HAL
open science

La restauration de figure au cycle 2

Soizic Poiret Buisson

To cite this version:

Soizic Poiret Buisson. La restauration de figure au cycle 2. Education. 2021. dumas-03578899

HAL Id: dumas-03578899

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03578899

Submitted on 17 Feb 2022

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.

Institut national supérieur du professorat et de l'éducation
Académie de Grenoble

Année universitaire 2020-2021

Diplôme universitaire *Métiers de l'enseignement, de l'éducation et de la formation*

Mention *Premier degré*

La restauration de figure au cycle 2

au service de la conceptualisation des notions d'alignement, de droite et de point

Présenté par Soizic POIRET (BUISSON)

Première partie / manuscrit rédigé(e) en collaboration avec Constance METTETAL

Écrit scientifique réflexif encadré par Marion DIEUDONNE

Sommaire

INTRODUCTION....1
1) ÉTAT DE L'ART....2
1.1) Enseigner la géométrie à l'école élémentaire....2
1.1.1 Les enjeux de l'enseignement de la géométrie....2
1.1.2 Les attentes institutionnelles en élémentaire....2
1.1.3 Les objets géométriques....3
1.1.3.1 Les figures simples....3
1.1.3.2 La droite et le point....4
1.1.4 Les relations géométriques....4
1.1.5 La déconstruction dimensionnelle....5
1.1.6 La mobilité du regard sur les figures....6
1.2) Enseigner l'alignement au cycle 2....6
1.3) L'activité de restauration de figures : un levier pour travailler l'alignement....8
1.3.1 Les figures complexes et leurs différentes voies d'analyse....8
1.3.1.1 L'analyse perceptive....8
1.3.1.2 L'analyse géométrique....9
1.3.1.3 L'analyse instrumentale....9
1.3.2 Les difficultés des élèves en reproduction de figure....10
1.3.3 Le cas de la restauration de figure....11
1.3.4 Le jeu sur les variables didactiques....12
1.3.5 La progressivité possible des activités de restauration....13
1.4) Problématique et hypothèse....14
2) ÉTUDE....15
2.1) Expérimentation....15
2.1.1 Participants et contexte de la classe....15
2.1.2 Mise en œuvre matérielle et choix des variables didactiques....16
2.1.2.1 Choix de la figure de départ....16
2.1.2.2 Présence ou non d'une amorce....16
2.1.2.3 Position de la figure de départ....17
2.1.2.4 Échelle de la re*stauration*....17
2.1.2.5 *Types de support*....17
2.1.2.6 Choix des instruments à disposition....17
2.1.2.7 *Validation de l'activité*....17
2.1.3 Présentation de la séquence et analyse à priori....18
2.1.3.1 *Structure de la séquence*....18
2.1.3.2 Activité de découverte sur le Tangram – pour information....19
2.1.3.3 Activités de découverte sur la figure pilote – pour information....20
2.1.3.4 Séances préalable et n°1 sur la figure d'entraînement - analyse à priori....20
2.1.3.5 Séance n°2 sur la figure d'entraînement- analyse à priori....22
2.1.3.6 Séance n°3 sur la figure d'entraînement - analyse à priori....23
2.2) Résultats....25
2.2.1 Présentation des résultats et analyse à posteriori....25
2.2.1.1 Contexte de la mise en œuvre....25
2.2.1.2 Séance *1 sur la figure d'entraînement – analyse à posteriori*....25
2.2.1.3 Séance 2 *sur la figure d'entraînement – analyse à posteriori*....27
2.2.1.4 *Séance 3 sur la figure d'entraînement – analyse à posteriori*....30

2.2.1.5 Analyse à posteriori de la séquence.....34
3) DISCUSSION ET CONCLUSION.....36
BIBLIOGRAPHIE.....40

INTRODUCTION

La géométrie fait partie des enseignements obligatoires à l'école primaire. Si la maternelle invite l'élève à percevoir les formes d'objets physiques en mobilisant la vue et le toucher, le passage en cycle 2 introduit progressivement la caractérisation de ces formes, l'utilisation d'un vocabulaire spatial et géométrique, de représentations graphiques et le recours aux instruments. L'évolution de la reconnaissance perceptive vers une géométrie instrumentée qui s'appuie sur les propriétés et les relations entre les objets géométriques se poursuit au cycle 3, pour construire les bases de la géométrie déductive pratiquée au collège. Plusieurs recherches reconnaissent la difficulté des élèves à s'approprier les concepts géométriques, en particulier les notions de point et de droite, ainsi que les relations entre ces objets. C'est d'ailleurs ce que j'ai pu observer dans ma classe de CE2 en travaillant sur l'alignement. A partir de ce constat, je me suis intéressée aux activités géométriques qui permettent de faire évoluer le regard de l'élève sur une figure, pour apprendre à l'analyser, à identifier les éléments qui la constituent, et leurs relations. La restauration de figure associée à un jeu sur les variables didactiques apparaît comme un levier pertinent pour faire évoluer le regard des élèves sur la déconstruction dimensionnelle. Ainsi, cette activité peut-elle constituer une aide à la conceptualisation des notions de point, de droite et d'alignement ? C'est ce que je propose d'explorer dans cette étude, en variant l'amorce et les instruments à disposition. Pour cela, une première partie théorique permettra un tour d'horizon de l'enseignement de la géométrie à l'école élémentaire, en particulier de la notion d'alignement et un état de l'art de l'activité de restauration de figure. Une fois la problématique posée, la seconde partie sera consacrée à la présentation de l'expérimentation menée dans ma classe, à ses résultats et leur analyse. Enfin, nous prendrons un peu de recul sur l'étude pour en tirer des conclusions.

