

Le tracé de figures géométriques planes en CE2 : obstacles et remédiations possibles

Alice Jallot

▶ **To cite this version:**

Alice Jallot. Le tracé de figures géométriques planes en CE2 : obstacles et remédiations possibles. Education. 2020. dumas-02890888

HAL Id: dumas-02890888

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02890888

Submitted on 6 Jul 2020

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.

Master MEEF

« Métiers de l'Enseignement, de l'Éducation et de la Formation »

Mention premier degré

Mémoire

Le tracé de figures géométriques planes en CE2

Obstacles et remédiations possibles

Mémoire présenté en vue de l'obtention du grade de master

soutenu par

Alice JALLOT

le 25 juin 2020

en présence de la commission de soutenance composée de :

Sylvie GRAU, directeur de mémoire

Magali HERSANT, membre de la commission

Introduction 4
1. Théorie générale....6
1.1. L'enseignement de la géométrie 6
1.1.1. Les enjeux de l'enseignement de la géométrie 6
1.1.2. État des lieux des Instructions Officielles 7
1.1.3. Quelles pratiques concrètes de la géométrie plane en classe ? 10
1.2. Le tracé en géométrie plane : finalités et obstacles....13
1.2.1. Finalités de l'enseignement du tracé de figures planes....13
1.2.2. Obstacles qui existent au niveau du tracé de figures 14
1.3. Le couple mathématiques – art 17
1.3.1. Chez les artistes....17
1.3.2. L'interdisciplinarité entre les mathématiques et les arts plastiques dans les Programmes....19
2. Hypothèses et projet....20
2.1. Présentation du projet : 20
2.1.1. Les différentes étapes du projet....20
2.1.2. Compétences mathématiques mises en jeu : 25
2.1.3. Place des arts plastiques dans le projet : 26
2.1.4. Interdisciplinarité avec le français 26
2.2. Un travail inscrit dans une pédagogie de projet 27
3. Expérimentation et analyse 28
3.1. Cadre d'analyse 28
3.2. Analyse a priori :....29
3.2.1. Présentation des séances analysées....29
3.2.2. Procédures de résolution attendues :....30
3.2.3. Compétences qui doivent être mises en jeu par l'élève : 32
3.2.4. Critères pour savoir si l'élève a réussi :....33
3.2.5. Conceptions erronées qui peuvent apparaître : 33
3.2.6. Variables didactiques : 34
3.2.7. Variables pédagogiques :....34

3.3. Analyse a posteriori 35
3.3.1. Les objectifs ont-ils été atteints ? 35
3.3.2. La méthodologie au niveau du tracé 36
3.3.3. L'utilisation des instruments géométriques 37
3.3.4. L'auto-validation apporte-t-elle une plus-value ? 38
3.3.5. Influence de l'ordre dans lequel les ateliers ont été vécus : 39
Conclusion 40
Bibliographie 42
Annexes 44
Annexe 1 : 45
Annexe 2 : 50

.

Introduction

Je suis professeure des écoles stagiaire depuis le début de cette année scolaire et ai eu la responsabilité de l'enseignement de la géométrie. Avant de commencer, j'avais eu quelques retours d'enseignants témoignant de la difficulté d'enseigner le tracé de figures géométriques planes, mais je n'arrivais pas à comprendre pourquoi. En-effet, j'imaginais qu'à la fin du cycle 2, le maniement des instruments de tracé se faisait sans trop de difficultés et que les activités de restauration, de reproduction et de construction de figures géométriques étaient relativement simples concernant les figures les plus usuelles. Cependant, j'ai vite compris que ce n'était pas du tout le cas et que les élèves faisaient face à beaucoup d'obstacles que je n'avais pas du tout anticipés.

J'ai notamment pu observer qu'ils étaient nombreux à apparenter cette activité au dessin : la frontière entre le tracé en géométrie et le dessin peut en-effet sembler mince car les élèves apprennent d'abord à utiliser un outil scripteur pour le dessin, activité beaucoup plus naturelle qu'ils pratiquent depuis leur plus jeune âge, avant de l'utiliser pour tracer des figures géométriques.

Ainsi, le fait que le dessin (et l'Art en général) renvoie à la notion de plaisir et de liberté alors que la géométrie exige au contraire beaucoup de rigueur et de précision peut être considéré comme un obstacle pour entrer dans les apprentissages géométriques. Souvent, les élèves ne saisissent pas l'enjeu et la nécessité de la rigueur dont il faut faire preuve en géométrie et non dans le dessin.

Associer l'Art et la géométrie est donc naturel pour les élèves de cet âge et au lieu de vouloir essayer à tout prix les obliger à détacher ces deux disciplines, j'ai souhaité au contraire m'emparer de cette association. J'ai ainsi émis l'hypothèse qu'utiliser les arts plastiques comme contexte pour faire de la géométrie pourrait permettre de créer une source de motivation pour travailler le tracé de figures géométriques planes et ainsi aider les élèves à surmonter les obstacles rencontrés.

Le travail effectué dans ce mémoire devra permettre de répondre à la problématique suivante : **à quelles difficultés font face les élèves de CE2 concernant le tracé de figures géométriques planes et quelles activités proposer pour y pallier ?**

L'enjeu est d'identifier, à travers un projet interdisciplinaire mettant les élèves face à des situations diversifiées de tracé de figures planes, les difficultés majeures auxquelles ils font face, leur origine et les activités à proposer pour y remédier.

La première partie est consacrée à une étude théorique sur l'enseignement de la géométrie de la maternelle au collège afin de comprendre l'origine des difficultés des élèves arrivés en classe de CE2. La deuxième partie présentera le projet interdisciplinaire mêlant géométrie et arts plastiques proposé pour pallier les difficultés rencontrées par les élèves. Enfin, dans une dernière partie, une analyse *a priori* et *a posteriori* d'une séance de reproduction de figures planes menée en classe sera effectuée à partir du cadre de la théorie des situations didactiques de Brousseau.

1. Théorie générale

1.1. L'enseignement de la géométrie

1.1.1. Les enjeux de l'enseignement de la géométrie

La géométrie est un domaine des mathématiques qui met en action deux types d'espace : l'espace sensible (espace environnant, objets concrets) et l'espace géométrique (celui des points, des droites, des volumes, des surfaces…)[1].
Selon Chevallard et Julien (1991), la géométrie part du monde sensible pour le constituer en monde géométrique. C'est donc l'enjeu principal de l'enseignement de la géométrie que d'amener progressivement les élèves d'un espace à un autre.

Ce passage s'effectue progressivement de la maternelle au collège en faisant passer les élèves par trois grands types de géométrie se caractérisant par un changement progressif de point de vue sur les objets géométriques[2] :
La **géométrie perceptive**, qui est la géométrie du monde réel. Elle se base sur le monde sensible des objets matériels et sur la perception (visuelle et tactile) que l'on se fait des objets géométriques. La **géométrie instrumentée**, qui se base sur le monde géométrique. Quand on se trouve dans ce type de géométrie, l'œil et la main ne sont plus des outils suffisants pour vérifier des propriétés sur les objets géométriques : c'est l'utilisation d'instruments qui permet de les vérifier. Enfin, dans la **géométrie théorique**, est vrai ce qui est démontré par des théorèmes.

L'enseignement de la géométrie permet donc de faire passer progressivement les élèves de la géométrie perceptive à la géométrie instrumentée, puis théorique et donc de les amener petit à petit de l'espace sensible vers un espace plus abstrait basé sur les propriétés des objets. Cela leur permet ainsi progressivement de développer et s'approprier une vision de l'espace, d'apprendre à raisonner, de s'initier aux aspects culturels et esthétiques de la géométrie et de pouvoir utiliser ensuite certaines notions apprises dans la vie courante. [3]

[1] POINCARÉ, 1991.
[2] Roland CHARNAY « De l'École au collège : les élèves et les mathématiques », Grand N, n°62, p. 45, 1997.
[3] FÉNICHEL M., PAUVERT M. et al., 2004 ; CHARNAY R., DOUAIRE J. et al., 2006.

1.1.2. État des lieux des Instructions Officielles

Pour mieux appréhender l'enseignement de la géométrie en CE2 et essayer de comprendre la source des difficultés auxquelles peuvent être confrontés les élèves à ce stade de leur scolarité, nous allons nous intéresser à la prise en compte de ce passage de l'espace sensible vers l'espace géométrique dans les Instructions Officielles de 2018.

Pour cela, nous allons tout d'abord nous focaliser sur l'enseignement de la géométrie plane au cycle 1 et sur la progression proposée pour aller vers le cycle 2 afin de comprendre ce que les élèves ont déjà construit en arrivant dans ce cycle ; puis nous nous intéresserons à l'enseignement de la géométrie plane au cycle 2, cœur de notre sujet, et enfin au passage du cycle 2 au cycle 3.

1.1.2.1. La géométrie plane dans les Programmes de cycle 1 puis la progression vers le cycle 2 :

Au cycle 1 (PS, MS, GS), les élèves découvrent des formes géométriques simples par le toucher, la manipulation (« L'approche des formes planes, des objets de l'espace, des grandeurs, se fait par la **manipulation** et la coordination d'actions sur des objets » [4]). Pour les élèves de cet âge, est vrai ce qui est vu ou ressenti comme tel. Ils se situent alors dans la géométrie de la perception qui, comme évoqué précédemment, ne se base que sur le monde sensible. À travers des activités répétitives d'observation, de tri et de comparaison, les élèves doivent pouvoir être capables de différencier des objets en fonction des caractéristiques liées à leur forme. Celles-ci doivent pouvoir être identifiables à l'œil nu et au toucher (nombre, longueur des côtés, courbes…).

À la fin du cycle 1, les élèves doivent aussi être capables de « reproduire et **dessiner** des formes planes » [5]. Un « dessin » est la trace laissée par un outil dans un espace graphique, comme un tracé sur du papier, réalisée avec ou sans l'aide d'instrument. C'est donc une trace appartenant au monde sensible.

Dans les programmes d'enseignement de la géométrie au cycle 2 (CP, CE1, CE2), le mot « dessin » n'apparaît plus : on parle de « figure ». Il s'agit, à l'inverse du

[4] Objectif 4 du Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale du 26 mars 2015 pour l'école maternelle.

[5] Attendu de fin de cycle 1 concernant l'objectif 4.

dessin, d'un objet idéal, d'une construction de l'esprit, donc une trace appartenant à l'espace géométrique.

Un passage entre le monde sensible et le monde géométrique commence donc à s'opérer à partir du cycle 2 : à ce stade, la perception joue encore un rôle assez important mais les élèves passent progressivement vers un contrôle grâce aux instruments. Ils apprennent petit à petit à manipuler les instruments géométriques (notamment la règle, l'équerre et le compas) pour vérifier si ce qu'ils imaginent à travers la perception est vrai (sont alors vraies les propriétés contrôlées à l'aide d'instruments).

Ainsi, ce passage progressif de la géométrie perceptive basée uniquement sur le monde réel et mettant en jeu des objets du monde sensible à la géométrie instrumentée se basant sur un monde plus abstrait mettant en jeu des objets géométriques peut être source de difficultés pour les élèves de cycle 2.
Perrin-Glorian (2013) indique aussi que les relations entre la géométrie perceptive et la géométrie instrumentée sont souvent négligées, à tort.

1.1.2.2. L'enseignement de la géométrie plane dans les programmes de cycle 2 :

À partir de l'école élémentaire, la géométrie renvoie à deux champs de connaissances indissociables et indispensables pour amener les élèves vers la construction d'un espace plus abstrait : les connaissances spatiales et les connaissances géométriques (Berthelot et Salin, 1993-1994). Un enfant dispose de connaissances spatiales avant même d'apprendre la géométrie. Elles permettent à chacun de contrôler ses rapports à l'espace environnant. Les connaissances géométriques permettent de résoudre des problèmes portant sur des objets situés dans l'espace graphique ou physique.
Le Bulletin Officiel de juillet 2018 indique qu'« au cycle 2, les élèves acquièrent à la fois des connaissances spatiales comme l'orientation et le repérage dans l'espace et des connaissances géométriques sur les solides et sur les figures planes. »

Concernant la géométrie plane, ces deux types de connaissances doivent être développées à travers les tâches suivantes : « reconnaître, nommer, décrire, reproduire, construire quelques figures géométriques »[6].

À travers ces activités, les élèves apprennent à s'approprier des éléments de savoirs géométriques comme les notions d'alignement, de distance, d'égalité de longueurs, de parallélisme, de perpendicularité et acquièrent un lexique précis lié aux différentes figures géométriques et à leurs propriétés. Ils enrichissent aussi leurs connaissances en matière d'orientation et de repérage. Les différents types d'activités possibles pour travailler sur les figures planes en classe et les compétences que chacune permet de développer chez les élèves sera développé dans la partie 1.1.3.

