotage de la classe, notre expérimentation tend à montrer que l'ordinateur doit donc, pour l'enseignant comme pour l'élève, entrer dans le cadre des habitudes de classe. Pour cela, il ne paraît pas inutile d'intégrer l'ordinateur non pas à partir de séances d'initiation ponctuelles, qui correspondent au minimum envisageable pour espérer maintenir l'étayage d'accompagnement que permet l'ordinateur, mais dès le début de l'année, en partant de manipulations aussi simples que cliquer deux fois rapidement, ce qui pose

parfois problème. Comme l'air du temps le laisse croire, les élèves sont des enfants du vingt-et-unième siècle toutefois, les outils de ce siècle ont aussi de bonnes et de mauvaises pratiques. Pour les élèves comme pour les enseignants l'outil informatique peut être perçu comme un environnement familier alors qu'ils se retrouvent parfois démunis dans certaines utilisations.

De la confusion des motifs et des langages

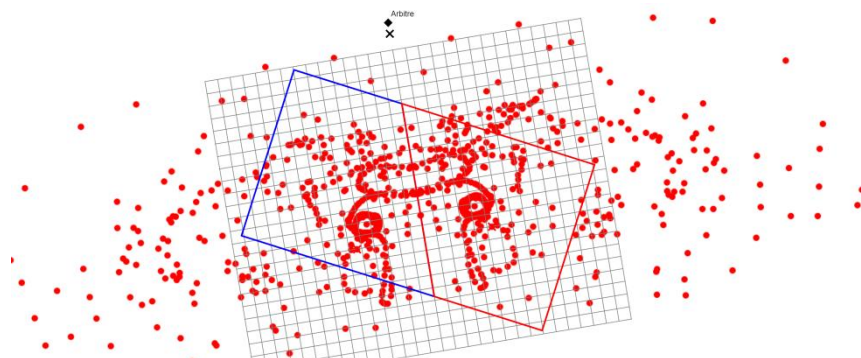
L'utilisation de l'informatique en classe est source de confusion quant aux motifs qui conduisent enseignants et élèves à travailler sur écran. Ainsi peut-on évoquer une dérive possible du côté de la dévolution des situations d'apprentissage. Considérant les réactions des élèves à l'idée de travailler sur informatique, quelque soit le support proposé, l'utilisation de l'informatique opère comme une respiration dans le contexte très contrôlé de la classe. L'ordinateur utilisé de manière individuelle est en lui-même facteur possible de dévolution, cependant le fait d'offrir aux élèves un milieu si complexe sans qu'ils disposent des bases évoquées plus haut tend à contredire une représentation préalable que nous partagions en tant qu'enseignants débutants. Après avoir proposé aux élèves de se familiariser avec le logiciel Geogebra, nous avons conclu que les élèves avaient une tendance spontanée à explorer les possibilités du logiciel par eux-mêmes. Or, il s'est avéré que c'était loin d'être le cas pour tous les élèves, notamment pour ceux qui n'avaient pas l'habitude d'utiliser les outils de base de l'informatique : souris et clavier. Face à la situation proposée, de nombreux élèves se sont même avérés plutôt réticent à explorer les possibilités du logiciel alors qu'il s'agissait de l'objectif de certaines phases d'appropriation. De plus, alors même que nous imaginions que l'ordinateur, comme interface entre les élèves et la classe, inciterait les élèves à se départir d'une version très scolaire de l'activité, il s'est avéré que le rapport négatif à l'erreur était aussi présent que dans n'importe quel type de travail papier⁶. En effet, les élèves passaient souvent plus de temps à vouloir rectifier des erreurs de manipulations qu'à tenter de nouvelles possibilités. Nos observations semblent indiquer que cette tendance est plus grande chez des élèves peu habitués à utiliser l'ordinateur que chez ceux qui en ont une pratique plus régulière hors de l'école et à l'école. Nous n'avons pas pu analyser ce point particulier à partir de données spécifiques mais les remarques faites en classe montrent bien que la familiarité avec la manipulation de l'ordinateur conduit à une gestion de l'erreur par les élèves moins complexée. Ainsi, l'ordinateur comme facteur de dévolution est-elle à relativiser en fonction de ce premier paramètre. La familiarité avec

⁶ Ces observations invitent à nuancer certaines représentations concernant l'usage de l'informatique lorsqu'elle a lieu en classe : « Les élèves pourraient ainsi vivre de véritables moments d'apprentissage, pendant lesquels ils pourraient expérimenter, tâtonner, commettre des erreurs sans risque d'être affaiblis (ce que vivent d'ailleurs beaucoup de jeunes quand ils sont face à leur ordinateur) ». (Favre 2015, p.102).

l'ordinateur nous offre un autre point de repère vis-à-vis des apprentissages et de la dévolution de la tâche aux élèves. En comparant les classes selon la familiarité d'utilisation de l'ordinateur en classe, il apparaît que les élèves ayant une posture plus scolaire face à ce dernier ont eu de meilleurs résultats à l'évaluation finale que leurs homologues ayant une plus grande habitude de son utilisation. Il serait hâtif d'en tirer quelque conclusion car bien d'autres facteurs peuvent avoir une incidence sur ces résultats. Pourtant, cet élément nous pousse à nous interroger de manière plus approfondie quant à la dévolution par intégration de l'informatique en classe et à son usage en tant qu'outil. Selon la théorie des situations, l'ordinateur pourrait être considéré comme un milieu résistant, c'est-à-dire tenir la fonction d'opposant dans le jeu, comme par exemple dans un jeu de numération où l'ordinateur renvoie lui-même les informations au joueur. L'ordinateur, dans ce cas, oppose potentiellement une résistance et stimule des stratégies d'actions aux élèves. Dans le cas de notre situation, cet aspect n'était pas directement confié au milieu informatique. Dans la phase de jeu en équipes, le plateau de jeu, les règles et la configuration de recherche en équipe jouent ce rôle. Dans la phase de jeu sur l'ordinateur, s'ajoutent aux plateau, règles, etc., le partenaire qui constitue un auxiliaire à la résistance du milieu notamment au niveau du respect des règles. L'ordinateur en lui-même n'est qu'un support qui offre aux élèves la possibilité de figurer d'une nouvelle manière le passage du papier pliable à la relation symétrique, autrement dit, le passage de la manipulation à la conceptualisation. Pour accentuer ce point, il aurait d'ailleurs été intéressant de permettre aux élèves de débloquer le point représentant l'arbitre pour qu'ils puissent constater la constance de la relation symétrique par rapport à l'axe. Enfin, dans la dernière phase de construction des terrains symétriques, l'ordinateur constitue une aide à l'élaboration de techniques pour le traçage sur papier. Il n'est pas un milieu mais un outil. Or, comme nous l'avons montré, cette utilisation aurait nécessité plus qu'une phase d'initiation mais bien un apprentissage de l'outil.

Pour l'enseignant, la confusion des motifs réside encore dans l'analyse des productions d'élèves. Le logiciel permet de nombreuses fonctionnalités susceptibles d'intéresser l'enseignant, dont nous verrons des usages plus loin. Parmi ceux-ci, la possibilité de suivre le protocole de construction permet de reconstituer les activités des élèves. Dans le cas présenté ici, cette fonction n'est pourtant pas d'une grande utilité dans la mesure où elle ne concerne que la construction et non la manipulation. Par exemple, elle ne permet ni de reproduire la manière dont les élèves ont investi la correction proposée pour vérification ni l'affichage de la trace des points, que de nombreux élèves ont utilisé. C'est par rapport à cette dernière fonction que nous avons mis en demandant aux élèves d'enregistrer leur fichier comme image, procédure dont nous avons présenté une difficulté plus haut. Cette utilisation présente un réel intérêt en soi et nous avons pensé commencer par cette fonctionnalité pour offrir aux élèves une rencontre ludique de la symétrie axiale. Nous verrons en

conclusion comment cette possibilité aurait pu être exploitée à partir d'une autre logique d'organisation.



Ill. 15. Usage expressif de l'utilisation de la fonction tracé des points symétriques.

Un dernier point paraît indispensable pour favoriser de manière efficace le passage du papier à l'écran par le biais d'une habitude régulière, programmée et consistante à l'usage de l'informatique en général et des logiciels de géométrie dynamique en particulier. Dans la programmation de notre situation, nous avons cerné la difficulté langagière relative au passage du jeu aux savoirs impliqués par sa pratique. Conjointement au passage papier-écran puis écran-papier se jouait également une autre transposition explicite. Il s'agissait de passer d'un univers de référence ludique fait de filet, de balles et de terrains (à bords et à coins) à un univers géométrique fait de points, d'axe de symétrie, de rectangles, de sommets, etc. Cette transposition, que nous avons bien anticipée en amont s'est avérée parfois délicate à réaliser dans la mesure où s'y est ajouté le langage informatique, fait de fichiers, de dossiers, d'icônes, de sauvegardes, etc. La construction d'un véritable apprentissage en amont aurait pu minimiser ce problème, souvent circonscrit à des moments de pratiques ciblées bien que se chevauchant selon les groupes d'élèves. Pourtant, même dans ce cas, un problème subsiste qui concerne l'utilisation du langage informatique lui-même en ce qu'il renvoie non pas à sa pratique en tant qu'objet mais en tant qu'outil. Ces différents niveaux de langage et leur utilisation complémentaire ne facilite pas la compréhension des élèves comme le montre l'extrait suivant extrait d'une séance filmée :

Ens	Vous allez tous cliquer sur perpendiculaire, sur le bouton droite perpendiculaire. Une fois que c'est fait, vous allez cliquer sur le filet.
Etienne	Maître, c'est quoi le filet ?
Ens	Le filet, c'est... Vous avez le terrain... <i>Rapide schéma au tableau</i>
Etienne	Ah oui, le filet !
Ens	Vous cliquez sur perpendiculaires, vous cliquez sur le filet et ensuite vous cliquez sur un des coins, un des sommets du rectangle donc sur un des coins du terrain.
Ens	Vous avez cliqué sur perpendiculaire, puis vous avez cliqué sur filet puis vous avez cliqué sur un des coins du filet ? Alors que se passe-t-il ? Personne ne peut me dire ce qu'il se passe ?... Bon... Et bien je vais vous le dire ce qui se passe. Une droite a dû se mettre perpendiculairement au filet, une droite qui passe par le sommet. Voilà ce que ça a dû faire.
Etienne	Ah ! Du sommet !
Ens	Du sommet du terrain. <i>Je montre sur le schéma du tableau.</i> Un des sommets celui-là, celui-là, celui-là ou celui-là.
Ens	Maintenant vous allez cliquer sur le point symétrie axiale. <i>Les boutons du logiciel ayant été dessinés au tableau, je montre celui dont il est question.</i> Celui qui a les deux points et la barre.
	C'est fait ? Maintenant, vous allez cliquer sur le sommet, heuu pas le sommet, le côté du terrain. Un des côtés du terrain, vous cliquez une fois sur un des côtés du terrain et ensuite vous cliquez sur le filet, c'est parti.
Etienne	Maître tu vas trop vite !