1) ÉTAT DE L'ART

1.1) Enseigner la géométrie à l'école élémentaire

1.1.1 Les enjeux de l'enseignement de la géométrie

Les connaissances géométriques et spatiales sont essentielles à l'Homme pour comprendre et interagir avec son environnement, c'est pourquoi elles sont enseignées dès l'école maternelle.

Pour Perrin-Glorian (2001), l'enseignement de la géométrie répond à quatre enjeux majeurs :

- structurer l'appréhension de l'espace pour aider à sa maîtrise ;
- apprendre le raisonnement, sur des objets concrets pour les élèves, afin de développer l'appréhension des objets géométriques théoriques pour être capable de les analyser et de passer à la démonstration ;
- développer le sens esthétique, par des productions en liaison avec les arts plastiques ;
- donner des outils géométriques utilisables dans de nombreuses professions et dans la vie courante.

Ainsi cette didacticienne de la géométrie considère que l'école élémentaire doit « développer la perception géométrique et en même temps le raisonnement pour arriver à une perception raisonnée des objets de l'espace ou des figures du plan. » (M.J. Perrin-Glorian, 2001, p.4)

1.1.2 Les attentes institutionnelles en élémentaire

L'objectif de l'école élémentaire est d'amener les élèves à quitter peu à peu la géométrie des sens, de la perception globale et de l'intuition, pour accéder à la géométrie analytique des connaissances et des instruments. 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 et lexicales sur les solides et les figures planes, comme l'explicitent les programmes du Ministère de l'Éducation Nationale, de la Jeunesse et des Sports (2020).

A l'école, différentes tâches sont proposées pour travailler en particulier sur les figures géométriques planes, afin de faire émerger progressivement les concepts géométriques :

- le **tri et le classement** de figures, pour faire émerger des critères communs.

- la **reconnaissance** de figures usuelles qui peut faire appel à plusieurs procédures : la reconnaissance perceptive globale (par comparaison avec un prototype en mémoire) ; la reconnaissance perceptive analytique (en décomposant la figure) ; ou encore la reconnaissance instrumentée (avec vérification à l'aide d'instrument suite à l'analyse).

- la **description** de figure, qui nécessite la reconnaissance préalable et la mobilisation d'un vocabulaire géométrique et d'une communication organisée.

- la **construction** d'une figure d'un objet absent, à partir d'un programme de construction, d'une description en texte ou encore d'une figure à main levée.

- la **reproduction** de figure, à partir d'un modèle fourni, qui mobilise de nombreuses compétences comme nous l'évoquerons ultérieurement.

Notons que les programmes (2020) soulignent la nécessité de faire évoluer le regard des élèves sur les figures géométriques au cours de leur scolarité. Ils encouragent la reproduction de figures comme source de problèmes à résoudre pour introduire les concepts généraux géométriques, apprendre à construire avec les instruments et faire évoluer le regard sur les figures.

1.1.3 Les objets géométriques

Dans la suite de notre propos, nous utiliserons la notation 0D, 1D, 2D, 3D pour évoquer les différentes dimensions des objets géométriques dans l'espace.

1.1.3.1 Les figures simples

La notion de figure géométrique est évolutive au fil de la scolarité. Dès le cycle 1, les élèves rencontrent des objets physique (en 3D) qui correspondent à une forme avec un contour et une épaisseur. Ils peuvent laisser une trace sur une feuille qui sera progressivement perçues comme une surface (2D). Au cycle 2, ces formes deviennent des figures géométriques simples qui ont un contour et un nom, elles peuvent être représentées graphiquement. Elles peuvent être obtenues en faisant le contour d'un gabarit, tandis qu'une figure composée nécessitera l'usage de plusieurs gabarits comme l'explique Mangiante-Orsela & Perrin-Glorian (2013). Hormis le cercle, les figures simples rencontrées en élémentaire sont essentiellement des polygones, c'est à dire des figures planes limitées par une ligne brisée fermée : carré, rectangle, triangle, trapèze, losange, étoile... L'élève apprend à les reconnaître, les nommer,

les décrire, puis à les reproduire avec des instruments. Progressivement, la figure simple devient un assemblage de lignes (1D) et de points (0D) lié par des relations géométriques.