1.1.2.3. Progression entre le C2 et le C3

Un des objectifs principaux de l'enseignement de la géométrie au cycle 3 est de passer d'une géométrie où les objets géométriques et leurs propriétés sont encore contrôlés par la perception à une géométrie où ils le sont uniquement par un recours aux instruments et par la connaissance de certaines propriétés.

Les activités réalisées au cycle 3 se distinguent de celles du cycle 2 par une mobilisation plus importante d'un raisonnement et d'une argumentation concernant notamment les propriétés utilisées et les résultats obtenus qui complètent la perception et l'utilisation des instruments. Cette approche permet ainsi d'initier progressivement les élèves à la géométrie théorique basée exclusivement sur des propriétés et théorèmes.

Au **CE2**, classe charnière située à la toute fin du cycle 2 et juste avant le cycle 3, il est donc attendu des élèves qu'ils développent de nombreuses connaissances géométriques afin de quitter progressivement la perception et le monde sensible pour entrer dans le monde géométrique et le contrôle par les instruments.

[6] Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale de juillet 2018 pour le cycle 2.

1.1.3. Quelles pratiques concrètes de la géométrie plane en classe ?

Les programmes de 2018 encouragent l'enseignement de la géométrie à partir de problèmes (« Les compétences et connaissances attendues en fin de cycle se construisent à partir de manipulations et de problèmes concrets » ; « Les notions de géométrie plane et les connaissances sur les figures usuelles s'acquièrent à partir de manipulations et de résolutions de problèmes »).

Dans l'enseignement de la géométrie à l'école primaire, on peut ainsi distinguer quatre familles de problèmes : les problèmes de **description**, de **représentation**, de **reproduction** et de **construction**.

Ces quatre grandes catégories de problèmes sont chacune travaillées en classe et permettent de développer des compétences différentes chez les élèves.

Nous allons les définir afin de mettre en évidence leurs caractéristiques pour voir ce qu'elles permettent aux élèves de développer concernant les figures planes.

1.1.3.1. Les problèmes de description :

La description d'une figure permet d'exposer ses propriétés géométriques qui permettent de l'identifier.

Les situations de description peuvent viser deux buts différents : décrire pour que d'autres puissent identifier la figure parmi plusieurs (comme dans le « jeu du portrait ») ; décrire pour que d'autres puissent construire la figure décrite sans l'avoir sous les yeux (il s'agit alors d'un programme de construction).

En fonction de l'objectif visé, on peut donc jouer sur ce paramètre. On peut aussi jouer sur d'autres éléments comme la modalité avec laquelle se fait la description (à l'écrit ou à l'oral) ou encore l'interlocuteur (décrire la figure au maître ou à un autre élève).

De plus, les descriptions peuvent s'attacher au nom des figures (carré, rectangle, losange…) ou aux propriétés géométriques les caractérisant (angles droits, nombre de côtés, égalités de longueurs…).

Ainsi, les problèmes de description permettent notamment aux élèves de prendre conscience de l'importance d'utiliser un **langage géométrique précis** (si le vocabulaire utilisé par l'élève n'est pas communément partagé, la tâche demandée ne peut être réussie).

1.1.3.2. Les problèmes de représentation :

Il s'agit de modéliser un objet géométrique en 2 ou 3 dimensions appartenant à l'espace sensible (c'est-à-dire de reconnaître dans cet objet des formes pour les reproduire géométriquement) selon un point de vue particulier.
Représenter, c'est évoquer un objet ou une situation spatiale à l'aide de procédés graphiques pour permettre une restitution proche de l'objet initial.
Par exemple, une représentation peut se matérialiser par un plan, un modèle réduit d'un ensemble trop vaste pour être perçu globalement, un agrandissement d'objets, un schéma à main levée d'une figure…

Les problèmes de représentation permettent notamment aux élèves de développer des connaissances concernant les propriétés des figures et la construction d'images mentales.

1.1.3.3. Les problèmes de reproduction ou de restauration :

Il s'agit de réaliser une copie conforme d'une figure ou d'un assemblage de figures géométriques planes à partir d'un modèle dont on dispose.
Si nous précisions les termes, une « reproduction » est une activité où les élèves ont à disposition des instruments de tracé uniquement (règle, équerre, compas) et où le support est une feuille blanche unie. En revanche, si les élèves possèdent une amorce de la figure à reproduire, s'ils ont pour support une feuille quadrillée ou s'ils ont à disposition des instruments autres que ceux cités précédemment (et qui permettent notamment de transporter des informations en 2 dimensions sur la figure), cela devient alors une activité de « restauration ».

Il est possible de jouer sur de nombreux paramètres permettant de rendre l'exercice plus ou moins difficile pour permettre l'adaptation de la reproduction ou de la restauration aux capacités des élèves et à l'objectif d'apprentissage visé.
Il est par exemple possible de jouer sur le **modèle** à reproduire : sa taille, son orientation, sa familiarité avec l'élève, sa matière (et ainsi jouer sur sa manipulabilité : il peut être constitué de pièces de bois, de carton, de plastique et ainsi être manipulable ou peut prendre la forme d'une trace écrite sur une feuille de papier ou encore être représenté sur un écran d'ordinateur, ôtant son caractère manipulable) …

Pour les activités de restauration, on peut aussi faire varier l'**amorce** donnée aux élèves : il est possible de jouer sur son échelle par rapport au modèle, sur la variation des zones contrastées entre l'amorce et la copie, les surfaces colorées ou non…
De plus, il est possible d'autoriser ou non les **instruments** de tracé et, si oui, de choisir ces instruments (ils peuvent être variés : règle graduée / non graduée, équerre, gabarit d'équerre, compas, pochoirs / gabarits de l'objet à reproduire, calque…) ; et ainsi de permettre ou non une **auto-validation** (notamment avec un gabarit, un pochoir ou un calque).
D'autres paramètres sur lesquels il est possible de jouer et de faire varier la difficulté sont le **support** servant à la reproduction (papier quadrillé, pointé, uni ; papier rectangulaire ou arrondi) ; la **proximité** ou non du modèle à reproduire par rapport au sujet ; l'**échelle** à laquelle doit s'effectuer la reproduction…

Il est donc très important de penser à tous ces facteurs en amont en fonction des objectifs d'apprentissage visés.
Il est en-effet inscrit dans les Instruction Officielles pour le cycle 2 que « la reproduction de figures diverses, simples et composées est une source importante de problèmes de géométrie **dont on peut faire varier la difficulté** en fonction des figures à reproduire et des instruments disponibles. »

Les activités de reproduction et de restauration permettent principalement de faire travailler chez les élèves les compétences suivantes : savoir manier des instruments divers ; apprendre à structurer l'espace sensible et l'espace géométrique ; savoir opérer une déconstruction dimensionnelle, notion qui sera développée plus en détails dans la partie 1.2.2.2 ; savoir prendre des informations sur un modèle (cela dépend des instruments mis à disposition de l'élève mais cela peut être la mesure de longueurs, l'identification des angles droits, l'alignement de points…) ; savoir planifier (car il y a plusieurs actions à mener dans un ordre précis pour pouvoir réussir une reproduction ou une restauration).

1.1.3.4. Les problèmes de construction :

La construction d'une figure plane est sa réalisation à partir d'informations comme un schéma à main levé, un programme de construction ou la description de l'objet attendu. Contrairement à la reproduction, on ne dispose pas du modèle de cet objet.

La construction peut se faire sur un support particulier (papier quadrillé, pointé, uni ; feuille rectangulaire, arrondie…) et à partir de matériel ou non (construction à main levée).
Les activités de construction permettent notamment de travailler sur les propriétés géométriques et leur lien avec les instruments de tracé : par exemple si l'indication donnée pour la construction est de « tracer un carré ABCD », il faut savoir qu'un carré est un quadrilatère ayant tous ses côtés de même longueur et quatre angles droits et qu'il faut donc utiliser la règle graduée et l'équerre pour le construire.

Ces différentes situations se nourrissent les unes les autres et il est indispensable de toutes les travailler en classe, et ceci à différentes échelles et sans se limiter au plan.
Mais selon Brousseau[7], ce sont les situations de production de tracés qui constitueraient des situations fondamentales pour permettre les apprentissages : en-effet, en produisant lui-même des tracés, l'élève est obligé de construire des connaissances sur les figures planes. C'est donc un travail nécessaire qui ne peut être négligé.

1.2. Le tracé en géométrie plane : finalités et obstacles

1.2.1. Finalités de l'enseignement du tracé de figures planes

Les activités de tracé à l'école élémentaire (expérimentées à travers des problèmes de reproduction et de construction notamment) ont plusieurs enjeux :
Elles permettent tout d'abord aux élèves de développer des capacités de structuration de l'espace sensible pour pouvoir être capable de décomposer et recomposer les figures en segments et points ; ainsi que des capacités de modélisation de l'espace permettant notamment de pouvoir modéliser la forme d'objets de l'espace sensible dans la théorie géométrique (Nivôse Bouleau, 2001).
Ainsi, elles participent au passage de la forme dessinée, objet de la réalité, à la figure géométrique, objet de pensée.

[7] MATHÉ Anne-Cécile, BARRIER Thomas et PERRIN-GLORIAN Marie-Jeanne, (2020) *Enseigner la géométrie élémentaire Enjeux, ruptures et continuités.* L'Harmattan p78

Produire des tracés permet aussi de doter les élèves de compétences « techniques » dans le maniement de certains instruments (règle, équerre, compas notamment).

De plus, l'exigence de cette discipline va aussi permettre d'amener les élèves à développer rigueur et précision, qui sont des capacités indispensables à mobiliser dans les activités de tracé.

Par ailleurs, les activités de reconnaissance et de description de figures géométriques ne suffisent pas pour assurer une maîtrise correcte des connaissances géométriques. Les élèves ont besoin de tracer eux-mêmes des figures pour être capables de concevoir, formuler et utiliser certaines propriétés associées aux figures géométriques.

1.2.2. Obstacles qui existent au niveau du tracé de figures

1.2.2.1. Réussir à mobiliser des connaissances, un savoir-faire et une attitude appropriée :

Une compétence se traduit par la capacité à mettre en œuvre un ensemble de connaissances, savoir-faire et attitudes. Pour qu'un élève soit compétent dans le tracé de figures planes, il doit donc mobiliser des **connaissances** concernant les polygones, un **savoir-faire** au niveau du tracé et une **attitude** appropriée.

Si un de ces trois éléments n'est pas acquis par l'élève, cela constituera un obstacle à sa réussite dans le tracé de figures planes.

Connaissances concernant les polygones :

Comme énoncé dans la partie 1.1.2.2., l'élève doit mobiliser deux types de connaissances qui sont indissociables pour faire de la géométrie : des connaissances spatiales et des connaissances géométriques.

Pour réussir à tracer un polygone, il est tout d'abord nécessaire que l'élève mobilise des connaissances géométriques : un vocabulaire concernant le nom des polygones, les objets usuels de la géométrie plane (droite, point, segment, angle droit), les unités de longueur… Les connaissances géométriques que l'élève doit mobiliser concernent aussi les propriétés des figures à tracer et l'articulation des connaissances de ces propriétés géométriques avec celles sur les instruments.

Il est aussi nécessaire que l'élève mobilise des connaissances spatiales concernant notamment la disposition de la figure à tracer sur la feuille et son orientation.

Savoir-faire au niveau du tracé :

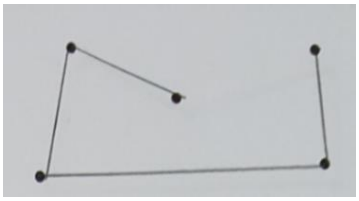
Rappelons que le cycle 2 correspond au passage de la géométrie perceptive à la géométrie instrumentée. Pour être compétent dans le tracé de figures planes, un élève de CE2 doit donc être capable de manier correctement les instruments géométriques (règle graduée et non graduée, équerre, gabarit…) : savoir comment les tenir, les disposer sur la feuille, etc.

Il doit aussi être capable de tracer des segments de longueurs données.

Attitude appropriée :

Enfin, le tracé d'un élève ne peut être réussi si son attitude n'est pas appropriée. Pour cela, il doit être concentré sur son tracé sans se laisser distraire. Il doit aussi organiser son espace de travail pour avoir de la place, un support stable de taille suffisante, un matériel de tracé en état… L'attitude de l'élève passe aussi par le soin qu'il mobilise dans son travail (il doit prendre son temps, ne pas appuyer trop fort sur son crayon, ne pas gommer trop fort…) ainsi que le regard qu'il arrive à porter sur son travail (il faut qu'il réussisse à changer de point de vue pour avoir un regard critique et vérifier ce qu'il vient de réaliser).

Voici quelques productions d'élèves permettant d'appuyer mon propos : ici, la consigne était « Trace un **pentagone** en utilisant ces 5 sommets. »



Ici, on peut voir que l'élève n'a pas les **connaissances** requises pour réaliser l'exercice : il ne sait pas qu'un pentagone est un polygone ou ne sait pas qu'un polygone est une figure fermée ; et ne sait pas que cette figure a cinq côtés.