L'utilisation de l'informatique nécessite donc des habitudes de travail issues d'apprentissages spécifiques des élèves et d'expériences réitérées de la part de l'enseignant au risque de tomber dans l'enseignement magistral et la monstration suscitant la pure imitation. Concernant l'informatique, l'imitation est peut-être un mode d'apprentissage privilégié dans la mesure où il n'est pas pris en charge de manière progressive et mesurée. Pendant cette séquence, la curiosité des élèves dans la manipulation que nous avions envisagée n'a pas nécessairement été aussi efficace que prévu. Au contraire, si la situation du jeu a produit une bonne dévolution du problème attestée par l'implication de tous les élèves dans ses premières phases, le passage à l'ordinateur a en fait été l'occasion de constater ce que l'on pourrait appeler un retour direct au contrat didactique, soit pour être contourné par des élèves s'étant saisi de la manipulation mais plus de la situation en jeu, soit pour être redéployé par des élèves demandant les réponses à l'enseignant ou cherchant la pure conformité technique par imitation.

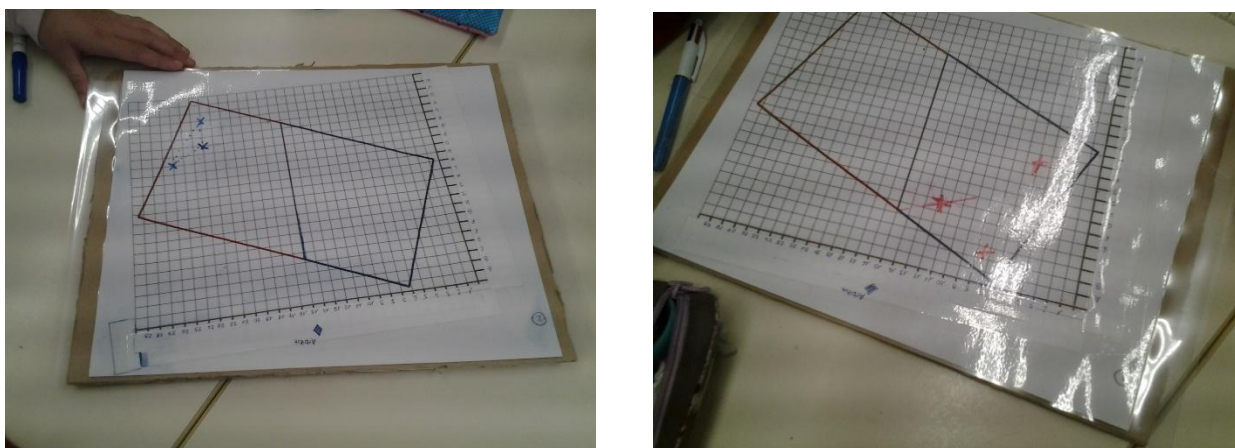
11. PASSAGE JEU PAPIER/ VIDEOPROJECTEUR

Il nous semble intéressant de faire une première analyse du jeu sur papier afin de comprendre ce qui a précédé le passage papier/ écran. Nous expliquerons ensuite comment s'est déroulé ce passage papier/ écran en confrontation avec ce que l'on avait prévu. Enfin nous analyserons les stratégies utilisées par les élèves sur ce passage.

Les terrains sur papier offrent un panel assez large de réponses mais on peut remarquer certaines logiques se mettre en place. L'ajout de contraintes au fur et à mesure a permis d'observer les

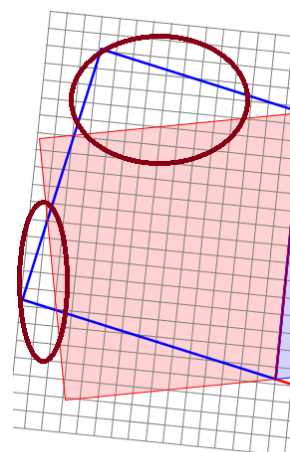
différences dans le comportement des élèves selon les contraintes données. L'ajout de la balle « bonus » valant 15 points les a motivés et poussés à chercher les contours du terrain. Seulement, ils avaient tendance à les placer les uns à côté des autres. L'ajout de la règle du calcul du périmètre les a incités à visualiser le symétrique du terrain dans sa totalité afin de pouvoir placer leurs balles à des endroits plus variés.

Après avoir joué une ou plusieurs parties, selon leur rapidité, il a été proposé aux élèves un jeu en groupe. Aucune mise en commun n'a été faite pour l'instant, toujours sur le modèle de la course à 20. Ils ont été séparés en deux groupes (bleus et rouges) et deux sous-groupes (bleus1, bleus2, rouge1, rouge2). Chaque sous-groupe avait un carton sur lequel était collé le terrain et sur lequel il y avait une fiche plastique sur laquelle il pouvait écrire au feutre.



III. 16. Terrains plastifié sur carton (impliable) joués par équipes.

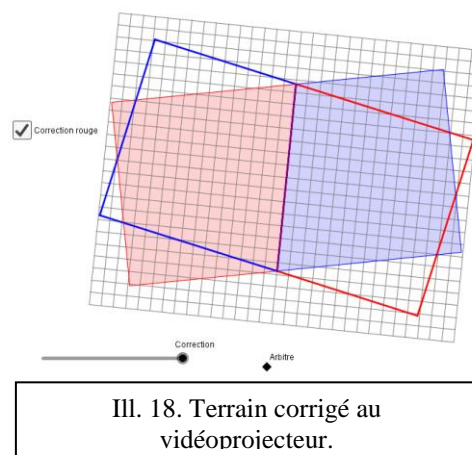
On voit les élèves qui continuent à chercher à visualiser le terrain de sorte à obtenir le périmètre le plus grand. Ces productions sont issues de la classe de CM1-CM2 où la règle du périmètre a été ajoutée. Les productions dans les autres classes proposaient des réponses avec des points plus rapprochés. Souvent, les élèves placent les balles dans des coins du terrain sans se représenter le terrain plié, comme le montrent des productions dans lesquelles les élèves copient le placement de leur adversaire en mettant leurs points sur le coin qui, justement, sera superposé à leur terrain au pliage ou à la correction. Il arrive, selon les terrains, qu'il y ait deux espaces de jeu possible séparés sur lesquels il est possible de mettre des balles, comme ci-contre. Ce n'est pas le cas sur les terrains sur cartons, ce qui fait que les élèves proposent à peu près tous la même réponse, avec plus ou moins de réussite : deux balles sur la limite du terrain (pour obtenir des points bonus) et une dans le coin du terrain pour réaliser un triangle dont le périmètre est plus évident à



III. 17. Terrain à deux espaces de jeu possibles

calculer et correspondant au schéma du triangle reconnu par les élèves qui n'apparaît pas si les points sont alignés (voir illustration 16). Cela pourrait donc de bien prendre en compte ce paramètre des espaces de jeu possible selon les terrains.

Il est proposé aux élèves de choisir trois nœuds du quadrillage, pour ensuite les reporter à l'écran. Nous avons tous les deux commencé la même semaine notre expérimentation mais Vincent commençant le mardi, il a été le premier à tester cette situation. Le premier *debriefing* sur cette séance a débouché sur le constat suivant : le fait que les élèves placent les points eux-mêmes sur l'ordinateur s'est révélé très chronophage et ne nous semblait pas vecteur d'apprentissage, même d'un point de vue instrumental. Il s'agissait ici, avons-nous estimé, d'un geste plus technique qu'autre chose. Il a donc été décidé pour les séances suivantes de faire nous-mêmes la manipulation, sur commande des élèves. Cela a facilité le passage papier-écran car les élèves n'avaient pas le temps de se dissiper, comme ça a été le cas lors de la toute première séance dans la classe de CM1. Parmi ce que nous avons prévu, le quadrillage n'a pas posé problème aux élèves et a permis une communication rapide du placement des points. Cet aspect purement matériel nous semble toutefois central dans le passage écran-papier. Sans ce quadrillage, il aurait été très compliqué voire impossible de passer de cette manière sur l'écran du vidéoprojecteur. Lors de la mise en commun, dans les trois classes, des élèves ont dit « plier le terrain dans leur tête » car ce n'était plus possible de le plier dans la réalité. On peut faire la supposition que de passer par le support papier avant de passer à un support non pliable puis à l'écran, qui offre une dimension supplémentaire dans la dématérialisation du terrain a aussi facilité ce passage écran/ papier. En effet, cela a permis de partir d'une manipulation matérielle vers une manipulation mentale. La vérification s'est faite grâce à l'outil correction qui affichait les terrains fantômes comme le montre l'illustration 18.



Le passage au vidéoprojecteur a donc bien permis : de mobiliser les élèves sur la tâche par groupes de 4 à 6 élèves grâce au match par équipes ; de leur permettre de communiquer leurs résultats lors de la mise en commun après le jeu.

12. PASSAGE DE L'ORDINATEUR AUX TRAÇAGE SUR LES TERRAINS PAPIER

Le passage de l'ordinateur au papier est un passage qui nous semblait plus délicat, de par nos lectures, car il semble que la motivation à repasser vers le papier peut être un obstacle. Aussi, cela suppose que la manipulation sur ordinateur ait permis la résolution du problème et donne des clés de résolution transposables sur papier. Nous analyserons d'abord la présence du calque dans le milieu proposé, puis nous nous intéresserons aux productions des élèves sous différents aspects : les stratégies sur ordinateur, la transformation de ces stratégies sur papier et les productions inattendues.