1.1.3.2 La droite et le point

En fin de cycle 2, les éléments théoriques de dimension 1 tels que les droites et les segments sont introduits. La construction des concepts de droite puis de point résulte d'un travail progressif sur la déconstruction dimensionnelle et l'évolution du regard de l'élève sur les figures planes. Ces thèmes sont détaillés en parties 1.1.5 et 1.1.6. Il faut bien comprendre que malgré leur dimension inférieure, la droite et encore plus le point sont plus complexes à appréhender que les figures en tant que surface. L'appréhension ponctuelle constitue l'aboutissement de la démarche. En appui sur le document « Figures élémentaires de la géométrie » du collège Jean Lurcat de l'Académie de Versailles, (2011), la droite et le point peuvent être présentés comme l'indique le tableau 1 suivant.

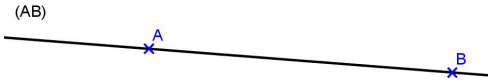
	Droite	**Point**
Représentation graphique	On représente une droite à l'aide d'un trait rectiligne. Il faut pourtant s'imaginer que la droite ne se finit pas, dans un sens ou dans un autre .	On représente un point à l'aide de deux traits qui se croisent, qui se rejoignent ou qui se touchent.
Notation	 On utilise les parenthèses pour noter les droites, autour d'une lettre minuscule (d) ou autour du nom de 2 points par lesquels elle passe (AB).	On note un point à l'aide d'une lettre majuscule d'imprimerie. Cette lettre est placée juste à côté.
Explication du concept	Une droite est illimitée, elle ne se mesure pas.	Le point est le plus petit objet de la géométrie et n'a pas de mesure.

Tableau 1 : Présentation des concepts de droite et de point

1.1.4 Les relations géométriques

Les programmes du cycle 2 introduisent les relations entre les objets géométriques, en particulier les notions de milieu, d'égalité de longueurs, d'alignement, d'angle droit et de symétrie. La relation d'alignement, qui sera développée dans ce mémoire (*Cf* partie 1.2), est

généralement abordée dans différents espaces sensibles définis par Brousseau (1993). Elle est d'abord vécue dans le méso-espace, correspondant à l'environnement immédiat, avec les objets et les personnes accessibles (par exemple la cour de récréation) puis reprises dans le micro-espace (avec des objets sur la table ou directement sur la feuille de papier). Cela aide les élèves à se construire des représentations mentales du concept géométrique. En effet, les propriétés géométriques s'appuient sur des relations spatiales visibles, d'abord perceptibles, puis mesurables à l'aide d'instruments aux cycles 2 et 3 et enfin déductibles au cycle 4. Ces relations vont ensuite être mobilisées dans les activités de construction et de reproduction, nécessitant une capacité d'analyse de la figure en jeu.

1.1.5 La déconstruction dimensionnelle

La déconstruction dimensionnelle est selon Duval et Godin (2005), la capacité à mobiliser différentes dimensions d'un objet géométrique, pour le visualiser de manière mathématique aussi bien en terme de surfaces qu'en terme de lignes.

La déconstruction dimensionnelle des formes suit une progression au fil des cycles scolaires. Elle s'appuie sur l'appréhension globale d'un solide (3D) ou d'une forme plane (2D) et nécessite l'identification progressive des parties de dimension inférieure et de leur relation : surface (2D), puis droite, segment, de dimension 1, jusqu'au point de dimension 0. La figure 1 ci-contre proposée par Perrin Glorian et al. (2013), illustre l'évolution de la définition d'un rectangle au cours de la scolarité.

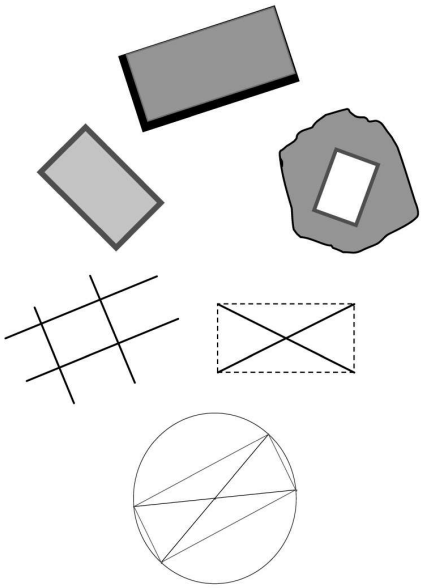


Figure 1: Différentes visions d'un rectangle

Ces auteurs précise qu' « en même temps, les instruments utilisés pour tracer le rectangle, reconstituer sa forme, évoluent et sont reliés aux différentes propriétés géométriques mobilisées » (2013, p.22). En jouant sur des instruments différents comme l'illustrent Bulf & Céli (2016), on permet donc aux élèves d'entrer progressivement dans la déconstruction dimensionnelle qui est une condition pour l'explicitation des connaissances géométriques.