Ici, l'élève a les connaissances lui permettant de réaliser l'exercice, il sait qu'il doit obtenir un polygone à cinq côtés.

Or, on peut observer un manque de précision dans la liaison entre deux sommets et un manque de propreté dans le tracé.

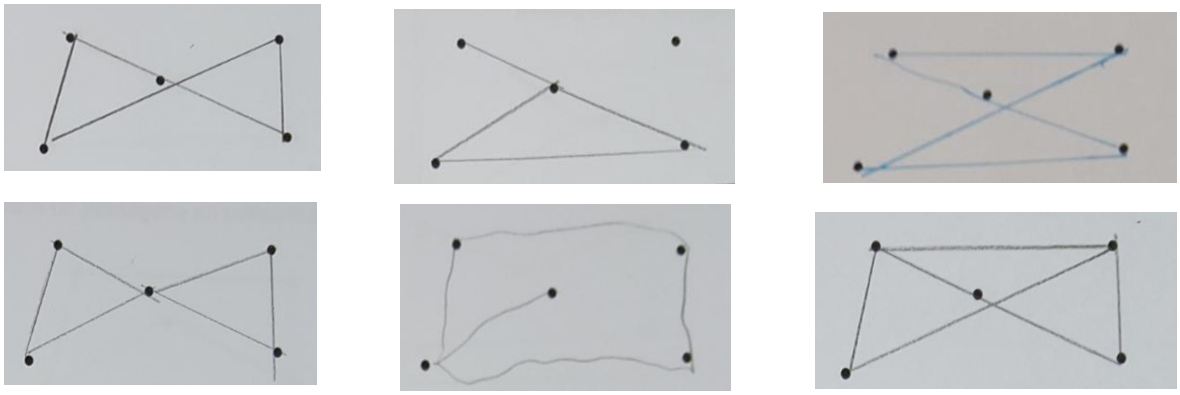
On peut imaginer cela soit comme un manque de **savoir-faire** concernant l'utilisation de la règle soit comme un manque de **concentration** de la part de cet élève.

1.2.2.2. Savoir opérer une déconstruction dimensionnelle des figures :

Les élèves s'intéressent d'abord aux objets sensibles et donc à la forme dans son ensemble, comme un tout. Spontanément, ils perçoivent donc les figures géométriques comme des surfaces, des objets en deux dimensions (2D).
Or, pour pouvoir analyser les figures géométriques et comprendre les propriétés qui les régissent, les élèves doivent réussir à effectuer un **changement de regard** sur les figures pour ne plus les voir uniquement comme des surfaces en 2D mais comme un ensemble de points reliés entre eux par des segments. Ils doivent être capables de voir dans les figures géométriques des objets multidimensionnels et multipropriétés (Perrin-Glorian, 2013). Ainsi, l'élève doit savoir opérer une déconstruction dimensionnelle sur les figures géométriques pour être capable de les analyser.
En-effet, comme le mentionne Laurent Aubert dans son mémoire intitulé « Construire une géométrie en transition en début de collège : déconstruction dimensionnelle et différentes géométries », afin de repérer les propriétés d'une figure géométrique, l'élève a besoin de « déconstruire » la figure, c'est-à-dire de passer de sa vision en deux dimensions (2D) (où la figure est alors vue comme une surface) à sa vision en une dimension (1D) (où elle est vue comme un ensemble de segments formant le contour de la surface).

La perception en 2D des figures étant la plus naturelle pour les élèves, il préconise donc, en citant Duval et Godin, de partir de la figure en 2D pour aller vers ses propriétés au lieu de d'abord travailler celles-ci isolément, « cassant » ainsi l'approche la plus naturelle pour l'enfant. Cependant, selon eux, la pratique la plus commune chez les enseignants et dans les manuels est de survaloriser les figures 1D en donnant la priorité aux droites, aux relations entre les droites et aux configurations de droites au lieu de partir des figures 2D pour étudier ces concepts. Cela pourrait donc constituer pour les élèves un **obstacle** pour travailler sur les figures planes et leurs propriétés.

Le travail effectué par certains élèves concernant le même exercice qu'évoqué précédemment illustre bien ces difficultés à se représenter la figure en 2D à partir de sa représentation en 0D (les points) et donc de passer du 0D au 1D puis au 2D.



Ici, on peut observer que les élèves n'ont pas réussi à se représenter la surface du polygone à partir de ses sommets : ils sont seulement passé des points aux segments, donc de la vision 0D de la figure à la vision 1D mais pas de la vision 1D à la vision 2D.

1.3. Le couple mathématiques – art

Le projet proposé dans le cadre de ce mémoire *(détaillé en partie 2)* vise à développer chez les élèves des compétences dans le tracé de figures géométriques planes à travers la réalisation d'une œuvre artistique.

Nous allons donc nous intéresser à la manifestation des interactions entre l'art et la géométrie chez les artistes puis à la place de l'interdisciplinarité entre ces deux disciplines dans les Instructions Officielles.

1.3.1. Chez les artistes

Les arts plastiques et les mathématiques sont deux disciplines qui peuvent paraître éloignées au premier abord : les mathématiques et en particulier la géométrie exigent beaucoup de rigueur et de précision alors que les arts plastiques invitent plutôt à laisser libre cours à son imagination. Or, de nombreux artistes peintres, architectes, sculpteurs ont utilisé et utilisent encore la géométrie comme **outil** au service de leur art (si on pense aux règles de la perspective par exemple). D'autres se servent aussi de la géométrie comme source d'inspiration ou comme **sujet** principal de leurs œuvres. Dans ce cas, les artistes ne dépeignent pas de sujets figuratifs et réalistes comme des paysages, des portraits ou des natures mortes mais choisissent justement de dépeindre des figures géométriques. On peut identifier par exemple les artistes appartenant au courant de l'Art abstrait ou à celui de l'Abstraction géométrique comme Victor Vasarely, Piet Mondrian, Paul Klee,

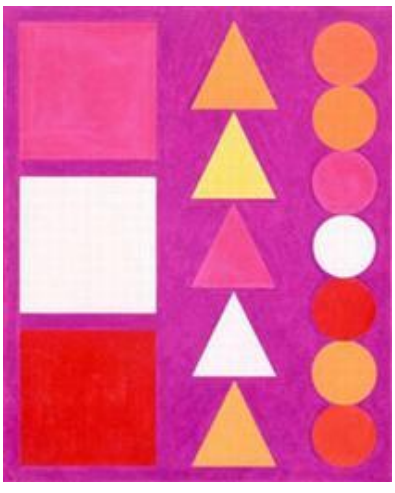
Kazimir Malevitch, Vassily Kandinsky, Theo van Doesburg qui fondent leur art sur des formes expressives et non figuratives. Le but de ces artistes est d'utiliser une nouvelle forme d'expression pour symboliser le monde qui les entoure.
Dans leurs œuvres, les objets géométriques sont transformés en objets artistiques grâce aux couleurs qui leur sont ajoutées et la manière dont elles sont agencées les unes avec les autres afin de créer un résultat harmonieux et esthétique.

1.3.1.1. Le cas de l'alphabet plastique d'Auguste Herbin

Auguste Herbin est un artiste qui a d'abord commencé à peindre en suivant le courant impressionniste, puis le Fauvisme avant de s'intéresser au Cubisme et enfin à l'Art abstrait. En 1946, il crée l'« alphabet plastique », un système de correspondance entre chaque lettre de l'alphabet, une couleur, une ou plusieurs formes géométriques et des sonorités musicales. Cet alphabet constituera dès lors le fondement de l'organisation de toutes ses toiles. En-effet, les peintures d'Herbin s'établissent à partir d'un mot qui donne son titre au tableau : il dispose sur la toile les formes et les couleurs correspondants à chaque lettre du mot choisi de façon à créer un rendu esthétique et équilibré.
Cet alphabet relève de la synesthésie (qui est un phénomène neurologique par lequel plusieurs sens sont associés. Par exemple, la synesthésie « graphèmes-couleurs » fait que les lettres de l'alphabet sont perçues colorées. Ici, les lettres ont été associées à des couleurs, à des formes et à des notes de musique).

Voici ci-dessous, à gauche, l'« alphabet plastique » créé par Auguste Herbin :





L'œuvre à droite de l'alphabet plastique s'intitule « Dimanche » : en-effet, chaque forme géométrique dépeinte sur la toile représente une lettre de l'alphabet contenue dans le mot « dimanche ». *(Ici, certaines couleurs peuvent apparaître un peu changées par rapport à celles de l'alphabet).*
Le **D** est représenté par le cercle de couleur saumon tout en haut de l'œuvre ; le **I** par le cercle orange sous le D, le **M** par le triangle jaune, le **A** par le carré, le triangle et le cercle de couleur rose ; le **N** par ces mêmes formes mais blanches ; le **C** par le carré et le cercle de couleur rouge foncé ; le **H** par les deux triangles et le cercle jaune orangé et enfin le **E** par le cercle rouge en bas .

Certaines lettres sont répétées plusieurs fois (par exemple, on trouve trois formes différentes pour représenter le A) pour un souci d'esthétique, pour que le rendu soit le plus harmonieux et équilibré possible au niveau de l'association des couleurs et des formes.

C'est donc cet alphabet qui servira d'inducteur au projet réalisé avec les élèves.
C'est en-effet une œuvre extrêmement intéressante à travailler en classe car ici, les élèves peuvent percevoir un réel but à utiliser les figures géométriques : elles permettent d'écrire des mots qui peuvent être considérés comme de véritables messages codés.

1.3.2. L'interdisciplinarité entre les mathématiques et les arts plastiques dans les Programmes

Dans les Instructions Officielles de juillet 2018 pour le cycle 2 concernant la discipline « espace et géométrie », il est proposé de mettre en relation cette discipline avec celle des arts plastiques (« Le travail sur les figures géométriques et les relations géométriques peut se développer **en lien avec « Arts plastiques »** »).
Dans les exemples de situations, d'activités et de ressources pour l'élève, la réalisation d'activités plus artistiques est proposée (« la construction de **frises**, **pavages, rosaces** peuvent contribuer à développer la connaissance des propriétés des figures du programme et du vocabulaire associé »).

Concernant la discipline des « arts plastiques », les Instructions Officielles encouragent fortement la mise en œuvre de projets interdisciplinaires afin de consolider les compétences travaillées et transférer les acquis dans le cadre de cet

enseignement. Il est aussi indiqué que les compétences travaillées sur les figures géométriques peuvent servir la production artistique.

2. Hypothèses et projet

2.1. Présentation du projet :

Après avoir constaté les nombreuses difficultés que posait le tracé de figures géométriques à cause, notamment, des obstacles cités précédemment, j'ai voulu mettre en place un **projet interdisciplinaire** ayant pour inducteur l'« alphabet plastique » d'Auguste Herbin. À travers ce projet, je souhaitais que les élèves réussissent à mettre du sens derrière les différentes activités de tracé de figures planes pour qu'ils les réalisent dans un but précis et concret qui les porte et non sans y voir de sens, et ainsi sans s'impliquer. L'objectif est que les élèves créent l'« alphabet plastique des CE2 » avec les figures géométriques qu'ils doivent savoir tracer avant la fin du cycle et qu'ils écrivent ensuite des mots en utilisant cet alphabet, suivant ainsi la démarche de création d'Auguste Herbin. Ce projet leur permet donc de devoir apprendre à bien tracer chaque figure géométrique inscrite dans l'alphabet dans le but d'être capable d'écrire des messages que les autres pourront ensuite décoder.

2.1.1. Les différentes étapes du projet

Pour parvenir à la réalisation de messages créés à partir de cet alphabet, plusieurs étapes sont nécessaires. Voici leur présentation :

Découverte de l'« alphabet plastique » d'Auguste Herbin et de quelques œuvres créées à partir de cet alphabet :

Tout d'abord la première étape du projet consiste en la présentation de différents tableaux peints par Auguste Herbin, en leur observation et en l'émergence des impressions des élèves concernant ces œuvres. Ils doivent nommer et décrire les différentes figures géométriques qu'ils peuvent observer, s'exprimer sur la disposition plastique choisie par l'artiste (l'organisation dans l'espace des différentes formes et le choix de parfois les superposer, les aligner, associer certaines figures ou certaines couleurs entre elles, le choix de la mise en valeur de

certaines formes par leur taille, leur placement sur la toile, le sens dans lequel elles sont présentées…) et les émotions, les impressions provoquées par ces associations sur le spectateur. Ils émettent des hypothèses quant au choix de l'artiste d'avoir utilisé des formes géométriques colorées comme sujet.

Les élèves vont ensuite pouvoir comprendre la démarche du peintre en découvrant son « alphabet plastique » et remarquer que chaque figure géométrique étudiée précédemment dans les différentes peintures correspondait alors à une lettre de cet alphabet. Ils peuvent voir que l'artiste n'a pas choisi des formes au hasard pour constituer ses toiles mais a voulu **écrire des mots**.