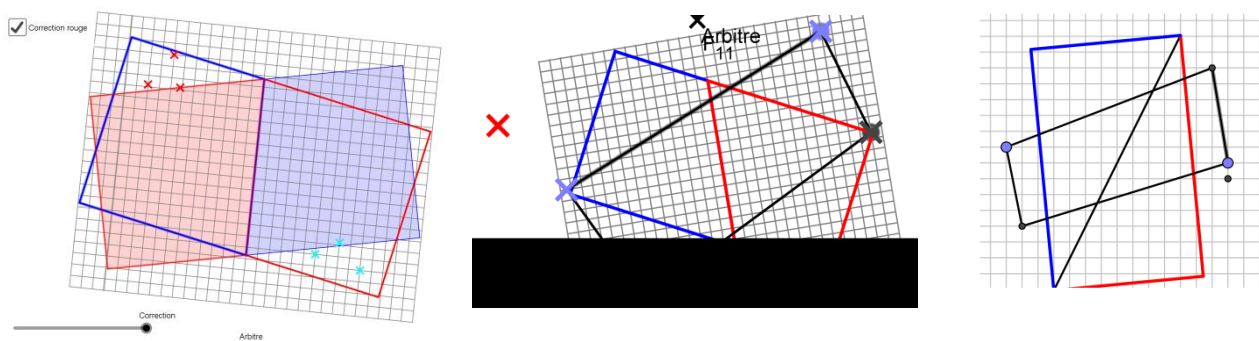
Nous avons décidé d'ajouter le calque comme outil de résolution pour garder un pied dans la manipulation matérielle. Il a été utilisé de manière différente selon les classes, ce qui nous éclaire sur sa place dans notre situation. Dans la classe de CM1-CM2, le calque a été utilisé systématiquement : deux calques en autocorrection lorsqu'ils avaient terminé et un calque format A5 à la disposition de chaque élève. Cela a eu comme conséquence que les élèves de cette classe n'ont pratiquement pas transposé les réponses sur ordinateur sur leur feuille, les réponses sur les deux supports étaient même parfois très différentes. En effet, la quasi-totalité des binômes ont utilisé uniquement le papier calque pour répondre sur feuille. Nous pouvons en conclure que le papier calque remplit son rôle dans l'aspect attrayant de la situation papier : tous les élèves sont passés sans problème sur papier. Cependant, il offrait une stratégie déjà connue des élèves, qui n'avaient alors aucun intérêt à se mettre en danger, une réponse ancienne leur offrant déjà la possibilité de répondre au problème posé. Pour les lancer sur une autre stratégie de résolution, le calque leur a été enlevé pour la deuxième situation, ce qui apparaît a posteriori ne pas être une bonne solution, le second terrain étant beaucoup plus compliqué à compléter, comme nous l'avons vu plus haut. Et effectivement, les élèves ont eu énormément de difficultés sur le deuxième terrain sur papier dans toutes les classes, qu'ils aient eu ou non un calque à disposition. L'utilisation du calque a été riche. Nous n'analyserons pas ici l'ensemble des stratégies liées au calque car cela n'entre pas directement dans notre problématique. Pourtant, il faut signaler que le calque a plutôt été une entrave au passage de l'écran au papier. Dans la classe de CE2-CM1 et CM1, le calque a été principalement utilisé en différenciation mais, son utilisation a parfois eu les mêmes effets, incitant les élèves à ne pas expérimenter la correspondance entre le terrain sur l'écran et le terrain papier. Il faudrait donc trouver d'autres dispositifs pour cumuler les outils car le calque, comme

éventuellement le miroir, non utilisé ici, sont essentiels à ces âges. Par exemple, utiliser calques et miroirs pendant les phases de jeu sur papier.

De nombreux élèves se sont trompés dans l'enregistrement des fichiers, même si la démarche était affichée au tableau. Nous aurions pu pallier cela si nous n'avions pas été un peu débordés par les nombreux paramètres à gérer. Ces erreurs, de la part des élèves ou de l'enseignant, étaient d'autant plus importantes dans la classe où ils étaient peu habitués à l'outil informatique. Encore une fois, on peut constater que plus une habitude est ancrée, plus l'utilisation de matériel informatique devient fluide pour tous les participants.

Grâce à l'outil protocole de construction, il est possible, sur les productions sauvegardées de Geogebra, de suivre pas à pas les actions des élèves. La correction pendant le jeu sur ordinateur a permis à certains de visualiser approximativement le terrain fantôme sur le premier terrain « arbitre ».

Or, lorsqu'il a fallu passer sur un autre terrain, certains ont donné la même réponse à une question différente. On peut le voir chez ce binôme constitué d'un élève de CM1 et d'une élève de CM2, au milieu sur le premier terrain à tracer et à droite sur le second. En effet, l'inclinaison est la même. On peut en conclure qu'ils ont cherché à remplir le contrat didactique de construire le terrain fantôme sans adapter leur réponse à la situation qui avait changé.

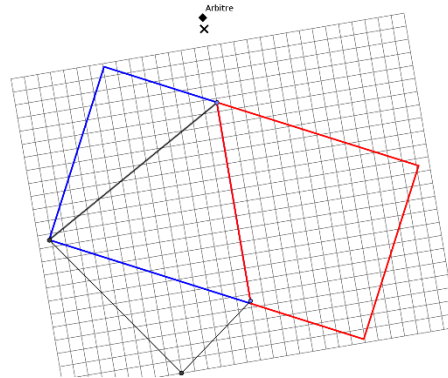


Ill. 19. Trois productions sur Geogebra : une partie puis deux tracés d'un même binôme.

La question que l'on peut se poser est de savoir si la réponse aurait été différente si l'on avait marqué une rupture avec le jeu et plus appuyé sur la notion de symétrie d'une figure par rapport à un axe. En outre, l'accroissement de la difficulté entre ces deux terrains est peut-être trop grand car en plus de changer l'orientation, le quadrillage ne suit plus le filet. Il aurait probablement fallu ajouter une étape intermédiaire ou ne pas mettre un quadrillage différent, quitte à ne pas en mettre.

Certains élèves ont suivi des stratégies de comptage par rapport à l'axe de symétrie. Les élèves de CM1, dont le travail est présenté ci-dessous, ont placé un premier point sur un sommet du terrain bleu. Ce point ne correspond pas au symétrique du sommet qui lui est opposé toutefois, il

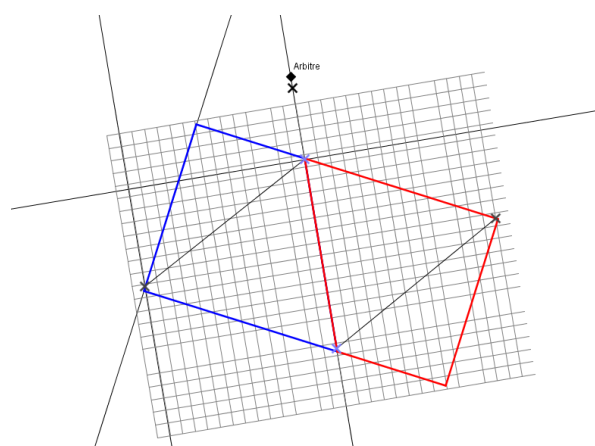
s'en approche à vue d'œil. Ces élèves ont sans doute été rassurés par le fait de rejoindre le sommet à placer sur le sommet présent. Puis elles ont placé un deuxième point représentant un deuxième sommet en comptant à partir du filet, qu'elles auraient prolongé avec l'idée sous-jacente que l'axe peut et doit être prolongé (avec cependant une erreur de comptage).



III. 20. Les élèves s'appuient sur les sommets présents mais aussi sur le quadrillage.

On peut en conclure que l'apprentissage est en cours et qu'elles ont compris le principe de retournement et du report de sommets. Ce savoir est à consolider. A ce niveau de compréhension, il aurait peut-être été intéressant de les guider vers l'outil perpendiculaire pour qu'elles tentent de construire une stratégie à partir de cet outil. On retrouve ici le rôle d'enseignant comme « chef d'orchestre ». C'est au regard de ces productions que nous commençons à émettre l'hypothèse que la perpendiculaire n'est envisageable que lorsque le report de sommets est acquis.

A l'inverse, un certain nombre d'élève ne semble pas passer par le report de sommets, ce qui, encore une fois, n'a rien d'alarmant à ce niveau. Cependant, il est intéressant d'observer l'utilisation de l'outil perpendiculaire par ces élèves comme sur le travail de ces deux élèves de CM2 :

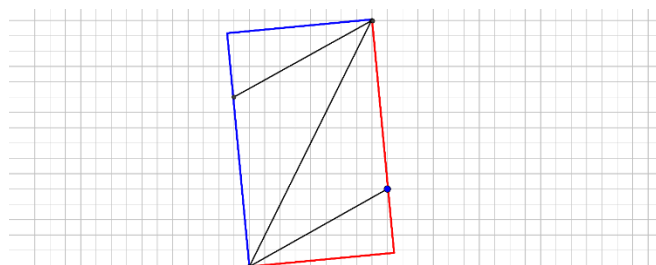


III. 21. Une utilisation de la fonction perpendiculaire

Ces deux élèves sont assez scolaires et soucieuses de bien faire. Grâce au protocole de construction, nous pouvons constater qu'elles ont construit un segment par approximation à l'intérieur du terrain fantôme, rejoignant l'un des bords du filet à l'un des sommets du terrain,

stratégie vue plus haut. Rejoindre des sommets semble être rassurant pour ces élèves. En second lieu, ce binôme a construit la perpendiculaire de l'axe de symétrie, puis deux perpendiculaires à cette dernière : l'une suivant l'axe de symétrie et l'autre sur le quadrillage. Ces deux droites se retrouvent donc parallèles. Enfin elles ont construit la perpendiculaire au côté supérieur du terrain. Elles ne semblent pas continuer dans cette idée et finissent avec une stratégie par approximation, comme elles avaient commencé et rejoignent un bord du filet avec un des sommets du terrain. Notre analyse de cette situation est qu'elles ont compris, probablement par la présence du bouton perpendiculaire et les consignes, que l'on pouvait tracer le symétrique d'une figure en utilisant la perpendiculaire sans vraiment savoir comment. Malgré leur bonne volonté, il leur manquait la compréhension du report de sommet qui aurait pu les amener à une stratégie gagnante. Sans cette connaissance, l'outil perpendiculaire ne semble pas fonctionnel dans cette situation.