1.1.6 La mobilité du regard sur les figures

Selon M.-J Perrin-Glorian, les difficultés observés chez les collégiens en géométrie « viennent autant de ce qu'ils ne voient pas sur la figure et qu'ils auraient besoin de voir que de ce qu'ils lisent sur la figure sans le démontrer. » (2001, p.3). Acquérir une certaine flexibilité du regard sur les figures, c'est être capable d'activer la déconstruction dimensionnelle pour passer d'une vision à l'autre avec des va-et-vient fréquents entre les différents niveaux de dimension (vision surfaces, vision lignes, vision points), selon les besoins. Le site LéA Géométrie préconise également l'acquisition de cette mobilité du regard, qui permet à l'élève de mieux appréhender les différentes composantes de la figure et les relations entre elles, tout en enrichissant la signification des mots : le nom de la figure évoque toutes les propriétés qui le caractérisent.

1.2) Enseigner l'alignement au cycle 2

D'un point de vue théorique, la notion d'alignement est intimement liée à celles de droites et de points. En effet, trois points alignés forment une droite et une droite est un ensemble de points alignés. Ainsi, comment parler d'alignement lorsque les notions de point et de droite ne sont pas conceptualisées ?

Enseigner l'alignement nécessite de s'appuyer sur une progression, comme évoqué précédemment (Cf partie 1.1.4). La première approche peut donc consister en une activité d'alignement de plots dans le méso-espace de la cour, validée par la visée ou une corde tendue. Cette situation d'alignement peut ensuite être modélisée sur le tableau noir, avec au moins trois aimants à aligner, et se valide alors avec la règle. Le passage au micro-espace amène à proposer sur feuille des exercices de repérage d'alignement de points et / ou de segments dans différentes figures géométriques. Pour des élèves de CE2, l'utilisation de la règle non graduée est préconisée par les programmes pour repérer et produire des alignements. Elle permet à l'élève de prolonger des segments, de joindre des points ou encore de tracer des traits. La notion d'alignement est par la suite réinvestie dans des problèmes de construction et de reproduction. On s'aperçoit que les procédures des élèves sont modifiées selon la taille de l'espace proposé, qui constitue une variable didactique en géométrie.

L'appropriation de cette relation géométrique n'est pas forcément aisée pour les élèves. Ils peuvent avoir du mal à faire la distinction entre l'objet géométrique (la droite qui est illimitée)

et sa représentation (trait rectiligne qui a deux extrémités). Un point peut appartenir à une droite même s'il n'est pas sur la ligne tracée, comme l'illustre la Figure 2 ci-dessous.

Figure 2 : Représentation d'un point appartenant à la droite (d)

D'autres obstacles sont liées à la reconnaissance d'alignement dans des cas non prototypiques (horizontaux ou verticaux) ou intégré à une figure complexe, où l'élève a du mal à isoler les objets géométriques aux autres éléments de la figure.

Des difficultés lexicales peuvent également intervenir : les termes « alignés » et « droite » n'apparaissent pas spontanément dans le vocabulaire des élèves. « Aligné » signifie littéralement sur la même ligne et pas sur la même droite. Selon la situation, l'élève peut lui-même se prendre en compte dans l'alignement. Enfin, les élèves peuvent confondre alignement de points et alignement de segments mais aussi « aligné » et « à proximité ».

Différents moyens existent pour produire ou vérifier des alignements au cycle 2, notamment en fonction de l'espace de travail : la règle, le gabarit ou un objet technique ayant un bord rectiligne (par exemple un kapla), un pli en deux parties superposées d'un papier, une ficelle tendue, une visée à l'œil ou une trajectoire rectiligne par exemple. Suivant les cas, comme l'expose Keskessa et al., (2007), on peut choisir de restreindre les instruments à ceux qui sont indispensables ou laisser plus de possibilités, ouvrant ainsi l'éventail des procédures attendues. Le jeu sur les outils doit être suivi d'un temps de langage pour s'approprier les procédures de résolution et le vocabulaire spécifique.

1.3) L'activité de restauration de figures : un levier pour travailler l'alignement

1.3.1 Les figures complexes et leurs différentes voies d'analyse

Une figure complexe (ou composée) est une figure géométrique plane sur laquelle il est possible de reconnaître de manière perceptive, de nommer et d'identifier plusieurs figures planes simples.