Les élèves s'approprient ensuite la démarche de l'artiste en décodant, à l'aide de l'« alphabet plastique », le mot écrit par le peintre dans une de ses œuvres.

Création d'un alphabet plastique propre à la classe :

En s'inspirant de la démarche de l'artiste, les élèves créent ensuite l'alphabet plastique de la classe en utilisant des figures géométriques qu'ils savent déjà tracer (le carré, le rectangle, le triangle rectangle) ; des figures dont le tracé n'est pas demandé par les programmes mais qui mobilise des compétences attendues (comme le losange dont le tracé peut s'obtenir en reliant le milieu de chaque côté d'un rectangle) et des figures que les élèves doivent apprendre à tracer par la suite (le cercle).

Puis, ils associent une couleur à chaque forme en faisant attention à ce que toutes les lettres ayant la même forme soient d'une couleur différente. Voici l'alphabet plastique effectivement créé par les élèves :



Plusieurs raisons ont motivé mon choix de ne pas faire travailler les élèves directement avec l'alphabet plastique d'Herbin mais de leur en faire créer un pour la classe. Tout d'abord, cet artiste avait associé à certaines lettres plusieurs formes géométriques. Cela aurait été plus difficile pour décoder les messages écrits par les élèves et ne les aurait pas encouragés à s'entrainer à tracer chaque figure de l'alphabet car ils auraient pu choisir pour chaque lettre la figure qu'ils arrivaient le mieux à tracer. De plus, je voulais que les formes choisies soient davantage adaptées aux compétences des élèves (par exemple, Herbin a utilisé un triangle équilatéral pour beaucoup de lettres, cependant son tracé vise des savoir-faire non attendus des élèves de cycle 2, contrairement au triangle rectangle). Herbin avait aussi choisi 26 couleurs différentes pour son alphabet. Le travail sur les couleurs et les nuances aurait pu être très intéressant à mettre en œuvre, cependant les compétences visées pour ce projet concernaient avant tout la géométrie. Je voulais donc limiter le nombre de couleurs choisies pour que le travail des élèves puisse se concentrer au maximum sur le tracé des figures. Enfin, le fait que l'alphabet plastique créé soit celui de la classe permettait de lier les élèves entre eux autour d'une production commune et pouvait les rendre plus investis et acteurs du projet.

Entraînement au tracé des différentes lettres :

Plusieurs activités de tracé sont ensuite proposées aux élèves afin qu'ils puissent s'entraîner à tracer les différentes lettres de leur alphabet pour pouvoir par la suite être capables d'écrire correctement n'importe quel message.

Les activités proposées alternent les activités de reproduction et de restauration de figures, de construction dans l'espace géométrique à partir d'un programme mais aussi dans l'espace sensible, ainsi que les activités de reconnaissance et de description pour permettre aux élèves de mieux comprendre la structure des différentes figures géométriques dans le but de réussir à mieux les tracer.

Cette étape constitue donc le cœur du projet car c'est elle qui permet aux élèves de développer de réelles compétences dans le tracé de figures planes : des **connaissances** concernant les figures, un **savoir-faire** quant à leur tracé et une **attitude** appropriée leur permettant de réussir à obtenir des tracés propres et sans erreurs.

Création d'un message par collage :

Après avoir appris et s'être entraînés à tracer correctement chaque figure de l'alphabet, les élèves sont donc désormais capables de mobiliser ces compétences pour créer des messages codés. Dans un premier temps, pour s'emparer du projet et pouvoir jouir de son côté artistique par le choix de la disposition des figures, les élèves choisissent un mot en secret et tracent sur une feuille blanche épaisse unie les différentes figures géométriques correspondants aux lettres du mot choisi. Ils appliquent ensuite la couleur correspondante pour chaque lettre à l'aide de feutres, de crayons de couleurs, de pastels (au choix de l'élève) puis découpent les différentes figures tracées. Ils doivent ensuite faire preuve d'une réelle démarche de création pour disposer ces formes sur une nouvelle feuille.

Les élèves doivent ensuite décoder les mots écrits par leurs camarades en s'aidant de l'alphabet plastique de la classe ainsi que de la disposition des différentes formes qui peuvent avoir été placées de façon à nous faire penser au mot choisi.

Il peut être aussi intéressant de donner un même mot pour chacun des élèves de la classe pour pouvoir analyser leurs différents choix de disposition des formes sur la feuille et montrer qu'à partir d'un même sujet, des mêmes formes géométriques de la même couleur, le rendu peut être totalement différent et provoquer des émotions,

des impressions très différentes chez le spectateur en fonction de la composition plastique choisie.

Un panneau collectif comportant tous les mots imaginés par les élèves est ensuite créé. Ce passage d'œuvres individuelles à une œuvre collective permet la création d'une œuvre « de la classe » et invite ainsi à lier davantage les élèves entre eux autour de ce projet commun.

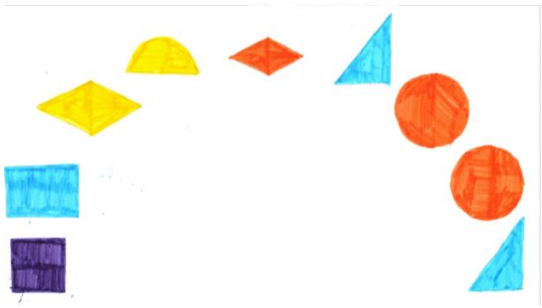
Il peut être aussi possible de choisir une phrase et de donner à chaque élève un mot différent à écrire (et ainsi de différencier en attribuant par exemple aux élèves plus en difficulté des mots plus courts ou des lettres plus faciles à tracer et aux élèves plus à l'aise les mots les plus longs) pour que le panneau collectif fasse davantage sens.

Signature :
Il est ensuite proposé aux élèves de signer leur œuvre en écrivant leur prénom à l'aide de l'alphabet plastique directement sur la feuille. Ayant pu expérimenter la disposition des formes sur la feuille avec le collage, il leur est demandé ici de prévoir à l'avance l'emplacement des différentes « lettres » composant leur prénom pour pouvoir les organiser directement sur la feuille par le tracé et ainsi se servir de toutes les compétences développées jusqu'alors dans le tracé et dans la composition plastique. C'est aussi l'occasion ici de travailler des notions comme l'alignement, le parallélisme, la perpendicularité, l'intersection grâce à toutes les dispositions de formes possibles.

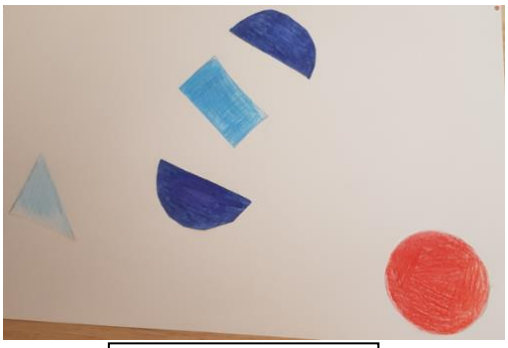
Formalisation :
Enfin, vient une phase permettant aux élèves d'analyser les erreurs et réussites de leur propre travail ainsi que de celui des autres. À travers l'observation, les élèves peuvent tout d'abord s'exprimer sur leurs impressions concernant la composition plastique de tel ou tel élève, puis émettent des critiques sur le tracé des différentes figures. Cela leur permet ainsi de s'auto-évaluer et d'évaluer leurs camarades par rapport au respect des propriétés des différentes figures, au soin et à la précision apportés lors du tracé.
Puis, afin de réinvestir tout le vocabulaire géométrique étudié durant le projet, le « jeu du portrait » est proposé : une des créations est sélectionnée et un élève choisit, sur cette œuvre, une figure géométrique. Les autres camarades doivent

deviner de laquelle il s'agit en posant des questions précises sur les propriétés de la figure. Cette situation permet de mettre les élèves dans une vraie situation de communication les contraignant à utiliser le vocabulaire géométrique étudié pour pouvoir réussir l'exercice.

Malheureusement, dû à la crise sanitaire, ce projet n'a pu être expérimenté jusqu'à la fin avec les élèves en classe. Certains ont tout de même pratiqué chez eux l'écriture de mots à partir de l'alphabet. Voici ci-dessous quelques-unes de leurs productions. D'autres se trouvent en annexe.



« maîtresse »



« canne »

2.1.2. Compétences mathématiques mises en jeu :

Ce projet vise le développement des compétences mathématiques suivantes chez les élèves : « reconnaître, nommer, décrire, reproduire, construire quelques figures géométriques » et en particulier « reproduire des figures planes sur papier uni » ; « utiliser la règle, le compas ou l'équerre comme instruments de tracé » ; « construire un carré, un rectangle, un triangle rectangle sur un support uni en connaissant la longueur des côtés » et « construire un cercle connaissant son centre et un point, ou son centre et son rayon ».

Toutes les activités proposées aux élèves visent aussi, en plus des compétences liées au tracé de figures, l'acquisition d'un langage géométrique précis à travers la répétition du vocabulaire lié aux propriétés des différentes figures géométriques.
Par ailleurs, elles permettent à l'élève de passer progressivement du spatial au géométrique. Comme évoqué précédemment (dans la partie 1.1.2.2. « L'enseignement de la géométrie plane dans les programmes de cycle 2 »), les élèves sont amenés, à partir du cycle 2, à développer des connaissances

géométriques et non plus perceptives des figures. Par exemple, ils pensent souvent qu'un carré présenté avec la pointe vers le bas n'est plus un carré mais un losange car il n'a que des connaissances perceptives sur cette figure. Ainsi, le projet a aussi pour objectif d'amener les élèves à se baser de plus en plus sur les propriétés des figures et non plus sur la perception qu'ils en ont. Cela est travaillé notamment à travers les activités de tracé ; de manipulation des figures au moment de leur collage ; d'observation et description dans les œuvres les montrant dans des orientations diverses.

2.1.3. Place des arts plastiques dans le projet :

Dans ce projet, les arts plastiques ont pour objectif principal de donner un sens à toutes les activités sur les figures planes réalisées avec les élèves : ces-derniers s'exercent à tracer des figures géométriques dans le but de pouvoir par la suite réaliser des œuvres permettant de communiquer des messages aux autres. Cette discipline n'intervient donc vraiment en tant que telle qu'au début de la séquence au moment de la découverte des œuvres d'Auguste Herbin et à la fin au moment de choisir comment disposer les figures tracées sur la feuille : les élèves devront mettre en œuvre une réelle démarche artistique pour décider de la composition des figures géométriques entre elles en fonction de leur couleur et de leur forme afin que le rendu final soit harmonieux et esthétique.
Les arts plastiques permettent de travailler sur le « beau », l'esthétisme et incitent donc les élèves être le plus rigoureux, précis et soigné possible dans leurs tracés pour que le rendu puisse être plaisant à regarder.

2.1.4. Interdisciplinarité avec le français

Ce projet, en plus de viser le développement de compétences en mathématiques et en arts plastiques, touche aussi, dans une moindre mesure, l'enseignement du français en permettant notamment de jouer avec les mots de la langue française.
En-effet, quand les élèves disposent les « lettres » du mot choisi sur la feuille, ils peuvent tout à fait en changer l'ordre. Ainsi, lors de la phase de décodage, ils obtiennent une **anagramme** qu'ils doivent résoudre en remettant les lettres dans l'ordre afin d'obtenir un mot qui existe, avec une orthographe correcte.

Les compétences « identifier des mots de manière de plus en plus aisée », « mémoriser et se remémorer l'orthographe de mots fréquents et de mots irréguliers dont le sens est connu » sont donc développées à travers la résolution des différentes anagrammes.
Il peut être aussi imposé aux élèves de ne choisir que des mots en rapport avec une histoire étudiée en classe ou une leçon particulière ; appartenant à un champ lexical donné ; des mots de vocabulaire nouvellement appris ; ou même de choisir un mot étudié dans le cadre des langues vivantes étrangères. Les mots peuvent aussi être des noms de figures géométriques et, ainsi, la disposition des lettres prend alors tout son sens.

De plus, les **interactions langagières** ont beaucoup de place dans le projet : pour parler des œuvres des artistes ainsi que celles des élèves ; émettre des hypothèses sur les démarches utilisées concernant la création des œuvres ou les procédures de tracé mises en place pour les différentes figures géométriques ; expliciter la position respective des figures les unes par rapport aux autres…
À travers ces diverses situations d'interactions langagières, les élèves travaillent donc la compétence « dire pour être entendu et compris ».