Voici la réponse de ce même binôme pour le terrain n°4 :

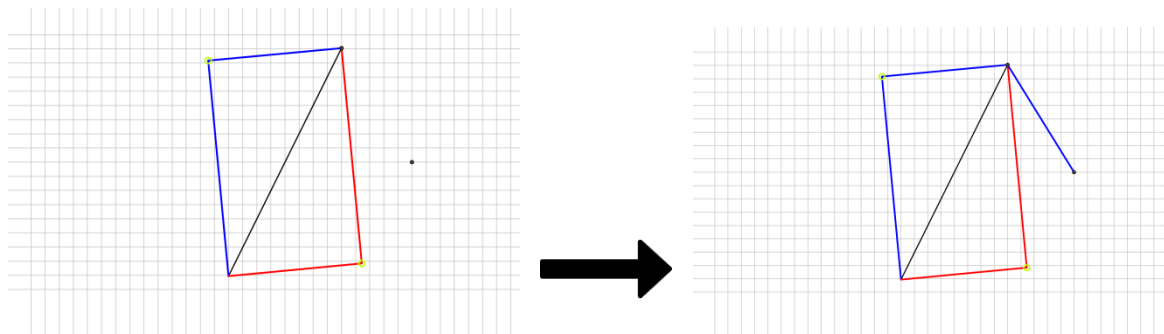


Ill. 21. Symétrie tronquée en adéquation avec la consigne.

Comme le fichier Geogebra n'est pas disponible pour ce terrain, on ne peut que supposer qu'elles ont utilisé une stratégie par approximation. Elles ont toutefois abandonné l'outil perpendiculaire. Elles proposent cependant une réponse différente de l'autre terrain et ne calquent pas la même réponse à un problème différent comme les premières productions d'élèves analysées. Le fait de ne pas sortir du terrain est une réponse qui revient assez souvent. Elle est probablement due en partie à la consigne : on demandait aux élève de tracer le terrain fantôme de sorte que l'on sache directement si une balle était bonne ou pas. Nous nous attendions à ce qu'ils tracent le symétrique entier du terrain. Cette réponse, même si ce n'était pas celle que l'on attendait répond au problème posé. Une rupture avec le jeu aurait peut-être été souhaitable pour introduire la notion de symétrie d'une figure et être précis au niveau de notre demande.

Ici, ces élèves de CE2 ont utilisé l'outil symétrie axiale après que cette fonction ait été présentée en tant que telle par l'enseignant. Ils ont construit le symétrique d'un sommet puis ont rejoint les sommets sans faire d'erreurs grâce à l'outil segment. Ces élèves passent donc par une symétrie de points, en reportant les sommets pour compléter la figure par symétrie. L'outil segment induit potentiellement plus que des stratégies par tâtonnements dans la mesure où ici, le report des

sommets nécessitait une manipulation technique difficile pour des CE2 mais qu'ils ont pour la plupart réussi à l'effectuer. Il peut être intéressant, pour des élèves plus âgés de les guider vers l'outil perpendiculaire à ce stade de compréhension.



III. 22. Du report de sommet à la symétrique du segment.

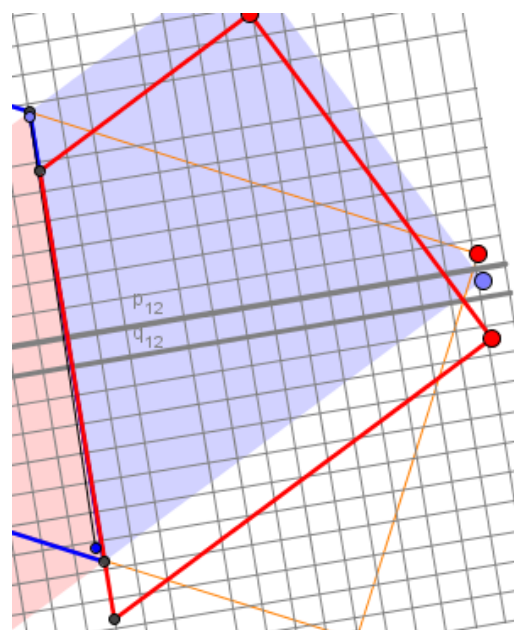
La nécessité d'une bonne appropriation au préalable du logiciel par les élèves est mise en exergue par la production de ces deux élèves de CM1. Elle met également en jeu les difficultés, pour l'enseignant, à reconstituer la manipulation des élèves. L'image finale des élèves témoigne d'une manipulation poussée du logiciel. L'utilisation de l'outil protocole de construction pour recomposer leur démarche s'avère ici problématique dans la mesure où le fichier source comporte une grande quantité d'objets et de conditions qui complexifie la restitution des procédures d'élèves. Ceux-ci ayant joué sur la possibilité d'afficher ou non des commandes ou d'en supprimer ont donc créé un véritable jeu de piste pour l'enseignant.

No.	Nom	Définition	Valeur
426	Segment n_3	Segment [EF]	$n_3 = 5.54$
427	Point G		$G = (-5.48, -3...$
428	Point G'	Symétrique de G par rapport à s_{12}	$G' = (-6.16, 0...$
429	Point H		$H = (-3.34, -0...$
430	Point D' ₁	Symétrique de D' par rapport à q_{12}	$D'_{1'} = (10.06, 1.13)$
431	Point I	Symétrique de F ₁₀ par rapport à q_{12}	$I = (5.26, -2.43)$
432	Point J	Symétrique de G ₁₀ par rapport à q_{12}	$J = (4.31, 3.27)$
433	Point K	Symétrique de D' ₁ par rapport à q_{12}	$K = (6.99, 5.26)$
434	Quadrilat.	Polygone D' ₁ , I, J, K	$poly33' = 23.98$
434	Segment d' ₁	Segment [D' ₁ , I] de Quadrilatère poly33'	$d'_{1'} = 5.97$
434	Segment i ₄	Segment [IJ] de Quadrilatère poly33'	$i_4 = 5.78$
434	Segment j ₄	Segment [JK] de Quadrilatère poly33'	$j_4 = 3.34$
434	Segment k ₄	Segment [KD' ₁] de Quadrilatère poly33'	$k_4 = 5.14$

III. 23. Une enquête mathématique et numérique : reconstitution des faits.

Pour pouvoir analyser leur production, il a fallu réafficher de nombreux objets que les élèves avaient rendus invisibles et supprimer les commandes conditionnelles (afficher tel objet si tel

bouton est coché) préparées pour la correction. Le rendu final montre comment ils ont procédé. Ils se sont appuyés sur une propriété imprévue de notre situation. La figure formée par l'ensemble des terrains corrigés et non corrigés forme en fait une figure à deux axes de symétrie. Nous avons construit la situation sur l'axe représenté par le filet mais ces élèves ont également repéré que cette figure finale possédait un autre axe de symétrie perpendiculaire au premier et passant par le segment central du quadrillage. Ils ont donc essayé de reconstituer chaque côté de terrain, indépendamment du filet qui représente une frontière symbolique dans le jeu et non le vecteur d'une transformation. Ils ont cherché un autre axe de transformation par le segment q_{12} . L'idée est justifiée par les propriétés mathématiques de la figure, les deux côtés de terrain étant le résultat d'une symétrie

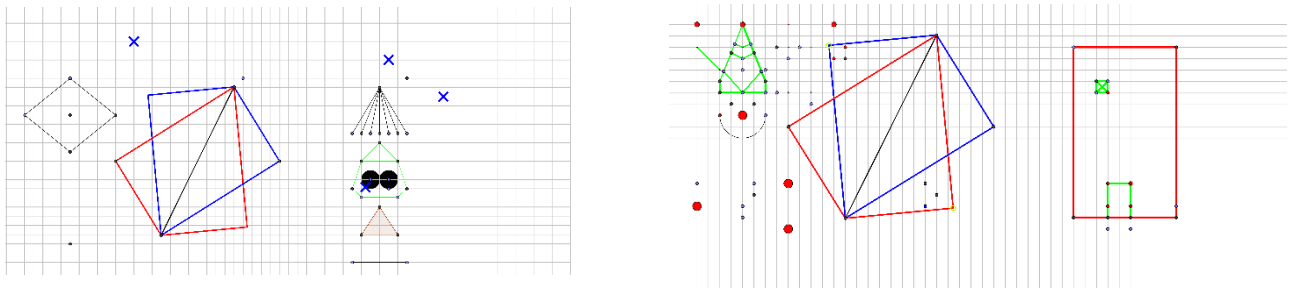


III. 24. Identification de l'axe imprévu.

centrale par le point B, toutefois, les élèves n'ayant pas réussi à repérer ce centre, ils se sont basés sur le segment q_{12} du quadrillage et non le segment p_{12} . C'est cette manipulation originale qui explique le décalage visible malgré une conception très pertinente au départ. Au-delà du travail de repérage de l'enseignant, cette manipulation a donc mis le doigt sur une nouvelle procédure si élaborée que nous ne l'avions pas anticipée. Elle aurait pu donner lieu à de nouvelles variables dans la situation, par exemple, le fait de placer le bouton milieu qui aurait permis à ces élèves de repérer l'axe de symétrie qu'ils recherchaient. Toutefois, elle nous invite une nouvelle fois à tenir compte de la complexité de manipulation des élèves qui, ici, ont manifestement essayé de multiples possibilités effacées entre-temps. Les multiples manipulations nécessaires pour retrouver la trace effective de leur procédure malgré le peu d'informations apparentes dans le protocole de construction témoigne de l'investissement dans la tâche de ces élèves. Afin de gagner en efficacité sur les procédures concernant la symétrie, il serait sans doute utile d'épurer le dispositif informatique en amont en favorisant une économie de moyens dans sa construction, quitte à laisser les élèves enrichir le support par tâtonnement.

Dans la classe de CE2-CM1, les productions supplémentaires d'élèves de CM1 confirment bien que le milieu peut être enrichi par les élèves. L'utilisation préalable du logiciel par les élèves, quelques exemples de fonctions possibles et quelques minutes de temps libres alors que les autres élèves continuaient à travailler montre à quel point les élèves sont susceptibles, si on leur laisse assez de champs, pour une expérimentation riche, bien que celle-ci sorte littéralement de la

situation. Ainsi, nous avons pu apprécier combien les élèves pouvaient ressentir le besoin d'expérimenter autrement les outils pédagogiques proposés. Concernant la symétrie, la relation esthétique mise en œuvre ici aurait sans doute mérité une plus grande attention de notre part.



Ill. 25. Du jeu à terrain au terrain de jeu : retour aux sources.

CONCLUSION

Notre travail avait comme enjeu la problématique suivante : comment faciliter le passage écran (souris) papier (crayon) pour résoudre un problème impliquant la symétrie axiale dans le cadre d'une démarche d'investigation en cycle 3 ? Ayant façonné une séquence incluant une démarche d'investigation à partir d'un jeu, nous avons montré comment ce passage pouvait principalement être facilité sur deux points ; le premier étant plus général, le second mettant en jeu des spécificités de la symétrie.