L'objectif des activités mettant en jeu des figures complexes permettent d'amener les élèves :

- à analyser des figures (prendre des informations sur un modèle à restaurer ou à reproduire, percevoir des alignements, repérer des sommets à l'intersection de deux droites, savoir décomposer et recomposer des figures)
- à mettre en place une démarche de résolution de problème afin de développer les capacités à observer, chercher et raisonner dans le domaine spécifique de la géométrie.

La première étape dans la reproduction d'une figure est l'analyse du modèle lui-même. Cette phase peut se faire selon au moins trois voies, selon R.DUVAL et M. GODIN (2005), comme présenté ci après.

1.3.1.1 L'analyse perceptive

C'est la voie d'analyse prédominante chez les élèves en élémentaire, elle se fait en fonction des formes reconnues et des propriétés visuelles de ces formes. Le regard n'identifie que les formes 2D (surface et leur contour fermé). Toutefois, l'assemblage des formes constituant une figure peut être perçu comme une juxtaposition (autant de forme que de contours fermés) ou une superposition (moins de formes que de contours fermés), comme l'illustre la figure 3 ci-dessous, extraite de l'étude de R.DUVAL et M. GODIN (2005).

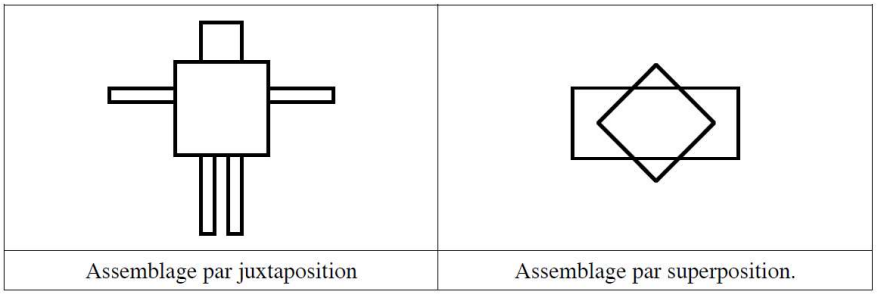


Figure 3 : Deux types d'assemblage figural de formes 2D

L'assemblage figural de gauche incite le lecteur à voir l'icône d'un personnage, mais une activité de prolongement des tracés peut aider à la percevoir comme un assemblage par superposition. Quant à celle de droite, le changement de regard pour la visualiser comme un assemblage par juxtaposition nécessite le recours à des manipulations physiques de gabarits ou une action de coloriage des formes unitaires. La figure 4 présente l'inversion du type d'assemblage et aide à comprendre le changement de regard possible.

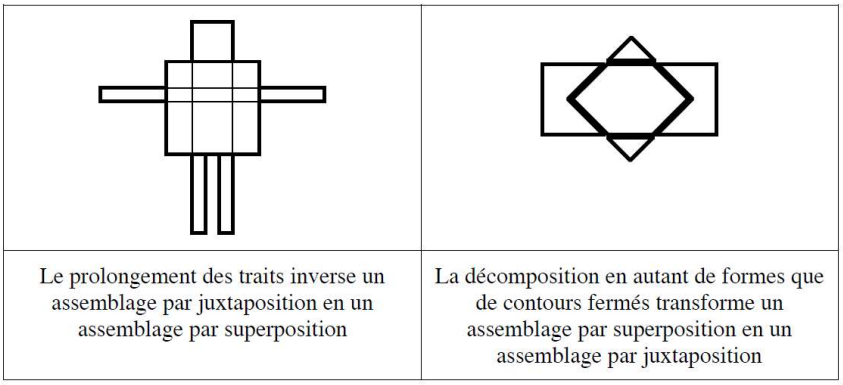


Figure 4 : Changement de regard et inversion du type d'assemblage

1.3.1.2 L'analyse géométrique

Cette voie est celle principalement enseignée en élémentaire : elle s'appuie sur les hypothèses données (informations codées sur la figure par exemple) et la connaissance des propriétés géométriques. L'analyse géométrique implique généralement des relations sur les unités 1D et « présuppose la déconstruction dimensionnelle des représentations visuelles que l'on veut articuler aux propriétés géométriques » (2005, p.11). Elle constitue souvent un obstacle dans le rapport aux figures des élèves.

1.3.1.3 L'analyse instrumentale

Le recours à des instruments pour vérifier sa perception puis reproduire la figure offre une troisième voie d'analyse possible. R.DUVAL et M. GODIN (2005) proposent en figure 5 une classification des instruments en distinguant le type de manipulation associée. Le passage des instruments I aux instruments II « constitue un saut cognitif considérable », puisque ces derniers impliquent des « gestes uniquement techniques » pour produire des tracées rectilignes ou curvilignes. Ainsi « les outils de traçage permettent l'assemblage par superposition de forme 2D » (2005, p.12).