2.2. Un travail inscrit dans une pédagogie de projet

Le travail réalisé avec les élèves s'inscrit dans une **pédagogie de projet**. Ce concept a été inspiré des travaux de John Dewey et se base sur l'« apprendre en faisant » (« learning by doing »). Il est issu du courant socioconstructiviste et invite les élèves à être au cœur de leurs apprentissages pour que ceux-ci leur soient porteurs de sens.
Ainsi, dans un projet, les apprentissages se font à partir d'un problème construit avec les élèves. Ceux-ci participent ensuite à son élaboration, aux choix et aux prises de décisions pour permettre son aboutissement. Les savoirs mis en jeu doivent apparaître comme **outils** au service du projet.
Ici, les élèves sont partis du problème suivant : « comment faire pour réaliser des messages codés en suivant la même démarche qu'Auguste Herbin ? ». Ils ont ensuite réfléchi au cheminement qu'il faudrait suivre pour répondre à ce problème et ont émis plusieurs hypothèses dont celle de créer un alphabet plastique pour la classe puis de s'entraîner à tracer les différentes formes de l'alphabet pour ainsi

pouvoir être capables de créer ces « messages codés ». Ainsi, les savoirs relatifs au tracé des figures géométriques sont apparus comme outils au service de la réalisation du projet.

De plus, l'enjeu de la réussite du projet doit être source de motivation et d'engagement pour les élèves afin qu'ils acceptent de s'y investir pleinement pour que les apprentissages puissent faire sens. Ici, le projet a plusieurs enjeux pour les élèves : un enjeu **conatif** (à travers la motivation, le choix de maintenir ou non un effort et le désir de réussir), **cognitif** (connaître et savoir tracer correctement les figures géométriques pour pouvoir écrire des messages) et **social** (grâce à la création d'un nouveau langage pour communiquer). Il a aussi un enjeu **esthétique** car le produit constituant la finalité du projet est une production artistique, ce qui permet de motiver les élèves à s'appliquer, à faire preuve de soin, de rigueur et de précision.

3. Expérimentation et analyse

3.1. Cadre d'analyse

Le cadre d'analyse dans lequel nous nous situons est celui de la **théorie des situations didactiques** de Guy Brousseau (TSD).

Dans ce cadre, l'enseignant se distingue de l'élève en ce qu'il est « supposé capable d'anticiper sur ce que l'élève va avoir à apprendre » (Bessot, 2006).

Selon la théorie psychogénétique de Piaget (1975), « le sujet apprend en **s'adaptant** (assimilation et accommodation) **à un milieu** qui est producteur de contradictions, de difficultés, de déséquilibres. » Il n'apprend pas en enregistrant simplement ce qui est communiqué par l'enseignant (Laborde, 1989).

Selon **Guy Brousseau**, « on appelle "milieu" tout ce qui agit sur l'élève ou / et ce sur quoi l'élève agit ». Toujours selon ce didacticien des mathématiques, « le milieu est constitué des objets (physiques, culturels, sociaux, humains) avec lesquels le sujet interagit dans une situation. »

Par exemple, cela peut être le matériel technique dont l'élève dispose (instruments géométriques, papier, crayon etc.) ; les camarades autour de lui et leurs possibles

interventions ; l'enseignant et ses potentielles remarques ; les cahiers et affichages dont il peut se servir…

Ainsi, pour amener les élèves à faire en sorte qu'ils puissent apprendre, l'enseignant doit pouvoir organiser le milieu pour que celui-ci, de façon implicite, renvoie des rétroactions auxquelles l'élève va devoir s'adapter, et, ainsi, apprendre par adaptation aux informations qui lui sont envoyées par le milieu.

Notre analyse va donc s'appuyer sur une analyse *a priori* dans laquelle nous allons anticiper ce que l'élève va pouvoir apprendre sur les séances proposées en détaillant les adaptations que nous prévoyons et une analyse *a posteriori* qui va montrer l'écart entre le prévu et le réalisé et permettre de comprendre en quoi le milieu était ou non favorable aux apprentissages visés.

3.2. Analyse a priori :

3.2.1. Présentation des séances analysées

Après avoir fait découvrir l'« alphabet plastique » d'Auguste Herbin et expliqué le projet, des ateliers sont mis en place avec les élèves (deux ateliers autonomes et un atelier dirigé), ayant chacun un objectif particulier :

Tout d'abord, l'atelier dirigé (Atelier 1) a pour objectif de créer l'alphabet plastique de la classe : les élèves doivent **nommer** les figures géométriques qu'ils veulent associer à chaque lettre et énoncer à chaque fois leurs **caractéristiques**.
Il fait ainsi travailler chez les élèves les compétences « nommer, décrire les figures planes ».

Un des ateliers autonomes (Atelier 2) vise à faire travailler la **déconstruction dimensionnelle**. Comme évoqué dans la partie 1.2.2. *« obstacles qui existent au niveau du tracé de figures »*, une des grandes difficultés des élèves en géométrie est la structuration de l'espace et notamment le fait qu'ils perçoivent les figures géométriques comme des surfaces en 2D seulement sans réussir à changer de regard et les voir aussi comme des sommets reliés entre eux par des segments pour former des surfaces. Cette difficulté à changer de regard sur les figures géométriques est un obstacle au tracé de polygones et il est donc nécessaire de travailler avec les élèves sur ce point.

Cet atelier consiste en la construction, dans l'espace sensible, de polygones avec des boules de pâte à modeler et des pics à brochette épointés. Les sommets des polygones sont ainsi modélisés par les boules de pâte et les côtés par les pics en bois. Il peut ainsi permettre aux élèves de choisir les éléments à assembler et la manière de le faire pour construire eux-mêmes les figures. Ainsi, ils ont besoin d'opérer mentalement à une déconstruction des figures pour pouvoir les reconstruire matériellement et travailler le passage de la dimension 0 (les sommets), à la dimension 1 (les côtés) et à la dimension 2 (le polygone). Cela leur permet donc de mieux comprendre la structure des figures géométriques planes pour pouvoir ensuite être capable de mieux les tracer.

Enfin, le deuxième atelier autonome (Atelier 3) consiste en la **reproduction de polygones** déjà connus des élèves (triangles rectangles, rectangles, carrés) sur feuille blanche unie à partir de modèles tracés sur transparents, puis en l'auto-correction par superposition du transparent sur la figure tracée par l'élève. Les objectifs visés ici sont de s'entraîner à tracer des figures planes usuelles à partir d'un modèle ; de se servir des instruments géométriques (règle et équerre) et d'être capable de s'auto-corriger. Les principales compétences visées relatives aux Instructions Officielles sont « Reproduire des figures planes sur papier uni » et « Utiliser la règle ou l'équerre comme instruments de tracé ».

Je centrerai plus particulièrement mon analyse sur cet atelier-ci pour avoir des éléments de réponses à ma problématique portant sur le tracé.

3.2.2. Procédures de résolution attendues :

Pour cet atelier, les élèves ont à disposition des barquettes contenant chacune un modèle de figure géométrique sur transparent (soit un carré, un rectangle ou un triangle rectangle), une feuille blanche, un critérium, une gomme, une règle et une équerre.

Le **but** de cet exercice est donc de reproduire des figures planes usuelles et le **résultat attendu** est le dessin d'une figure plane superposable avec le modèle.

Voici les **moyens** que les élèves doivent mettre en œuvre pour y parvenir :

Si la figure à reproduire est un **carré** :

1) L'élève mesure un des côtés de la figure avec une règle.

2) Il reporte cette longueur sur la feuille blanche : il pose la règle sur la feuille, la maintient fermement avec une main, prend le critérium avec son autre main et le pose au niveau de la graduation 0 puis trace un trait en faisant attention à ne pas s'écarter de la règle et stoppe son tracé au niveau de la graduation correspondant à la longueur du côté mesuré.

3) Il positionne l'équerre de manière à ce que le bord du plus petit côté soit superposé avec le segment tout juste tracé et que l'extrémité de l'équerre soit alignée avec l'extrémité du segment.

4) Il maintient fermement l'équerre et trace un trait en partant de l'extrémité du segment et en suivant le bord gradué de l'équerre. Il stoppe après avoir réalisé un segment sensiblement de la même longueur que le précédent.

5) Il prend la règle et place la graduation 0 à l'extrémité du segment tracé et prolonge ou réduit le segment jusqu'à ce qu'il fasse la même longueur que le précédent.

7) L'élève procède de la même manière pour le côté suivant.

8) Pour le dernier côté, il relie le premier et le dernier segment tracés en étant attentif à ce que sa longueur soit la même que celle des autres côtés.

Si la figure à reproduire est un **rectangle**, la procédure attendue est la même que celle du carré mais en changeant la longueur du deuxième et du dernier côté.

Enfin, pour la reproduction d'un **triangle rectangle**, la procédure attendue est la suivante :

1) L'élève mesure un des côtés adjacents à l'angle droit du triangle.

2) Il trace un segment de la même longueur sur la feuille blanche.

3) À l'aide de l'équerre, il trace un angle droit à partir de ce segment.

4) Il reporte ensuite la longueur du deuxième côté adjacent à l'angle droit sur le segment tracé à l'aide de la règle.

5) Il relie enfin les deux segments et vérifie que ce dernier côté et celui du modèle sont de la même longueur.

Quand l'élève a fini de tracer une figure, il est attendu qu'il prenne le transparent comportant le modèle et le pose sur la figure tracée en faisant coïncider les côtés.

Si la figure tracée ne se voit pas par transparence, cela signifie qu'elle a bien été réalisée par l'élève. En revanche, si certains côtés ne se fondent pas avec ceux du modèle, cela signifie soit que les longueurs ont mal été reportées et certains côtés sont trop longs ou trop courts ; soit que les angles droits ont mal été réalisés ; soit que l'élève s'est écarté de la règle pendant le tracé.
Dans ce cas, il identifie son / ses erreur(s) et la / les corrige jusqu'à l'obtention d'une figure correspondant exactement à celle du transparent.

Il doit faire attention à ne pas appuyer trop fort à chaque tracé pour pouvoir gommer si un segment est mal réalisé afin d'obtenir un rendu propre.

3.2.3. Compétences qui doivent être mises en jeu par l'élève :

Une compétence est un ensemble de connaissances, capacités et attitudes.

Tout d'abord, les **connaissances** mises en jeu par l'élève concernant cet atelier sont de connaitre les polygones principaux et leurs caractéristiques et de savoir ce qu'est un angle droit.

Les **capacités** qu'il doit mobiliser sont d'être capable de se servir d'une règle graduée pour mesurer puis tracer des segments de longueurs données ; être capable de se servir d'une équerre pour identifier puis tracer des angles droits ; savoir analyser une figure pour repérer ses propriétés ; et être capable de planifier son tracé pour savoir ce qu'il faut tracer en premier, en deuxième…

Enfin, les **attitudes** à adopter pendant l'exercice sont d'être concentré sur la tâche et ne pas se laisser distraire ; ne pas appuyer trop fort sur son crayon pour pouvoir gommer si besoin et avoir un tracé précis et propre ; de faire preuve d'une grande précision dans ses gestes (par exemple, pour reporter une longueur, l'élève doit placer son critérium exactement sur la graduation 0 et s'arrêter exactement à la bonne longueur (au mm près), pour relier les côtés entre eux, l'élève doit commencer exactement à l'extrémité d'un segment et s'arrêter exactement à l'extrémité d'un autre, sans dépasser) ; et de prendre son temps pour ne pas nuire à la précision et à la justesse des tracés.

Il est nécessaire que toutes ces compétences soient mises en jeu par les élèves afin d'obtenir un tracé réussi.

3.2.4. Critères pour savoir si l'élève a réussi :

Pour décider des critères permettant d'évaluer si le tracé de l'élève peut être considéré comme réussi, appuyons-nous sur les critères établis par Nivôse Bouleau dans son article *Reproduction et géométrie en cycle 1 et 2* : « un tracé a été considéré comme de bonne qualité s'il ne s'écartait pas de la règle plus d'une fois à une épaisseur de crayon mal taillé près (c'est-à-dire de l'ordre du millimètre) et atteignait un point matériel de l'ébauche à 1 mm près. »

Cet exercice permet aux élèves de s'auto-corriger et de se rendre compte par eux-mêmes du respect ou non de ces critères. Ainsi, pour un élève, cela se caractérise par la superposition possible de sa figure tracée avec celle du transparent.

3.2.5. Conceptions erronées qui peuvent apparaître :

Les erreurs qui peuvent être commises par les élèves avec cet exercice sont les suivantes. Tout d'abord, la règle graduée peut être mal positionnée sur un segment pour le mesurer (la graduation 0 n'est pas alignée avec l'extrémité gauche du segment mais placée légèrement avant ou après ; la règle n'est pas alignée avec le segment mais placée un peu de travers). De plus, lors du tracé d'un segment, l'élève peut ne pas commencer tout à fait à partir de la graduation 0 mais quelques millimètres avant ou après, nuisant ainsi au respect des longueurs de la figure à reproduire. L'élève peut aussi ne pas maintenir sa règle assez fermement avec sa main, ce qui peut la faire bouger lors du tracé et entraîner ainsi un trait décalé.
Par ailleurs, l'élève peut vouloir essayer de reproduire la figure « au jugé » (en utilisant seulement la perception).