D'une part, pour faire en sorte que ce passage soit efficace, nous avons vu à quel point la genèse instrumentale, l'ajustement quasi-réciproque entre l'outil informatique et ses utilisateurs, devait être progressive et inscrite dans l'agenda de la classe. En amont des séquences, l'enseignant doit se forger une réelle affinité avec l'ordinateur comme avec les logiciels qu'il permet d'utiliser. Cette appropriation de l'outil informatique doit tenir compte autant des capacités des élèves que de l'intérêt du logiciel et de ses utilisations en fonction des notions mobilisées. De plus, l'enseignant doit se forger par l'expérience une palette interprétative concernant les productions des élèves. Pour les élèves, une familiarisation progressive, structurée et explicite doit être envisagée dès le début de l'année *a minima* mais il est très probable que l'inscription dans le cycle permettrait de réduire les différences de capacité d'utilisation des élèves. Pour ce faire, nous avons vu que des actions généralisables à d'autres logiciels, comme ouvrir un fichier, l'enregistrer, etc. ne sont pas à négliger. Sans cela, toute possibilité d'un passage effectif de l'écran au papier et retour risque d'être fortement compromis par la démobilitation des enseignants comme des élèves. Pour cela, l'utilisation régulière d'une diversité de logiciels et d'actions offre une telle familiarisation.

D'autre part, pour favoriser le passage écran-papier, nous avons vu combien il était nécessaire de tenir compte de la dialectique entre l'introduction d'outils représentant la nouveauté et ceux inscrits dans les habitudes traditionnelles de classe. Par la situation proposée, nous avons montré qu'une première étape consistait à passer, grâce à la situation d'apprentissage mobilisant les élèves, du papier à l'écran. Ce passage permet une transition moins abrupte vers la nouveauté que constitue ici le logiciel Geogebra. Le passage suivant, de l'écran au papier, doit, quant à lui, permettre de décontextualiser les apprentissages en jeu. Toutefois, nous avons vu combien la situation proposée, si elle tentait d'articuler ces deux moments, s'est heurtée à une difficulté spécifique par le biais du calque. La symétrie axiale met en jeu d'autres supports comme le calque ou le miroir, or nous avons

vu que dans cette dernière phase, l'introduction du calque pouvait apparaître comme un outil concurrent qui ne facilite pas la transition écran-papier mais peut éventuellement la biaiser. Nous pensons donc que le mode d'application de la séquence, qu'a impliquée notre lecture des programmes de l'étude de la symétrie en cycle 3, ne nous a pas permis de rendre véritablement efficiente cette seconde transition.

Pour conclure, nous envisagerons une progression de cycle. Nous avons testé cette séquence sur les trois classes du cycle 3 actuel. Nous évoquerons la possibilité de la rendre cohérente dans le cadre du changement de cycles, d'autant plus que les compétences attendues dans les nouveaux programmes en fin de cycle 2, soit en CE2, sont proches de ce qui est attendu dans cette classe dans les programmes actuels. Toutefois, ce que nous imaginons à partir du CM1 marque une réelle rupture avec ce qui les activités de manipulation et de repérage proposées en CE2. Nous envisageons la fin de notre séquence en classe de 6^{ème} car cela nous semble cohérent, d'un point de vue institutionnel mais aussi d'un point de vue didactique. Cette logique serait véritablement profitable pour la notion compliquée pour les enseignants comme pour les élèves qu'est la symétrie axiale, d'autant plus qu'elle suppose l'utilisation de l'outil informatique dans les nouveaux programmes.

En CE2, nous proposons des séances avec beaucoup de manipulations sur écran, notamment en utilisant l'outil trace associé à l'outil symétrie axiale. Cela permet à l'élève de CE2 d'expérimenter le rapport de deux points symétriques de manière ludique et esthétique. En séance de passage de l'écran au papier, un exercice visant à compléter une figure nous semble judicieux si organisé de la manière suivante : l'élève aurait à disposition les segments utiles à la réalisation, de la bonne longueur, avec comme variable, entre autres, l'inclinaison de ces segments, qui demande à la fois une progression d'un point de vue disciplinaire et d'un point de vue instrumental. Cela offrirait la possibilité d'une compréhension du logiciel, dans lequel il est possible de déplacer des points en laissant d'autres points statiques. L'introduction du jeu pourrait se faire dès ce niveau, peut-être uniquement dans le sens papier écran, car la résolution du problème de l'arbitre, réel intérêt du passage écran papier dans cette situation, ne nous semble pas opportune à ce niveau. La correction se ferait alors grâce aux outils de correction présentés dans ce mémoire.

L'introduction du jeu de l'arbitre se ferait au niveau du CM1. Ce serait la situation présentée ici avec les ajustements proposés tout au long des deuxième et troisième parties.

Au niveau CM2, nous proposons de moduler la situation avec les boutons accessibles aux élèves qui seraient plus nombreux, et les formes des terrains.

La rupture principale en 6^{ème} se ferait au niveau des procédures attendues. Le report de sommet serait l'une des connaissances visées par cette situation. Si les conditions le permettent, ce serait l'occasion de travailler en collaboration avec les enseignants de mathématiques du collège de secteur dans l'optique de la liaison école collège. Même si cette séquence concerne la symétrie, l'un des intérêts est de construire une utilisation efficace par les élèves de l'outil informatique.

En définitive, notre situation était peut-être trop riche et complexe pour être menée dans les conditions qui étaient les nôtres mais, après analyse de cette séquence, reste que notre situation semble bien pouvoir faire preuve d'efficacité en termes de dévolution et de progrès des élèves.

BIBLIOGRAPHIE

ARTIGUE M. (1988) Ingénierie didactique, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, vol.9, n 3 [281-308].

ARTIGUE M. (2002). Ingénierie didactique : quel rôle dans la recherche didactique aujourd'hui ? *Les Dossiers des Sciences de l'Éducation*, vol.8 [59-73].

ASSUDE T. et GELIS J-M. (2002) La dialectique ancien-nouveau dans l'intégration de cabri-géomètre à l'école primaire, *Educational Studies in Mathematics*, n°50 [259-287].

BALACHEFF N. (1993) La transposition informatique, un nouveau problème pour la didactique in ARTIGUE M. et al (Eds.) [364-370], *Actes du colloque du 15 au 17 juin 1993. Vingt ans de didactique des mathématiques en France*, Grenoble, La Pensée Sauvage éditions, coll. « Recherches en didactique des mathématiques ».

BAUTIER T. (1995) La symétrie orthogonale obligatoire à l'école in, Actes du XXII^{ème} Colloque inter IREM des formateurs et professeurs de mathématiques chargés de la formation des maîtres [103-129], IREM Lille, COPIRELEM.

BERTHELOT R et SALIN M-H. (1992) *L'enseignement de l'espace et de la géométrie dans la scolarité obligatoire*, Thèse de doctorat en didactique des mathématiques, soutenue le 7 novembre 1992, Université Bordeaux 1.

BROUSSEAU G. (1998) *Théorie des situations didactiques (didactique des mathématiques 1970-1990)*, Grenoble, La Pensée Sauvage éditions, coll. « Recherches en didactique des mathématiques ».

BUCHETON D. et SOULE Y (2009) Les gestes professionnels et le jeu des postures de l'enseignant dans la classe : un multi-agenda de préoccupations enchâssées, *Education et didactique*, vol.3 n°3 [29-48].

BULF C. (2008) *Etude des effets de la symétrie axiale sur la conceptualisation des isométries planes et sur la nature du travail géométrique au collège*, Thèse de doctorat en didactique des mathématiques, soutenue le 17 novembre 2008, Université Diderot, Paris 7.

CHAACHOUA H. (2000) Usage des TICE dans l'enseignement : Quelles compétences pour un enseignant des mathématiques ? Communication au séminaire national de l'INRP du 26 juin 2000,

Paris [Disponible en ligne : <http://www.inrp.fr/Tecne/Rencontre/Chaach.pdf>, consulté le 03.01.2016].

CHAACHOUA Y. (2007) Apprentissage de la symétrie orthogonale en fin de cycle 3 à l'aide d'un logiciel de géométrie dynamique, *Grand N*, n°79 [61-83].

CHESNAIS A. (2009) *L'enseignement de la symétrie axiale en sixième dans des contextes différents : les pratiques de deux enseignants et les activités des élèves*, Thèse de doctorat en didactique des mathématiques, soutenue le 2 décembre 2009, Université Diderot, Paris 7.

CHEVALLARD Y. (1991) *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*, Paris, La Pensée Sauvage éditions, coll. « Recherches en didactique des mathématiques ».

CHEVALLARD Y. (1994) Les processus de transposition didactique et leur théorisation, in ARSAC G., CHEVALLARD Y., MARTINAND J-L. et TIBERGHIEU A. (Eds.) [135-180] *La transposition didactique à l'épreuve*, Grenoble, La Pensée sauvage, coll. « Recherches en didactique des mathématiques ».

DOUADY R. (1994) Ingénierie didactique et évolution du rapport au savoir. Une chronique en calcul mental, un projet en algèbre à l'articulation collège-seconde, *Repères IREM* n°15 [37-61].

FAVRE D. (2015) *Cessons de démotiver les élèves : 18 clés pour favoriser l'apprentissage*, Paris, Dunod, coll. « Enfances ».

GRENIER D. (1988) *Construction et étude du fonctionnement d'un processus d'enseignement sur la symétrie orthogonale en sixième*, Thèse de doctorat en didactique des mathématiques, soutenue le 8 juillet 1988, Université Joseph Fournier, Grenoble 1.

GRUGEON-ALLYS B. (2008) Pratiques d'intégration d'un logiciel de géométrie dynamique à l'école élémentaire, *Carrefour de l'éducation*, vol.1 n°25 [75-90].

MEIRIEU P. (2004), *Apprendre... oui, mais comment ?*, Issy-les-Moulineaux, ESF éditeur, coll. « Pédagogies ».

Ministère de l'éducation nationale, Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, *Documents d'accompagnement des programmes. Mathématiques*, CNDP, 2002.

Ministère de l'éducation nationale, Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, *Horaires et programmes d'enseignement de l'école primaire*, « Bulletin Officiel », n°3, 19 juin 2008, Hors-série.

Ministère de l'éducation nationale, Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, *Programmes d'enseignement du cycle des apprentissages fondamentaux (cycle 2), du cycle de*

consolidation (cycle 3) et du cycle des approfondissements (cycle 4), « Bulletin Officiel spécial », n°10, 19 novembre 2015.

RABARDEL P. (1995) *Les hommes et les technologies : approche cognitive des instruments contemporains*, Paris, Armand Colin.