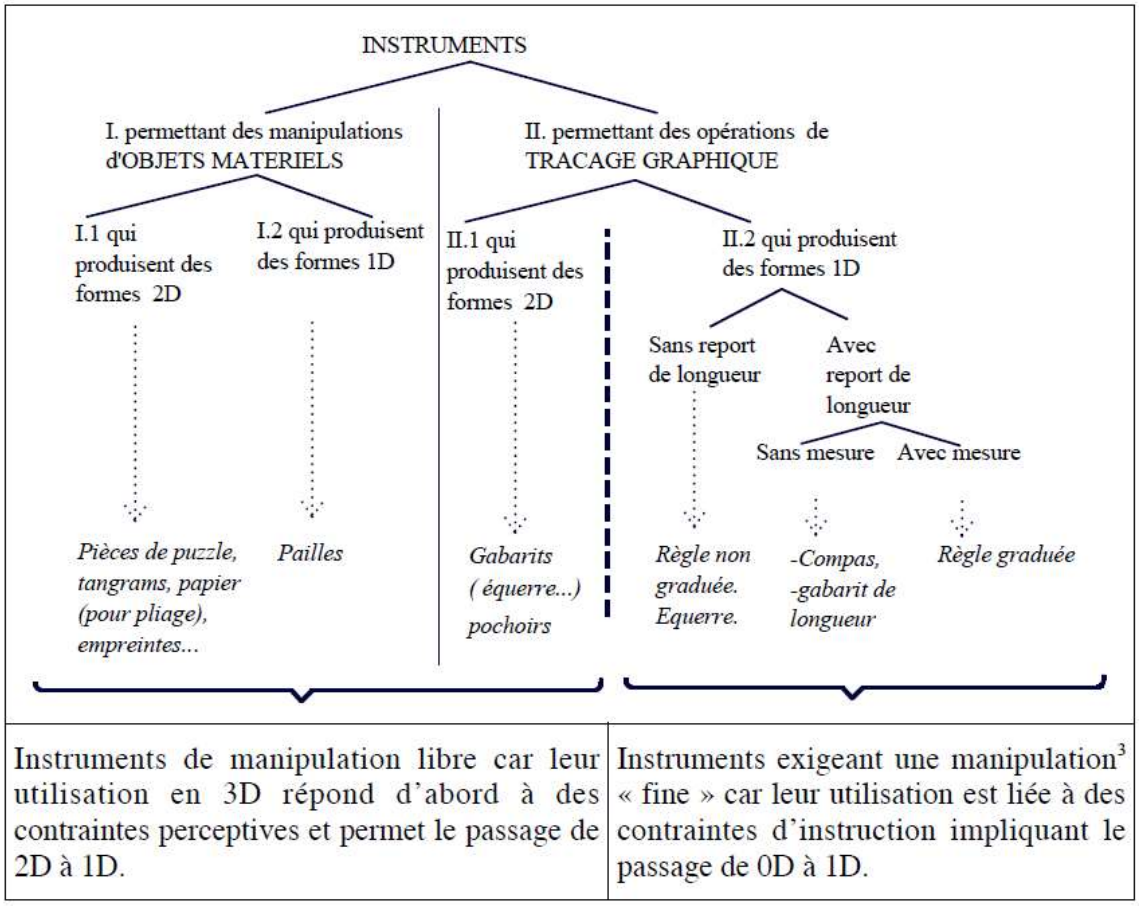


Figure 5 : Classification des instruments de construction ou de production de forme

Ainsi, le choix de l'instrument à disposition pour reproduire une figure conduit l'élève à isoler visuellement soit des formes 2D soit des formes 1D et influe donc sur son regard sur la figure. La possibilité de mesurer ou non entraîne aussi le type de procédure : numérique ou géométrique.

1.3.2 Les difficultés des élèves en reproduction de figure

Une fois la figure modèle analysée, l'élève peut se lancer dans sa reproduction. Si l'on se réfère à Nivôse BOULEAU (2001), la reproduction de figure mobilise la perception, le traçage et la planification. Dans la réalisation de ces tâches, l'élève peut être confronté à des difficultés. Tout d'abord le repérage des figures simples constituant la figure complexe peut être problématique si l'élève n'a pas stocké de figures prototypiques correspondant à celles à repérer ou si elles sont trop éloignées de la représentation qu'il s'en fait, ou encore s'il ne parvient pas à les isoler. Par ailleurs, le modèle à reproduire peut cacher des « sur-figures », c'est à dire des figures qui ne sont pas totalement tracées et qui englobent des figures de base.