Certaines erreurs peuvent aussi être dues aux **instruments géométriques** dont certaines caractéristiques peuvent apporter des difficultés aux élèves : par exemple, concernant l'équerre, le coin de cet instrument est souvent un peu « arrondi », ce qui peut entrainer l'élève à tracer des angles droits « arrondis » ou à prolonger de quelques millimètres le segment précédent en traçant l'angle droit. De plus, le fait que l'équerre soit graduée peut entraîner les élèves à tracer des segments trop longs. En-effet, la graduation 0 ne se trouve pas complètement sur l'extrémité du côté de l'équerre mais quelques millimètres après. L'élève peut donc tracer son angle droit puis continuer son tracé directement jusqu'à la graduation souhaitée au lieu de tracer d'abord l'angle droit puis ensuite de déplacer l'équerre pour que la

graduation 0 soit bien au niveau de l'extrémité du segment afin d'obtenir la longueur voulue. Par ailleurs, l'élève peut être en possession d'une règle et / ou d'une équerre abimée dont le bord n'est pas complètement « lisse », ce qui peut alors provoquer le tracé de segments non droits ni précis.

3.2.6. Variables didactiques :

Voici quelques exemples de variables didactiques qui peuvent être mises en place concernant cet atelier :

Les instruments géométriques étant une variable didactique importante, il est possible d'introduire de nouveaux instruments permettant de faire davantage sens pour les élèves : par exemple, travailler avec des gabarits d'équerre sans graduations plutôt que des équerres pour que les élèves puissent s'en servir seulement pour identifier et tracer des angles droits et non pour tracer, ce qui leur permettrait d'éviter certaines erreurs mentionnées ci-dessus. Il est aussi possible de remplacer la règle graduée par une bande pour reporter les longueurs.

De plus, le choix des instruments peut être orienté pour inciter les élèves à utiliser un instrument différent par type de compétence (un pour tracer des angles droits, un autre pour mesurer des longueurs et un dernier pour tracer). Pour cela, Duval et Godin proposent un jeu où l'utilisation de certains instruments est pénalisée par des malus. Par exemple, les élèves peuvent disposer de 100€ (fictifs) au départ et chaque utilisation d'instrument a un prix plus ou moins élevé qui induit alors les élèves vers l'utilisation de tel ou tel instrument (par exemple, l'utilisation de la règle non graduée et du gabarit peut coûter 5€ alors que celle de la règle graduée et de l'équerre 20€).

3.2.7. Variables pédagogiques :

L'exercice est à faire individuellement en atelier autonome. Des variables pédagogiques peuvent ainsi s'appliquer quant à l'organisation de la classe : cet exercice peut par exemple s'effectuer en classe entière. Cette organisation permet à l'enseignant d'aider les élèves en difficulté et d'être disponible pour répondre aux différentes interrogations, d'être sûre que tous les élèves respectent bien les consignes données, notamment celle de ne superposer le transparent qu'une fois toute la figure tracée. Cependant, cela permet moins aux élèves d'être autonomes et de se sentir vraiment acteurs de leurs apprentissages. Cela peut aussi inciter

certains à se comparer aux autres, perdre confiance en leur travail et vouloir demander de l'aide pour se rassurer alors qu'ils n'en auraient pas eu besoin.

Cet exercice peut aussi se faire en binôme avec un élève chargé de prendre les informations sur la figure et les communiquer à son binôme et l'autre élève chargé de transcrire sur papier les informations données par son camarade. Cela transformerait alors l'exercice en une situation de construction de figures d'une part (et non plus de reproduction) et de formulation d'autre part.

3.3. Analyse a posteriori

3.3.1. Les objectifs ont-ils été atteints ?

La mise en place en classe de ces ateliers a été extrêmement riche et m'a notamment permis de mettre en lumière des obstacles que je n'avais pas du tout anticipés.

Tout d'abord, sur l'atelier 3, les élèves ont vraiment pu être acteurs de leurs apprentissages grâce au fait qu'ils aient été laissés en autonomie avec à disposition tout le matériel nécessaire au bon déroulement de l'activité. Cela a été un grand facteur de motivation qui leur a permis d'entrer pleinement dans l'activité.

Concernant les objectifs visés, je peux considérer qu'ils ont été partiellement atteints : les élèves se sont bien entraînés à tracer les figures géométriques usuelles (ils en ont tracé en moyenne trois différentes chacun) et ont ainsi **développé des compétences concernant le tracé de figures planes**.

Or, cet atelier a aussi mis en évidence que certaines compétences restaient à acquérir, notamment au niveau de l'utilisation des instruments géométriques : les élèves se sont tous servis d'au moins un instrument pour tracer leurs figures et ont ainsi pu s'entraîner à utiliser les graduations et à les manier correctement. Cependant, beaucoup n'ont pas ressenti le besoin de se servir de l'équerre pour tracer des angles droits, ce que je développerai dans la partie 3.3.3.

Les élèves ont aussi appris à **s'auto-corriger** et à apprendre de leurs erreurs mais le matériel choisi n'était peut-être pas assez adapté. Je développerai cela dans la partie 3.3.4.

Concernant l'atelier 2, quelques productions ont pu démontrer qu'au départ, le rôle des sommets dans un polygone n'avait pas été bien compris par certains élèves.

En-effet, comme le montre la photo ci-dessous, nous pouvons imaginer que l'élève a voulu construire un rectangle. Il a alors mis bout à bout plusieurs boules de pâte à modeler et plusieurs pics en bois. Ses camarades, à travers leurs productions et leurs échanges, ainsi que moi-même, à travers mes interventions, lui avons renvoyé l'information que les boules de pâte, qui représentaient des sommets ne pouvaient se trouver au milieu de côtés et qu'elles servaient justement à relier deux côtés entre eux. L'élève, pour qui le nombre de côtés dans un rectangle était acquis, a ainsi pu adapter sa réponse au milieu en formant, à l'aide de ses six côtés et six sommets, un hexagone.

Cela a donc pu lui permettre d'effectuer un changement de regard sur sa figure et de mieux en comprendre la structure.

Il est possible aussi que les élèves aient rencontré des difficultés liées au fait que la manipulation des figures planes se faisait dans l'espace : par exemple, ils n'ont peut-être pas tous perçu que les boules de pâte à modeler devaient être dans un même plan.



3.3.2. La méthodologie au niveau du tracé

Les élèves ont tous su, de façon autonome, décomposer le tracé à réaliser en différentes étapes (qui avaient été travaillées en classe précédemment) et réaliser chacune d'elles avec application. La façon dont ils ont utilisé les instruments géométriques durant ces différentes étapes est développée dans la partie suivante. Cependant, l'ordre dans lequel ces différentes étapes devaient être réalisées a été problématique pour beaucoup d'élèves concernant le tracé du **triangle rectangle**. Son analyse a vraiment permis de mettre en évidence que les élèves ont appris en s'adaptant aux informations que leur renvoyait le milieu. En-effet, la méthodologie à appliquer pour cette figure était plus complexe : ne sachant pas mesurer des angles, les élèves ne pouvaient pas choisir n'importe quel côté pour commencer à tracer. Contrairement à ce qui était décrit au niveau des procédures attendues pour

le tracé du triangle rectangle (partie 3.2.2.), beaucoup d'élèves traçaient l'hypoténuse en deuxième et le traçaient donc « à tâtons » en le plaçant une première fois, puis en vérifiant avec le transparent s'il était au bon endroit, puis en recommençant le tracé après avoir réajusté le trait, etc. Une illustration de cette procédure se trouve en annexe.

Ici, le milieu leur renvoyait d'abord l'information que le côté n'était pas tracé au bon endroit, puis que l'angle tracé était trop grand ou trop petit. Les élèves devaient alors s'adapter à cette information en diminuant ou en augmentant la mesure de l'angle tracé. Cette méthode s'avérant fastidieuse, certains élèves avaient compris qu'il était beaucoup plus facile de réussir en traçant d'abord l'angle droit, puis ses deux côtés adjacents et pouvaient alors transmettre cette information à leurs camarades. Ce sont donc les rétroactions qui ont été renvoyées par le milieu qui ont permis aux élèves d'apprendre.

3.3.3. L'utilisation des instruments géométriques

Certains élèves, pour tracer les figures, n'ont pas utilisé l'équerre pour tracer des angles droits mais s'en sont servis uniquement pour mesurer puis tracer des traits. La notion d'angle droit avait été vue en classe en amont et les élèves s'étaient entraînés à en repérer et en tracer à l'aide de cet instrument.

Cependant, pour cet atelier, beaucoup d'élèves plaçaient leur équerre parallèlement aux bords de la feuille pour tracer les côtés des différentes figures à reproduire. En-effet, ceux-ci avaient bien perçu que le coin de la feuille sur laquelle ils traçaient était un angle droit et se sont donc emparé de cela pour tracer leurs angles droits, ce qui leur évitait ainsi d'utiliser l'angle de l'équerre. Cela suppose que l'angle droit est perçu visuellement mais n'est pas encore instrumenté.

Ici, la situation ne permettait pas à ces élèves d'être confrontés à un problème pouvant être résolu grâce à l'équerre ; le milieu ne leur permettait pas de créer le besoin d'utiliser l'angle de l'équerre pour réussir à reproduire les figures.

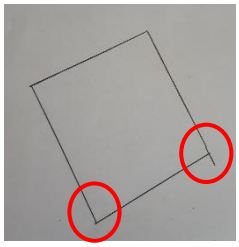
Or, les Instructions Officielles indiquent que les élèves doivent savoir utiliser cet instrument pour tracer des angles droits. C'est pour cela qu'il faudrait que le milieu soit organisé d'une manière telle qu'il puisse renvoyer aux élèves une rétroaction qui leur ferait éprouver le besoin de l'utiliser pour pouvoir s'adapter à ce nouveau milieu.

Il aurait ainsi été judicieux de leur proposer comme support de tracé une feuille découpée en une forme n'ayant pas d'angles droits (comme un cercle par exemple) : le milieu aurait alors renvoyé l'information aux élèves qu'il ne leur était plus possible de disposer leur instrument de tracé parallèlement aux bords de la feuille car celle-ci ne disposait plus de côtés droits et, ainsi, les élèves auraient ressenti le besoin de se servir de leur équerre pour pouvoir réussir.

Le fait que les élèves ne l'utilisent pas spontanément pour tracer des angles droits et préfèrent trouver d'autres moyens qu'ils considèrent comme plus simples et le fait que d'autres élèves, l'ayant utilisée, aient tracé beaucoup d'angles inférieurs ou supérieurs à 90° m'a montré qu'un travail important restait à faire concernant l'utilisation de cet instrument. Même si cela avait été travaillé en amont, j'ai pu voir que son maniement restait un obstacle important à la réussite de beaucoup d'élèves.

Toutes les difficultés que peut poser cet instrument ont été évoquées précédemment (notamment le fait qu'une équerre soit souvent graduée et donc non destinée aux compétences liées aux angles droits seulement ; que son angle soit souvent « arrondi » et ne permette pas de tracer de beaux angles droits…) et peuvent être contournées avec l'utilisation d'un **gabarit**.

Il aurait ainsi été judicieux d'effectuer un travail en amont plus important avec cet instrument-ci pour aller ensuite progressivement vers l'équerre.



Exemple d'élève qui a utilisé l'équerre mais n'a pas réussi à tracer quatre angles droits.

3.3.4. L'auto-validation apporte-t-elle une plus-value ?

Le fait de disposer du modèle à reproduire sur un transparent permettait aux élèves de pouvoir s'auto-corriger une fois la figure tracée : la superposition du modèle leur permettait de recevoir des informations et ainsi de s'adapter en modifiant la figure tracée pour qu'elle puisse se superposer parfaitement avec celle du modèle.

Cette possibilité d'auto-validation a permis aux élèves de faire preuve d'une grande autonomie et persévérance car ils pouvaient ajuster leurs tracés jusqu'à obtention d'une figure identique au modèle.

Cependant, cette auto-validation a été utilisée pour beaucoup tout au long du tracé (dès qu'un trait était tracé, certains élèves superposaient le transparent à leur figure pour vérifier si c'était correct et s'ils pouvaient continuer) et non seulement une fois la figure entièrement tracée. L'annexe 1 où une procédure d'un élève est décrite et illustrée témoigne de cette utilisation abusive de l'auto-validation.
Cela avait été précisé dans la consigne de départ et reformulé par un élève (« En vous servant du matériel des barquettes, vous devez reproduire sur une feuille blanche les figures planes représentées sur les transparents. Une fois seulement que vous avez fini de tracer, vous pouvez superposer le transparent sur votre figure pour vérifier si votre figure tracée est bien identique à celle du modèle »).
Cependant, les camarades qui entourent les élèves faisaient partie du **milieu** et leurs actions et interventions pouvaient donc influencer : si les élèves voyaient leur voisin réaliser telle procédure ou en entendaient un autre proposer telle idée, ils pouvaient alors s'en saisir pour le faire à leur tour. Ici, le fait de vérifier leurs tracés au fur et à mesure pouvaient permettre de corriger directement leurs potentielles erreurs au lieu de devoir tout recommencer à la fin si jamais la figure était fausse.
De plus, l'enseignante, donc moi-même, ne faisait pas partie du milieu car je m'occupais de la gestion d'un autre atelier. Ainsi, l'absence d'interventions de ma part vis-à-vis de leur façon de faire n'a pas pu les encourager à procéder différemment.