TAVIGNOT P. (1995) A propos de la transposition didactique en didactique des mathématiques, *Spirale, Revue de Recherches en Education*, n°15 [31-60].

TRGALOVA J. *et al.* (2009) Analyse de ressources pédagogiques pour la géométrie dynamique et évaluation de leur qualité : le projet Intergeo, Dakar, Actes du colloque espace mathématique francophone [Disponible en ligne : <http://fastef.ucad.sn/EMF2009/Groupes%20de%20travail/GT6/trgalova%20-%20Paula%20Jahn%20et%20Lavergne.pdf>, consulté le 03.01.2016].

TROUCHE L. (2004) Environnements informatisés et mathématiques : quels usages pour quels apprentissages ?, *Educational Studies in Mathematics*, n°55 [181-197].

TROUCHE L. (2005) *Des artefacts aux instruments, une approche pour guider et intégrer les usages des outils de calcul dans l'enseignement des mathématiques*, *Actes de l'Université d'été de Saint-Flour. Le calcul sous toutes ses formes*. [Disponible en ligne : http://www.math.uqam.ca/~maheuxjf/cours/doc865m/TroucheArtefactInstruments_partieB.pdf, consulté le 23.01.2016].

ANNEXES

ANNEXE 1 : SEQUENCE

Séance 1 ; Évaluation diagnostique

Objectifs : repérer les difficultés des élèves sur les points suivants : Orthogonalité / Renversement / Axe qui coupe une figure / Conservation des longueurs / Report des sommets / Repérage sur une grille quadrillée.

Savez-vous comment tracer une figure lorsqu'il y a un axe de symétrie sur une feuille ? Qui peut expliquer ce qu'est un axe de symétrie ?

Attendu : Il y a un axe de symétrie quand on peut plier la feuille sur l'axe et que les deux figures se superposent.

Sur cette feuille, vous avez 6 exercices. Faites ce que vous pouvez, ce n'est pas une évaluation car nous n'avons pas encore travaillé sur la symétrie ensemble, cela me permettra de voir ce qu'il faut qu'on travaille plus particulièrement. Pour une fois en géométrie, vous pouvez tracer sans règle, juste à main levée.

Evaluation diagnostique : Tracer les éléments demandés à main levée

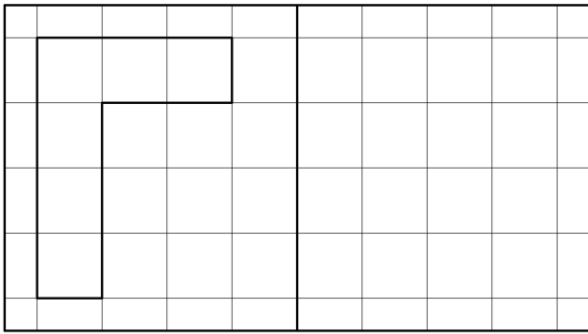


Figure 1 : tracer la figure symétrique de celle dessinée par rapport à l'axe.

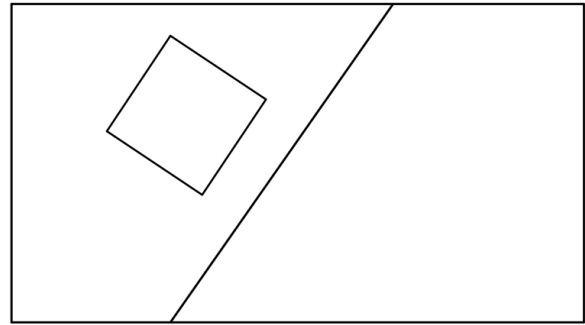


Figure 2 : tracer la figure symétrique de celle dessinée par rapport à l'axe.

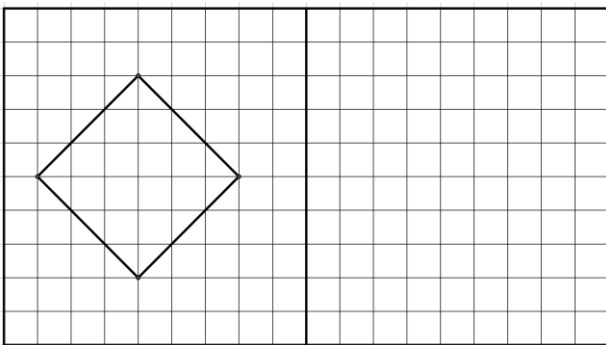


Figure 3 : tracer la figure symétrique de celle dessinée par rapport à l'axe.

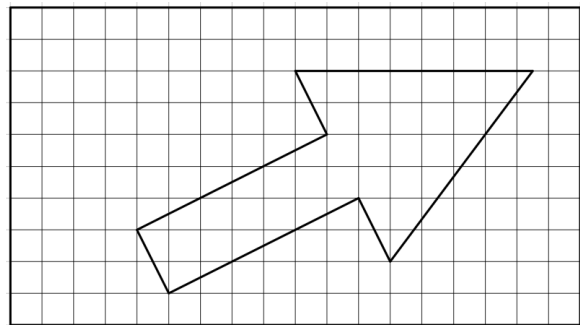


Figure 4 : placer l'axe de symétrie de cette figure

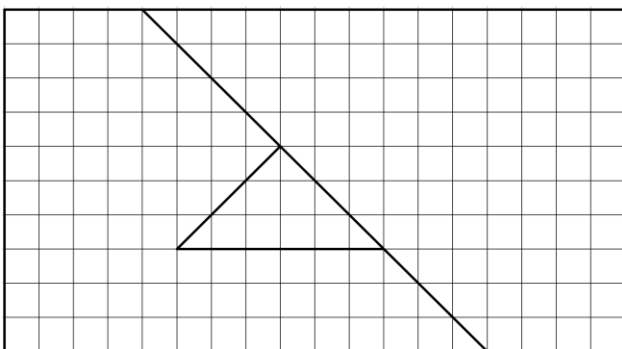


Figure 5 : compléter la figure en traçant son symétrique par rapport à l'axe.

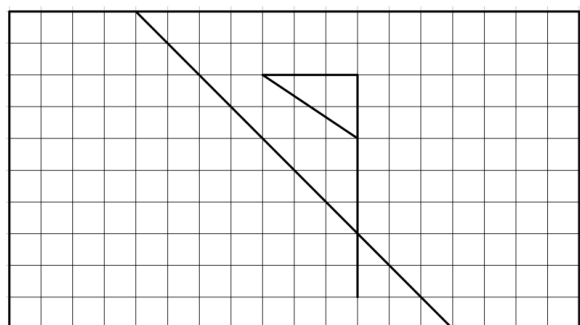


Figure 6 : tracer la figure symétrique de celle dessinée par rapport à l'axe.

Séance 2 ; Situation problème : le terrain fantôme

Objectif élèves : Comprendre les règles du jeu. Visualiser les symétries des deux morceaux de « terrain » (deux trapèzes rectangles) en fonction de l'axe de symétrie que représente le « filet » par pliage mental. Première approche de l'utilisation spécifique de Géogébra.

Matériel : 13 terrains sur feuilles A3, 13 terrains sur feuilles A5, 4 terrains impliables, vidéoprojecteur, ordinateur avec les terrains calibrés pour correspondre aux terrains impliables, petits papiers pour noter les points choisis, marqueurs de tableau (2 bleus, 2 rouges).

L'enseignant a au préalable noté les règles sur le côté caché du tableau. Les règles additionnelles sont dévoilées après une première partie selon le niveau des élèves.

- Lancer sur le terrain de l'adversaire
- Quand on plie le terrain au niveau du filet, la balle ne doit pas être sur son propre terrain
- Jeu en trois balles (5 points par balle)
- En cas d'égalité, c'est la balle qui est la plus proche du terrain fantôme qui gagne les 5 points.
- Si la balle tombe sur la limite du terrain fantôme, elle compte 15 points.
- En cas d'égalité des trois balles marquées dans chaque camp, il faut mesurer le périmètre du triangle formé par les trois points. Le joueur qui aura formé le triangle au plus grand périmètre gagne.

Un terrain A3 est affiché au tableau.

<p>Explications et lancement</p> <p><i>Voici un terrain de tennis. Le filet de ce terrain a été monté bizarrement. Deux joueurs décident d'inventer un nouveau jeu qu'ils appellent le terrain fantôme. Le but du jeu est d'envoyer la balle sur le terrain de l'adversaire mais attention, quand on plie le terrain en suivant le filet, la balle ne doit pas se superposer avec son propre terrain. Nous allons essayer avec un volontaire.</i></p> <p>L'enseignant joue une première balle avec un élève puis lui demande de vérifier qui a le point. Deux autres élèves viennent essayer. Ils vérifient qui a le point. Puis deux autres.</p> <p><i>Tout le monde a bien compris ? Je distribue les feuilles et vous pouvez commencer. Les</i></p>	5 min
---	-------

<p><i>règles sont affichées au tableau si vous avez un doute.</i></p>	
<p>Premières parties</p> <p>Les joueurs jouent une partie sur un terrain A3. Ceux qui ont fini disposent de feuilles de terrain A5 en plus.</p> <p>Maintenant, vous allez refaire une partie. Mais attention, nous allons ajouter une règle : s'il y a égalité, c'est la balle la plus proche qui gagne et si vous arrivez à placer la balle exactement sur la limite de votre filet, cette balle vaut 15 points !</p>	<p>10 min</p>
<p>Partie classe entière</p> <p>À présent que vous avez tous bien compris les règles, nous allons jouer au même jeu mais d'une autre manière. Nous allons diviser la classe en deux, ce côté, vous serez les rouges et ce côté les bleus. Puis encore en deux : chaque sous groupe joue contre un adversaire (bleus 1 / bleus 2 / rouges 1 / rouges 2).</p> <p>Chaque équipe place ses trois balles dans le camp de l'adversaire sur un nœud du quadrillage, c'est-à-dire à un endroit où les lignes se croisent (dessin au tableau). Une fois que vous êtes tous d'accord sur le placement de vos balles (avec trois croix), vous devez écrire sur ce papier l'endroit où se trouvent vos balles sur le quadrillage et trois joueurs par équipes viendront placer les points sur l'ordinateur.</p> <p>Par exemple : si la balle se trouve sur la 5^{ème} ligne et la 3^{ème} colonne, vous écrivez : E3</p>	<p>10'</p>
<p>Elaboration de stratégies et mise en commun</p> <p>Après avoir choisi leurs coups, les joueurs viennent un par un (une couleur après l'autre) pour placer leurs points. Ils placent leurs coups sur Géogébra. Le terrain est projeté sur le mur. L'enseignant précise à chaque fois les manipulations pour le reste de la classe : <i>Cliquer d'abord sur « déplacer » puis sur le bouton « point », changer la couleur et placer le point sur un nœud.</i></p>	<p>15'</p>
<p>Mise en commun</p> <p>Comment avez-vous fait pour placer les points ? Que faudrait-il sur l'ordinateur pour pouvoir vérifier ?</p> <p>Attendu : Il a fallu imaginer le terrain plié au niveau de l'axe. Il faudrait pouvoir le faire sur l'ordinateur pour contrôler les scores. L'enseignant ou un élève vérifie les scores</p>	