Ensuite, certaines reproductions nécessitent d'établir une chronologie des tracés, qui suppose une construction mentale d'au moins une partie de la figure. Enfin, le tracé en lui-même peut constituer une difficulté liée à la manipulation des outils, ou à la conception incomplète de l'instrument (par exemple penser qu' un compas sert uniquement à tracer des cercles alors qu'il permet aussi de reporter des longueurs). La méconnaissance des propriétés d'une figure à tracer et la confusion des représentations des objets géométriques peuvent également influer sur le tracé.

1.3.3 Le cas de la restauration de figure

Les situations de reproduction de figure proposées dans les manuels de mathématiques se présentent souvent comme un problème à résoudre ou un défi, et constituent une activité stimulante pour les élèves. De plus, la validation de ce type d'activité est plutôt aisée puisque l'élève peut comparer sa reproduction au modèle et avoir un feed-back immédiat et autonome.

Dans le cas de la restauration de figure, on propose un problème de reproduction de figure, associé à des contraintes sur l'échelle et l'orientation de la reproduction, sur les instruments disponibles et souvent à partir d'une amorce, c'est à dire à partir d'une partie de la figure déjà reproduite. Ces contraintes incitent l'élève à chercher les points communs entre l'amorce et le modèle, et à réfléchir à la stratégie à adopter. Dans le cas de la reproduction de figure sans amorce, l'élève peut avoir tendance à se lancer dans la tâche sans analyser véritablement la figure modèle, en s'appuyant uniquement sur sa perception initiale. La restauration de figure s'appuie donc sur le choix de variables didactiques définies en fonction des compétences à travailler, car elles vont orienter la procédure de résolution. Elle rend aussi nécessaire l'identification des relations géométriques telles que l'alignement de segments et/ou points, les égalités de longueur, et implique le prolongement de lignes pour chercher des intersections. En ce sens, cette activité mobilise le changement de regard de l'élève pour visualiser les composantes élémentaires de la figure dans toutes ses dimensions et sollicite entre autres le repérage d'alignement.

1.3.4 Le jeu sur les variables didactiques

Les connaissances géométriques à mettre en jeu ainsi que le type de tâche à réaliser dans un problème de reproduction de figure sont largement influencés par les variables didactiques suivantes :

- choix de la figure de départ ;
- position de la figure de départ ;
- échelle de la reproduction identique ou différente ;
- type de support : papier uni, pointé, quadrillé ;
- choix des instruments à disposition ;
- présence ou non d'une amorce.

La variation d'un ou plusieurs de ces paramètres engendre un changement de procédure de résolution utilisable par l'élève. Par ce biais, le jeu sur les variables didactiques telles que les instruments et les supports par exemple permet de faire évoluer le regard sur les figures et d'accéder à des connaissances géométriques en lien avec la déconstruction dimensionnelle et les propriétés des figures.

Illustrons nos propos avec l'exemple de Duval et Godin (2005) sur le choix de la variable des instruments. Ils expliquent qu'au cycle 2 les élèves doivent apprendre à tracer des figures en utilisant les instruments conventionnels. Or, pour eux une telle utilisation ne peut les rendre sensibles aux contraintes géométriques internes aux figures reproduites ou construites que s'ils peuvent déconstruire visuellement les formes 2D en éléments 1D. «Cette déconstruction dimensionnelle, qui est cognitivement très complexe, ne semble pas pouvoir être acquise par la seule utilisation d'instruments produisant des éléments 1D» (2005, p.22). Il est donc pertinent d'utiliser divers outils qui produisent des formes de différentes dimensions, comme présentées sur la figure 5.

Dias & Durand-Guerrier (2005) attirent notre attention sur l'état du matériel à disposition et la nécessité d'adapter les attentes, car ces instruments géométriques impliquent une maîtrise suffisante de la motricité, un contrôle du geste.

1.3.5 La progressivité possible des activités de restauration

Outre les multiples compétences en jeu dans les situations de restauration de figures, l'élève peut se heurter à divers obstacles. Par exemple, l'identification des figures simples composant la figure à reproduire ou des relations géométriques en jeu. Un autre frein est la planification des étapes de construction. Enfin, le recours aux instruments peut aussi poser problème dans leur choix et leur utilisation.

Afin de faciliter l'ouverture progressive du regard de l'élève sur les figures, une progressivité dans les activités de reproduction de figure est possible. C'est d'ailleurs la démarche mise en œuvre sur le site de LéA Géométrie.