Il aurait ainsi été possible de donner aux élèves le modèle de la figure à reproduire sur une **feuille opaque** et de les autoriser à aller chercher un transparent autocorrectif une fois toute la figure tracée seulement.

3.3.5. Influence de l'ordre dans lequel les ateliers ont été vécus :

L'ordre dans lequel ces trois ateliers décrits précédemment ont été vécus par les élèves a peut-être eu une influence sur la manière dont ils ont procédé pour reproduire les figures.

En-effet, ils ont certainement procédé différemment suivant s'ils avaient vécu l'atelier de reproduction de figures géométriques avant ou après avoir vécu l'atelier les faisant travailler sur la déconstruction mentale des figures.

Les élèves qui ont pu manipuler des figures planes dans l'espace sensible avant d'avoir eu à les tracer dans l'espace géométrique ont sûrement pu mieux prendre en charge ce passage du monde sensible au monde géométrique. Cela leur a peut-être apporté plus de clés pour leur permettre de mieux appréhender le tracé des figures, contrairement aux élèves qui ont tracé avant et manipulé ensuite.
De plus, selon Nivôse Bouleau, la réussite dans les épreuves de reproduction nécessite une structuration de l'espace sensible. L'atelier 2 a donc pu avoir toute son importance pour amener les élèves vers la réussite dans la reproduction de figures planes.

Conclusion

Même si le projet « géométrie et arts plastiques » n'a pu être mené à bien en classe, j'ai tout de même pu en tirer certains enseignements grâce à l'étude des différentes activités mises en place en classe et au retour du travail réalisé par les élèves chez eux.
J'ai ainsi pu comprendre que pour effectuer des activités de tracé de figures géométriques planes, les élèves devaient mobiliser des compétences diverses afin de réussir à s'adapter aux nombreux obstacles qui se présentaient à eux. En CE2, ils concernent principalement le passage du monde sensible au monde géométrique et au changement de regard que les élèves doivent opérer sur les figures pour les voir en tant qu'objets multidimensionnels et multipropriétés et plus seulement en tant que surfaces. Ils concernent aussi l'utilisation des différents instruments de tracé et l'acquisition de connaissances géométriques.

La mise en place du projet a révélé une motivation et une implication importante de la part des élèves pour tracer des figures géométriques. Cependant, j'ai pu constater une dérive possible de la pédagogie de projet : lors de la phase de création de messages, les élèves étaient très centrés sur le résultat final, sur l'encodage du mot en lui-même mais assez peu sur la mise en place des procédures

étudiées en amont pour tracer des figures. Les résultats n'auraient peut-être pas été les mêmes si le projet avait pu aboutir en classe car le milieu aurait été très différent (présence de l'enseignante, rappel des procédures, façon de faire des camarades autour…) mais il a pu être intéressant d'analyser comment les élèves, de façon autonome et sans rappel de tout ce qui avait été appris, ont procédé.
Ainsi, j'ai pu comprendre que la mise en place d'un projet motivant où les élèves sont rendus acteurs de leurs apprentissages ne peut apporter de résultats satisfaisants si les savoirs qui sont mis en jeu ne sont pas totalement solides au moment de passer à la phase d'aboutissement du projet.

Ici, une des difficultés principales résidait donc dans le maniement des différents instruments de tracé dont l'utilisation était un obstacle pour beaucoup d'élèves qui préféraient trouver des subterfuges pour réussir à retranscrire les différentes propriétés des figures sans avoir besoin de les utiliser.
Un travail plus important et plus progressif sur les instruments en amont aurait permis de lever cet obstacle : il aurait par exemple été intéressant d'instaurer tout d'abord un travail sur des instruments permettant de transporter des informations en deux dimensions sur les figures (gabarits, pochoirs…), approche plus naturelle pour les élèves ; puis d'aller progressivement vers un travail sur les instruments permettant de transporter des informations en une dimension (règle, équerre).

Par ailleurs, travailler dans le cadre d'analyse de la théorie des situations didactiques de Brousseau m'a permis de me rendre compte de l'importance du milieu pour l'élève dans l'acquisition des différents apprentissages : un savoir ne pourra être intégré par un élève que s'il en éprouve le besoin pour résoudre un problème que lui renvoie le milieu. L'anticipation des procédures que l'élève peut réaliser en fonction du milieu dans lequel il travaille est donc extrêmement importante pour que les apprentissages fassent sens pour lui.

Bibliographie

- Aubert L. (2017). *Construire une géométrie en transition en début de collège : déconstruction dimensionnelle et différentes géométries* [version en fichier PDF] https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01649272/document

- Berrouiller C. (2016). *La géométrie cycle 2* [version en fichier PDF] http://www.marseille-6.ien.13.ac-aix-marseille.fr/spip/sites/www.marseille-6.ien.13/spip/IMG/pdf/geometrie_c2.pdf

- Berthelot R., Salin M.-H. (1993-1994). *L'enseignement de la géométrie à l'école primaire.* « Grand N », n°53, pp. 39 à 56. IREM de Grenoble.

- Bessot A. (2006). *Une introduction à la théorie des situations didactiques* [version en fichier PDF] https://telearn.archives-ouvertes.fr/hal-00078794/document

- Bouleau N. (2001). *Reproduction et géométrie en cycle 1 et 2.* « Grand N », n°67, pp. 15 à 32. IREM de Grenoble.

- Brousseau G. (1998). *Glossaire de quelques concepts de la théorie des situations didactiques en mathématiques* [version en fichier PDF] http://guy-brousseau.com/wp-content/uploads/2010/09/Glossaire_V5.pdf

- Bulletin Officiel n°30 du 26 juillet 2018, Éducation Nationale

- Bulletin Officiel spécial n°2 du 26 mars 2015, Éducation Nationale

- Celi V. (2016). *Reproduire une figure géométrique plane à l'école primaire : quand ? comment ? pourquoi ?* [version fichier PDF] *https://www.unige.ch/fapse/dimage/files/2114/7142/2744/VCeli_geneve_20_mai_2016.pdf*

-Curtet-Granger A. (2017). *Géométrie et manipulation au cycle 2 : manipuler les formes constituant des figures complexes pour mieux identifier les propriétés géométriques en jeu* [version en fichier PDF] https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01650186/document

- Demaret-Pranville D. (2014). *Art et Mathématiques - Une vision artistique ou scientifique du monde : opposition ou complémentarité ?* [version en fichier PDF]

http://www.math-art.eu/Documents/pdfs/2014_Conf%C3%A9rence_Lyc%C3%A9e_Lagny_Denise_Demaret-Pranville-1.pdf

- Dersoir A. (2016). *L'espace et la géométrie à l'école primaire : comment enseigner la géométrie dans l'espace à l'école primaire ?* [version en fichier PDF] https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01271401/document

- Grau S., Lemaire S. (2020) *Géométrie plane : quelques repères du cycle 1 au cycle 3*. INSPE de Nantes.

- Marchand P. (2009). *Le développement du sens spatial au primaire.* Bulletin AMQ (Association Mathématique du Québec), Vol. XLIX, n°3. Université de Sherbrooke, CREAS.

- Martiel G. (2013). Enseigner la géométrie plane en cycle 2 et cycle 3 [version en fichier PDF]
http://www.ac-grenoble.fr/ien.g1/IMG/pdf/CONFERENCE_GEOMETRIE_G-_MARTIEL.pdf

- Mathé A.-C., Barrier T., Perrin-Glorian M.-J. (2020) *Enseigner la géométrie élémentaire Enjeux, ruptures et continuités.* L'Harmattan p78

- Perrin-Glorian M.-J. (2012). *La géométrie (plane) du CP à la 5ème* [version en fichier PDF] http://www.univ-irem.fr/IMG/pdf/Annexe_2-CS-IREM-8_juin_2012.pdf

- Perrin-Glorian M.-J., Mathé A.-C., Leclercq R. (2013). *Comment Peut-on Penser la Continuité de l'enseignement de la géométrie de 6 à 15 ans ?* REPERES - IREM N° 90

Annexes

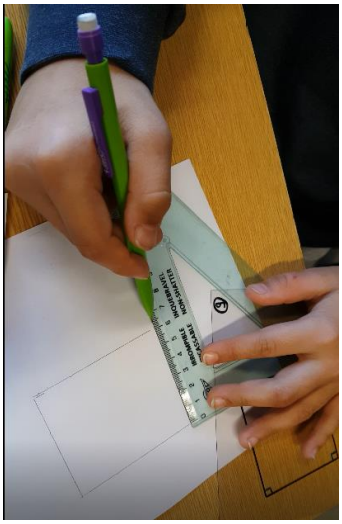
Annexe 1 – procédures réalisées par plusieurs élèves lors de l'activité autocorrective de reproduction d'un rectangle, d'un carré et d'un triangle rectangle.

Annexe 2 – productions d'élèves réalisées à partir de l'« alphabet plastique ».

Annexe 1 :

Procédure analysée réalisée par un élève lors de la reproduction d'un rectangle :





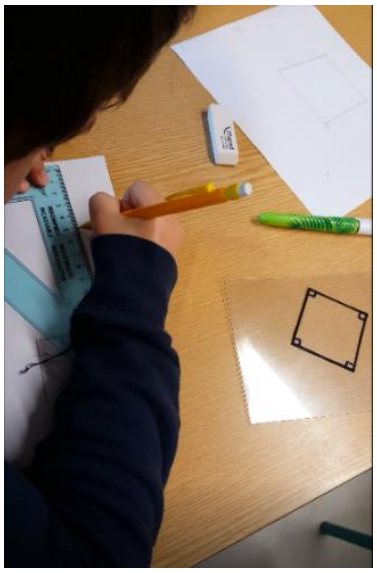
L'élève explique comment il a procédé pour reproduire le rectangle : « J'ai mesuré le rectangle, euh le carré, j'ai regardé, j'ai mesuré, ça faisait 7 cm, là ça fait 5, euh 6 (montre le côté le plus petit) et là 7 (montre le côté le plus grand) et j'ai après pris l'équerre et j'ai après fait 7 cm, 5 là, 5 cm là. » (place son équerre dans la bonne position pour tracer le dernier côté du rectangle et montre avec son crayon les graduations correspondant aux mesures énoncées (cf. image 2 ci-dessus), puis se met à tracer se servant de l'équerre mais appuie trop fort sur son crayon et casse la mine).

Savoir reconnaître les caractéristiques des figures usuelles n'est pas une compétence que l'on peut considérer comme acquise chez cet élève : en-effet, il énonce « rectangle » au début puis se corrige et dit « carré ». Cependant, il a bien compris que tous les côtés n'étaient pas de la même longueur donc on peut se demander s'il connaît les propriétés de ces deux quadrilatères mais confond les appellations (dans sa tête, les propriétés respectives des figures sont claires : le rectangle a quatre côtés égaux et le carré a ses deux côtés opposés de même longueur) ou s'il ne connaît pas les propriétés respectives de ces deux figures (il ne maîtrise pas la différence entre un carré et un rectangle et ne se souvient plus quelles propriétés associer à l'un ou à l'autre). S'il confond ces deux figures, c'est

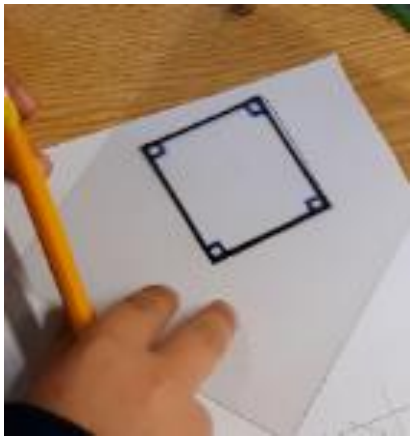
qu’il les associe par une relation qui leur est commune. Ici, c’est sûrement l’angle droit qui perturbe cet élève et l’amène à confondre.

Il énonce aussi deux mesures différentes pour le plus petit côté du rectangle qu’il répète à deux reprises, ce qui montre encore une fois sa confusion : tout n’est pas clair dans sa tête pour réaliser la reproduction de la figure géométrique ; les informations sur la figure ne sont pas bien définies pour lui au moment de tracer. Je pense donc que l’élève n’a pas suivi la procédure qui était attendue et qu’il a pris les mesures des côtés indépendamment des uns des autres et qu’il se corrigeait avec le transparent après chaque trait tracé. Peut-être que pour cet élève, la figure est déconstruite en dimension 1, ainsi il ne la voit que comme des segments mis bout à bout mais il ne perçoit pas globalement l’ensemble lui permettant de repérer les côtés de même longueur et les angles comme portions de surface.