<p>grâce aux terrains fantômes tracés sur le logiciel (boutons « correction »)</p> <p>Un tableau des scores a été tracé au tableau, l'enseignant ou un élève note le score. La classe observe le placement des points puis contrôle les scores grâce aux corrections sur le logiciel. Les scores des deux équipes bleues sont additionnés, de même pour les rouges pour savoir qui gagne.</p>	
---	--


Séance 3 ; Jeux en binômes sur un ordinateur portable et traçage sur papier

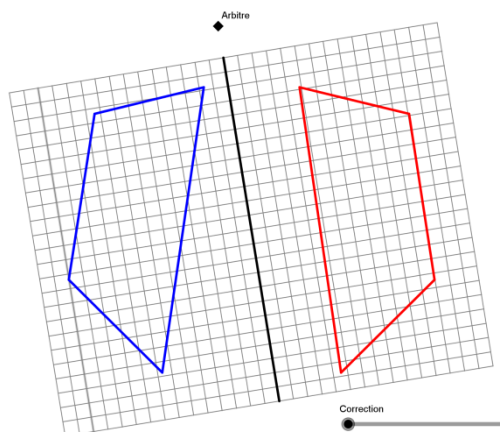
Objectif élèves : arriver à tracer le terrain fantôme. Utiliser quelques propriétés de traçage de Géogébra.

Matériel : Un ordinateur pour deux élèves. Sur l'ordinateur du maître (partage) sont installés des dossiers par binômes. Plusieurs terrains sur Géogébra : un terrain rectangulaire avec grille et correction, un terrain d'une autre forme avec grille et correction, un terrain avec grille décalée par rapport à l'axe de symétrie et avec correction ; une fiche par élève avec la procédure de sauvegarde en format image ; une fiche papier avec reproduction du dernier terrain, calques de vérification du terrain.

<p>Tissage : <i>Vous rappelez-vous du jeu de la dernière fois ? Comment y avez-vous joué, quelles étaient les règles ? Rappel des règles qui sont affichées au tableau. Vous allez jouer au même jeu, à deux, mais sur l'ordinateur. Attention, il faut bien suivre la procédure de la semaine dernière : déplacer, cliquer sur point, placer le point et changer la couleur. [Cette procédure est affichée sur une autre partie du tableau.] Lorsque vous avez terminé une partie, vous devez sauvegarder votre partie mais attention, vous devez suivre ce qui est indiquée sur la petite fiche distribuée.</i></p>	5'
--	----

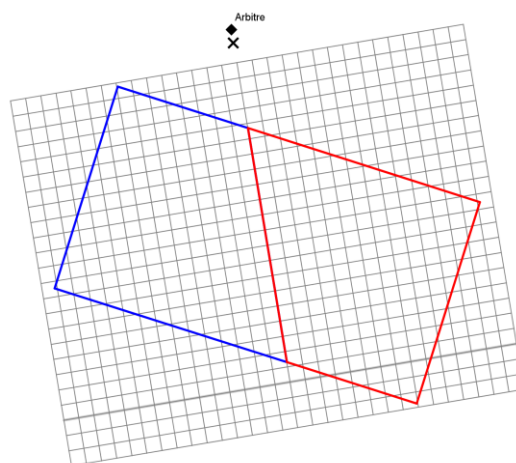
<p>Distribution des ordinateurs, ouvrir le premier fichier (01. Terrain) (dans partage sur professeur). L'endroit où se trouvent les fichiers est affiché au tableau : <i>cliquer sur « partage sur professeur », puis sur le dossier « géométrie » puis sur le dossier du numéro de votre ordinateur.</i></p>	<div data-bbox="813 1500 1292 1993"> <p>Correction</p> <p>Arbitre</p> <p>Premier terrain joué par les élèves</p> </div>	5'
--	---	----

<p>Les élèves jouent une partie. Lorsqu'ils ont terminé, ils doivent sauvegarder et quitter la partie. Ceux qui ont terminé avant peuvent jouer une autre partie avec un terrain différent (02. Terrain).</p>	<p>10'</p>
<p>L'enseignant bloque les ordinateurs lorsque tout le monde a terminé au moins une partie.</p> <p><i>À présent, vous aller changer de rôle. Vous n'allez plus être les joueurs mais les arbitres. Il vous faudra dessiner le terrain fantôme. Pour cela, vous avez 4 boutons que vous pouvez utiliser.</i></p> <div style="text-align: center;">  <p>Boutons utilisables par les élèves</p> </div> <p>L'enseignant projette la manière dont les boutons peuvent être utilisés. Si les élèves ajoutent un point (par exemple le symétrique de l'arbitre), ils doivent faire un clic droit pour afficher la trace. Les élèves doivent enregistrer en tant qu'image une fois qu'ils ont terminé. Les élèves essayent les manipulations sur le fichier 03. Terrain arbitre.ggb.</p>	<p>15'</p>

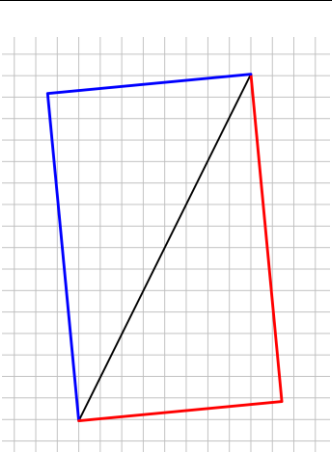


Second terrain joué par les élèves

Boutons utilisables par les élèves



Premier terrain en tant qu'arbitre

<p>Lorsque les élèves se sont approprié les procédures techniques, ils doivent ouvrir un nouveau fichier (04. Terrain arbitre 04.ggb) et de nouveau tracer le terrain fantôme. Cette fois, le quadrillage ne correspond plus à l'orientation du filet. Les élèves doivent également reproduire sur un terrain papier individuellement. Des calques sont à disposition pour vérification sur papier.</p> <p>Ne pas oublier de mettre son prénom et de sauvegarder !</p>	 <div data-bbox="973 622 1305 728" style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> Second terrain en tant qu'arbitre </div>	15'
<p>Mise en commun</p> <p><i>Comment avez-vous fait ? A quoi avez-vous dû faire attention ?</i> Attendu : il faut retourner le côté de terrain, faire attention aux longueurs et trouver les sommets.</p> <p><i>Qu'avez-vous observé ?</i> Attendu : le filet était en diagonale mais la diagonale du rectangle n'est pas un axe de symétrie. Si nous avions eu un terrain carré, que ce serait-il passé ?</p>		10'

Séance 3 : Institutionnalisation et exercices d'application

Objectif : Une nouvelle rupture s'opère. On sort cette fois complètement du jeu pour institutionnaliser les connaissances en jeu dans le cadre du terrain fantôme.

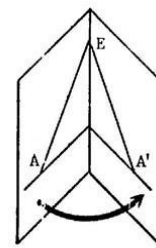
Matériel : Une fiche d'exercices d'application et une fiche d'institutionnalisation par élève.

La séance débute par un rappel des stratégies précédemment utilisées pour répondre au problème de l'arbitre. Puis les élèves répondent à la question suivante : Quand on plie un terrain, comment doit-être le symétrique par rapport à la figure initiale ? Cette mise en commun a comme but d'amener l'élève à trouver les caractéristiques de la symétrie faisant partie de la leçon préparée à l'avance (inspirée d'une leçon de Cap Math CM1). La leçon est ensuite distribuée aux élèves. Une fiche d'exercices d'application suit cette phase. Elle a comme but d'ancrer les connaissances de l'élève dans un contexte plus scolaire.

Synthèse : La symétrie axiale

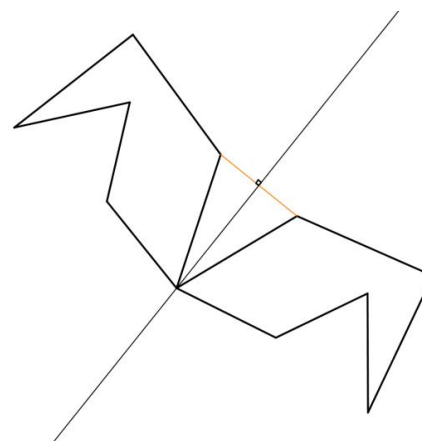
L'axe de symétrie

Une figure possède un axe de symétrie si ses deux surfaces se superposent exactement lorsqu'on plie cet axe.

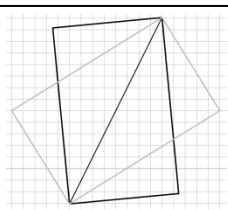


Deux figures symétriques

- Sont superposables si on plie la feuille.
- Ont tous leurs sommets à la même distance de l'axe.
- Ont la même inclinaison par rapport à l'axe.
- Mais l'une est retournée par rapport à l'autre.

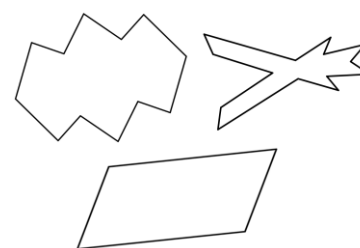


La diagonale d'un rectangle n'est donc pas axe de symétrie de ce rectangle !



Séance 4 : Evaluation sommative

Les exercices de l'évaluation sont les mêmes que ceux de l'évaluation diagnostique à l'exception de l'exercice 2 qui aurait nécessité un report de points par l'usage de l'équerre. Il a été remplacé par un exercice où il s'agit de trouver un ou plusieurs axes de symétrie dans les figures ci-contre.



Exercice : trouver le ou les axes de symétrie pour les figures qui en possèdent un.