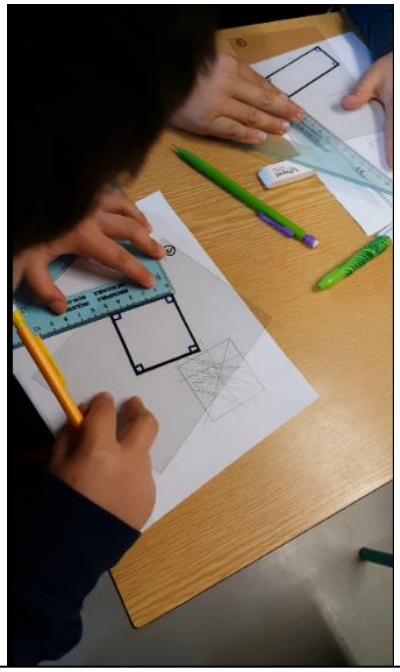
Procédure réalisée par un autre élève lors de la reproduction d'un carré :



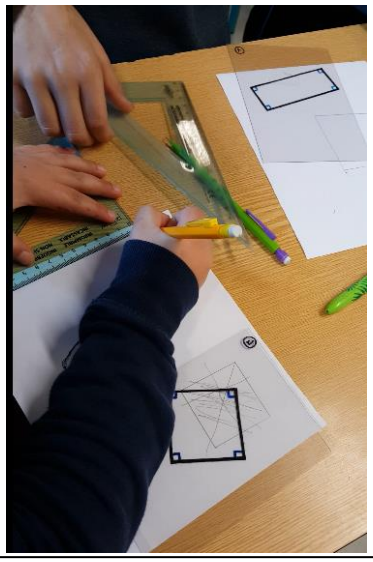
1) Après avoir mesuré le premier côté du carré, l'élève le trace.



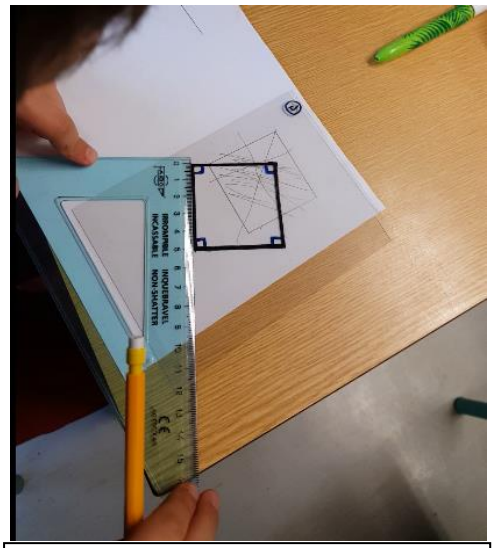
2) Il dispose le transparent sur le segment tracé pour vérifier qu'il est de la bonne longueur.



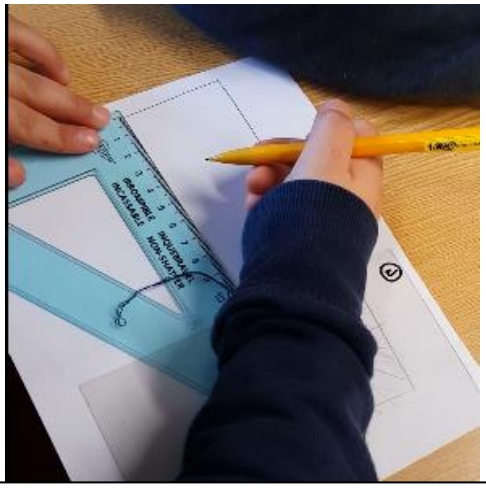
3) L'élève mesure le deuxième côté du carré.



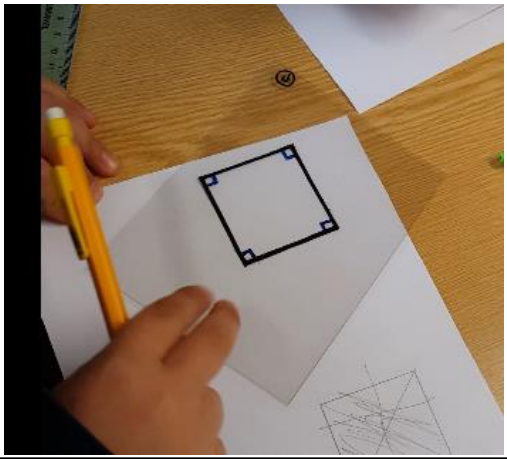
4) Sans tracer d'angle droit, il place son équerre (qui lui sert de règle graduée) parallèlement au bord de la feuille pour tracer le deuxième côté.



5) L'élève mesure le troisième coté du carré.

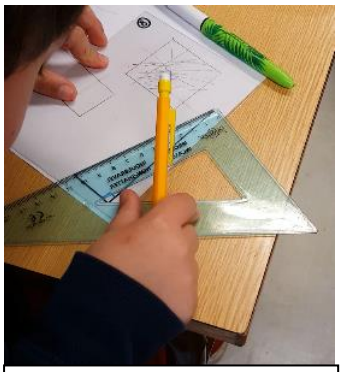


6) Il le trace, toujours sans se servir de l'équerre pour l'angle droit.
Il fait attention à la placer parallèlement au premier côté tracé.



7) Après avoir procédé de la même manière pour mesurer et tracer le dernier côté, l'élève s'auto-corrige en plaçant le transparent sur sa figure pour voir si elle est identique à celle du modèle.
Elles se superposent donc l'élève considère qu'il a réussi et s'empare d'une autre barquette pour tracer une nouvelle figure.

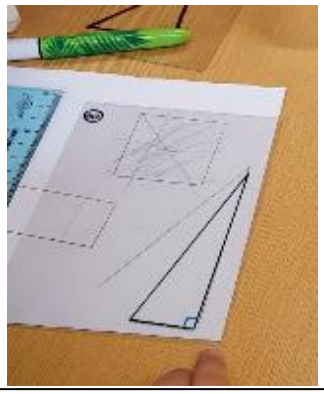
Procédure réalisée par un élève lors de la reproduction d'un triangle rectangle



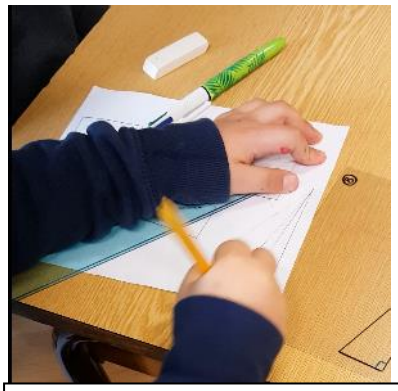
1) L'élève mesure le plus grand côté du triangle rectangle du modèle.



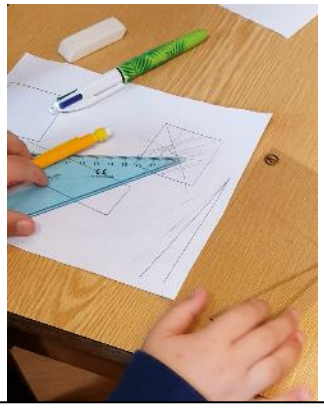
2) Il reporte ce côté sur sa feuille en procédant à « tâtons » pour la mesure de l'angle entre ce côté-ci et le côté précédemment tracé.



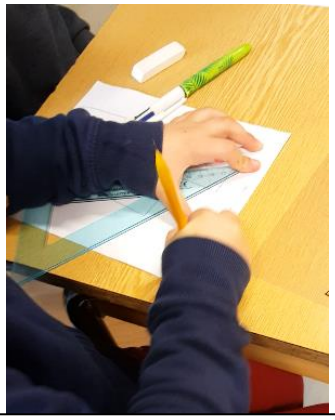
3) Il vérifie avec le transparent si le côté a été tracé au bon endroit.



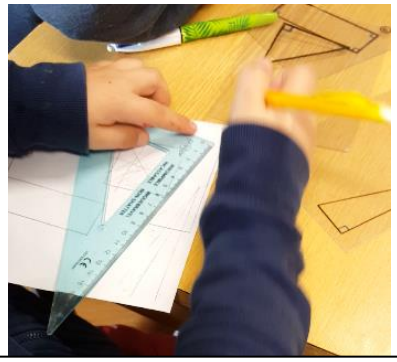
4) Ayant observé que le côté tracé ne correspondait pas du tout à celui du modèle, l'élève le gomme.



5) L'élève a tracé un nouveau côté, toujours à tâtons mais en visant un angle beaucoup plus aigu que le précédent.

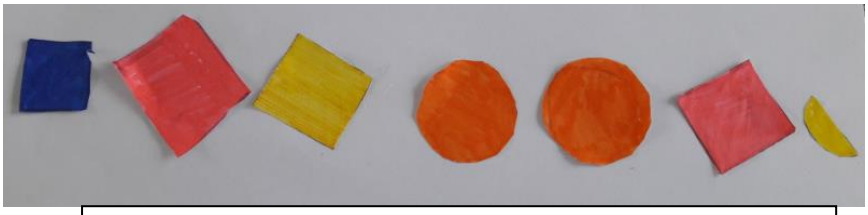


6) Ayant vu que le côté tracé ne correspondait toujours pas à celui du modèle, il gomme tout.

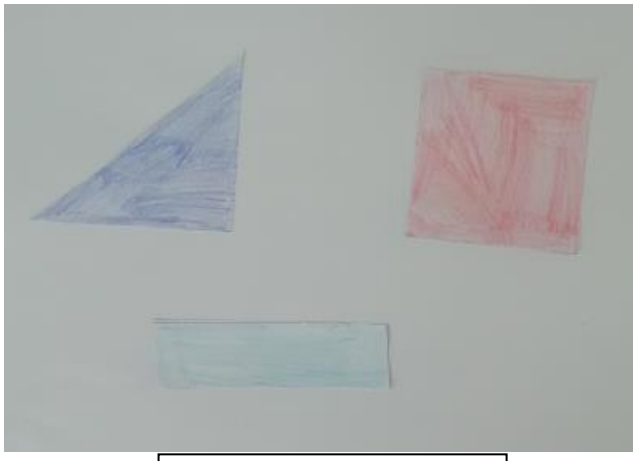


7) L'élève a compris qu'il ne pourrait tracer correctement le plus grand côté que s'il le traçait en dernier.

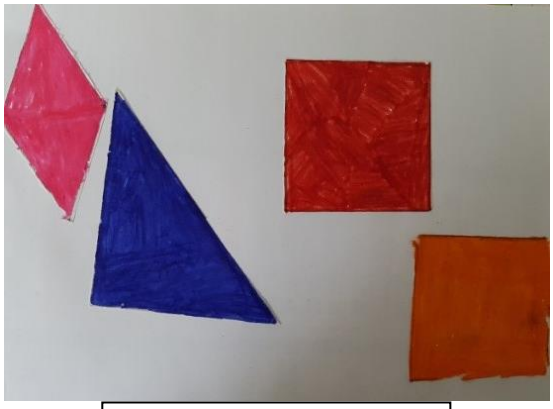
Annexe 2 : Productions d'élèves concernant le projet interdisciplinaire d'art et géométrie :



« poisson » (l'élève s'est trompé sur la couleur du demi-cercle pour le « N »)



« eau »



« œuf »



« horloge »

4ème de couverture

Résumé :

Les activités de tracé de figures géométriques planes à l'école élémentaire sont nécessaires car elles permettent aux élèves de développer des compétences spatiales et géométriques. Cependant, elles sont souvent source d'erreurs et de difficultés importantes. Ce mémoire tente d'étudier les obstacles et leurs origines auxquels les élèves, arrivés en CE2, doivent faire face. Un projet interdisciplinaire mêlant géométrie et arts plastiques est proposé avec pour objectif principal de donner un sens aux différentes activités géométriques pour permettre aux élèves de développer des compétences dans le tracé de figures planes.

Mots clés : géométrie plane – tracé de figures – obstacles – projet interdisciplinaire – arts plastiques

Summary :

The drawing of geometrical plane figures is a necessary activity in elementary schools because it enables pupils to develop spatial and geometrical skills. However, it is often a source of significant errors and difficulties. This research attempts at studying the learning obstacles and their origins which the pupils in CE2 (which is "Year 4" in the United-Kingdom) may face. It suggests an interdisciplinary project involving geometry and art which major aim is to give meaning to the various geometrical activities to enable pupils to develop skills in the drawing of plane figures.

Keywords : plane geometry – drawing of figures – difficulties – interdisciplinary project – art