ANNEXE 2 : VERBATIM

1	0 min	Ens	Tous les ordinateurs sont allumés ? Qui n'a pas son ordinateur allumé ?... Ne commencez pas à cliquer n'importe où parce que vous allez faire n'importe-quoi. Ok, Est-ce que j'ai demandé de cliquer sur quelque-chose soit pour l'instant ? Non. Alors, vous lâchez les souris, vous lâchez les souris pour l'instant... Vénus.
2		Ens	Bien, vous allez aller cliquer une seule fois sur truc qui a le petit ressort qui s'appelle montage sur partage je crois.
3		Capucine	Montage dossier partagé.
4		Ens	Montage sur dossier partagé. Vous cliquez une seule fois avec le clic gauche. C'est-à-dire celui sur lequel vous cliquez avec votre index.
5		Elèves	<i>Brouhaha</i> Mais j'ai cliqué !
6		Ens	Est-ce que c'est bon ? Est-ce que vous avez tous... Est-ce qu'il est affiché partage sur professeur ?
7	1 min	Elèves	Oui. Non. Non.
8		Ens	<i>Je regarde sur l'écran d'élèves du premier rang.</i> Si, je viens de le voir : c'est juste en bas. C'est là.
9			Vous cliquez sur... Romy !
10			Qui n'a pas partagé sur professeur sur son bureau ?
11		Nathan	Si, je l'ai là !
12		Elève	Ah si !
13		Ens	Vous êtes sûr parce que Ludovic il l'a alors qu'il vient de me dire qu'il n'y était pas.
14		Ens	<i>Je m'approche d'un ordinateur.</i> Réessaye de cliquer. Ceux qui ne l'ont pas, vous réessayez de cliquer sur montage dossier partagé.
15		Nathan	On y va ?
16		Ens	Non, vous n'y allez pas pour l'instant, vous attendez...
17		Ens	Qui ne l'a pas encore là ? Bon, c'est bon, tout le monde l'a ?
			<i>Une élève lève la main. Je vérifie chaque écran en tournant dans la classe.</i>
18		Ens	Il est là.
19	2 min	Ens	Alors ! Il faut ouvrir un peu ses yeux ! Parce que je sais qu'il y a beaucoup d'icônes, c'est difficile mais là, on essaye de faire vraiment par étapes... Voilà, sur le bureau, vous avez des choses qui se sont affichées et notamment une chose qu'on appelle un dossier : le dossier partage sur professeur. Vous allez cliquer une fois dessus avec votre index, enfin sur la souris, index sur souris, vous appuyez une fois dessus et vous appuyez sur entrée pour l'ouvrir.
20		Ens	C'est bon, tout le monde a réussi à l'ouvrir ?
21		Elèves	Oui.
22		Etienne	Non. On met ouvrir ?
23		Naya	Monsieur Seveau
24		Ens	J'ai dit de cliquer sur la souris avec l'index, sur le clic gauche.
			<i>Un élève s'est levé pour aider l'élève qui levait la main.</i>
25		Lisa	Et on va dans monsieur Seveau après.
26		Ens	Bien, vous cliquez une fois avec le clic gauche de la souris, c'est-à-dire l'index, sur le dossier intitulé M point Seveau. Ça veut dire Monsieur Seveau.
27		Hadrien	<i>L'élève qui levait la main la relève, accompagné de sa voisine. L'élève venu en soutien technique n'a pas pu résoudre leur problème.</i> Maître, ça marche pas. Quand on clic dessus, ça nous dit impossible d'ouvrir.
28		Lucy	Moi aussi
29		Nathan	Oui, ça met une croix rouge.
30		Elève	Maître, moi aussi.
31	3 min	Ens	Non, non, non, je vous préviens, la semaine dernière, j'ai eu des « maître ça marche pas,

			ça marche pas... » Je ne veux pas entendre ça. Vous levez la main si vous avez un problème, moi je vois vos mains, d'accord ? Parce que les cris, les élèves qui se lèvent n'importe où, la semaine dernière, c'était juste horrible et je ne veux pas voir ça cette semaine.
32		Ens	<i>Je vais voir l'élève qui levait la main. Tu as réessayé ? Je constate qu'il est face à un problème dont la cause et la solution me sont inconnues. Qui d'autre ?</i>
33		Ens	<i>Je vais voir un autre ordinateur. Tu as réessayé ? J'essaye une manipulation. Ok, alors, les élèves qui ont ce problème, vous allez éteindre l'ordinateur et le rallumer et recommencer.</i>
34		Elèves	<i>Les élèves regardent ce qu'il se passe sur les écrans des autres. C'est bon...</i>
35		Fanny	Si, il faut... Monsieur Seveau, maintenant, tu ne touches à rien.
36		Elèves	<i>Pendant que je m'occupe d'un ordinateur, les élèves discutent. Voilà, c'est bon. Ah, c'est bon.</i>
37		Hadrien	Bonjour redémarrer.
38		Louison	Il veut appuyer sur un bouton.
39		Elève	Non, non, non, ne touche pas...
40	4 min	Ens	Donc, une fois, pour ceux qui ont tout ouvert, vous allez dans terrain fantôme. Effectivement... Pareil, vous cliquez une fois et vous appuyez sur entrée.
			<i>Brouhaha</i>
41		Ens	Vous ouvrez le fichier qui s'appelle trouver le terrain fantôme. Puisque l'autre dossier, c'est ce que vous avez fait la semaine dernière.
42		Etienne	<i>Il regarde sur son écran, le logo d'ouverture du logiciel s'affiche. [incompréhensible] Géogébra.</i>
43	5 min	Lisa	Mais là, ça s'ouvre en fait.
		Elèves	<i>Brouhaha</i>
44		Ens	Essaye de le rallumer.
45		Ens	Alors, ça ne veut pas s'ouvrir ?
46	6 min	Elève	Pourquoi il y a ça ?
47		Ens.	Parce qu'il affiche... Il est en train de dire que ça va s'ouvrir.
48		Ens	Chut ! Alors, là, il y a trop de bruit.
49		Elève	Mais il faut rien faire.
50		Lisa	Oui mais ça marche pas là, maître, ça fait trois heures qu'on attend...
51		Lisa	Bon...
52	7 min	Ens	Bon est-ce qu'il y en a pour qui ça s'est ouvert ou pas ?
53		Elèves	Non.
54		Ens	Personne ?
55		Lisa	Maître, c'est en train de s'ouvrir mais ça fait trois heures qu'on attend ! <i>Sur le film, le fichier met près de trois minutes à s'ouvrir.</i>
56		Ens	Toi ça s'est ouvert mais ça ne lance pas...Oui, je vois ça... Je vois, je vois, les autres aussi...
		Ens	<i>Je me dirige vers l'ordinateur du maître pour contrôler le fichier. J'en profite pour prendre une vue d'ensemble sur les écrans des élèves.</i>
		Elèves	<i>Brouhaha. Certains élèves commencent à se dissiper.</i>
57	8 min	Ens	Alors, est-ce que certains élèves ont réussi à ouvrir le fichier ou pas ?
58		Lisa	Oui, mais c'est pas le bon.
59		Ens	<i>Vérification sur l'écran. Il n'y a rien dessus. Le fichier est un fichier Géogébra vierge à la place du terrain prévu.</i>
60		Ens	Alors, vous allez... On va faire autrement, parce-que là je ne sais pas pourquoi, ça bug absolument tout... Enfin, tout bug absolument. <i>Buguer</i> , ça veut dire... Ca vient de l'anglais bug qui veut dire insecte, et... [Les élèves n'écoutent pas] [plus bas] un insecte dans un dispositif informatique...
61		Ens	Donc, vous allez tout fermer et on va faire autrement. Puisque ça ne marche pas.
62		Ens	Les élèves chargés de distribuer, vous distribuez ce papier, un par élève.
63		Lisa	On doit éteindre les ordinateurs ?
64		Ens	Oui, vous allez éteindre les ordinateurs.
65	9 min	Elèves	<i>Brouhaha. Ah, il y a que ça de batterie ! Ok, ça marche pas...</i>
66		Ens	Non, vous les gardez sur le bureau pour l'instant parce qu'on essayera de les réutiliser tout à l'heure. En espérant que ça marche...
			<i>Un élève éteint l'ordinateur en appuyant sur le bouton.</i>

67		Ens	Pour éteindre les ordinateurs, vous allez en haut, vous appuyez sur système. Il ne suffit pas de les fermer ! Ah ! attention, il ne suffit pas d'appuyer sur le bouton ! Pour éteindre les ordinateurs, il ne suffit pas d'appuyer sur le bouton !
68		Lisa	Non mais après, il demande de l'éteindre.
69	10 min	Ens	Ah oui, quand tu appuies sur éteindre, il te propose encore un bouton avec éteindre ?
70		Lisa	Oui.
71		Ens	Vous l'éteignez et vous le refermez une fois qu'il est éteint.
72		Ens	Bien, on vous a distribué un papier...
73		Ens	Fanny, il est éteint ?
74		Fanny	Oui.
75		Ens	Alors, tu le refermes. <i>Sur le film, l'ordinateur affiche un écran noir mais émet encore de la lumière. L'ordinateur était en train de se rallumer suite à une succession de manipulation du bouton power.</i>
76		Ens	Romy, il est éteint ?
77		Romy	Mais il y a un truc.
78		Ens	Et bien vous appuyez sur éteindre.
79		Romy	Oui mais Elias, il veut pas, il veut attendre.
80	11 min	Ens	Non mais Elias, il veut laisser, moi je ne veux pas qu'on laisse, je veux qu'on avance.
81		Ens	Vous arrêtez de jouer avec. C'est d'abord un outil de travail en classe, je vous le rappelle. Je sais que pour vous, c'est surtout associé à des jeux mais cela permet aussi de faire beaucoup de choses très intéressantes...
82		Ens	Tout le monde est avec moi, tout le monde écoute ?... Tu le ferme. <i>Un élève clique frénétiquement sur une souris. Je me dirige vers l'ordinateur du maître pour éteindre à distance les derniers ordinateurs allumés.</i>
83		Ens	C'est qui l'élève 10, là, c'est toi Vénus ? <i>L'ordinateur est éteint à distance.</i>
84		Ens	<i>Un élève intervient. Je vais regarder après... On vous a distribué... Je regarde ma montre. On vous a distribué... C'est quoi tous ces bruits que j'entends ? Vous pouvez arrêter de jouer avec les souris... Elias, tu peux arrêter de jouer ? Tu peux lâcher cette boîte ? Les boîtes en carton dans lesquelles sont rangées les souris sont restées sur les bureaux, ce qui passionne certains élèves.</i>
	12 min		<i>J'attends le silence quelques secondes. Tout le monde est attentif. Nous pouvons continuer.</i>