Au cycle 2, M.-J Perrin-Glorian propose de travailler d'abord sur « la reproduction de figures à l'aide de pièces toutes construites que l'on déplace, type Tangram. » (2001, p.11). Le tangram est un puzzle géométrique d'origine chinoise constitué de sept polygones usuels, qui constitue un outil d'apprentissage de la décomposition de figures complexes en figures simples, et qui permet l'appropriation des propriétés de ces figures simples et la recherche de relation d'égalité de longueur ou d'alignement par exemple. Le passage par la manipulation développe chez l'élève une méthodologie de travail, le goût de la recherche tout en ayant la possibilité d'essais multiples et favorisant l'entrée progressive dans l'abstraction et l'auto-évaluation. Cette première phase peut faire intervenir une vision de la figure par juxtaposition des pièces, mais également avec des chevauchements pour inciter à imaginer les parties cachées. Cela introduit efficacement « la reconnaissance de figures simples à extraire d'une figure plus complexe où il y a superposition. » (2001, p.11).

En parallèle, l'utilisation de gabarit dont on a cassé les coins pour restaurer une figure oriente à prolonger des lignes pour reproduire le modèle. L'étape suivante consiste à « travailler la recherche d'éléments cachés (Figure 6) et retrouver des lignes pour compléter des figures. (Figure 7) » (2001, p.11). L'introduction du langage approprié par la verbalisation et l'explicitation des procédures et propriétés utilisées est essentielle à chaque étape.

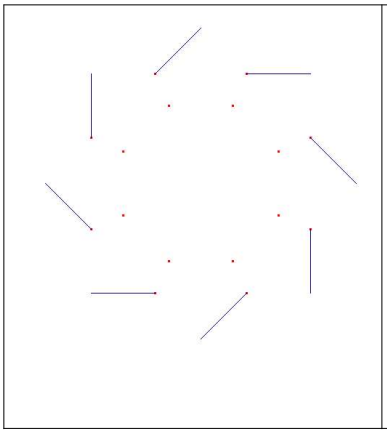


Figure 6 : cercles et carrés cachés

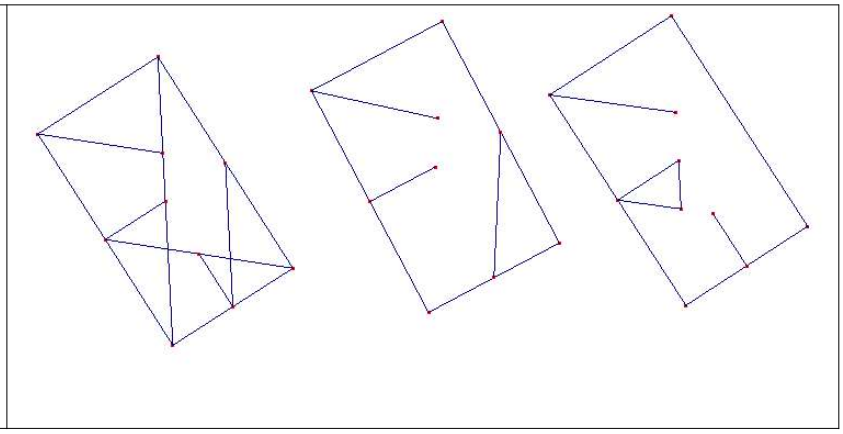


Figure 7 : Recherche de lignes manquantes

1.4) Problématique et hypothèse

Le constat de la difficulté de mes élèves à comprendre et utiliser la relation d'alignement en début d'année m'a conduite à m'interroger sur les manières de faire évoluer leur regard sur les figures géométriques. Au fil des lectures d'articles de recherche en géométrie pour enrichir le présent état de l'art, l'activité de restauration de figure est apparue comme un outil pertinent pouvant être mis en œuvre de manière extrêmement variée. Ainsi, ce mémoire questionne le **choix de la restauration de figures complexes pour aider des élèves de CE2 à mieux conceptualiser les notions géométriques d'alignement, de droite et de point.**

Je formule l'hypothèse que les activités de restauration d'une figure complexe aide l'élève à faire évoluer son regard sur la figure en activant la déconstruction dimensionnelle. De plus, la variation des amorces proposées et des instruments à disposition l'incite à identifier et mobiliser les relations géométriques en jeu, en particulier l'alignement.

2) ÉTUDE

2.1) Expérimentation

2.1.1 Participants et contexte de la classe

L'expérimentation est menée dans une classe de CE2 de 22 élèves dont 16 garçons, âgés de 8 à 9 ans lors de l'expérimentation en mars 2021. Le niveau de la classe est plutôt hétérogène en mathématiques, avec trois élèves très à l'aise et quatre autres en difficulté sur la compréhension des consignes en général et la mise au travail (lenteur). A noter qu'un élève a été absent lors de la dernière séance de l'expérimentation.

Suite aux préconisations institutionnelles, j'ai proposé en début d'année scolaire quelques fiches de révisions, notamment une en géométrie sur la notion d'alignement de points, où il fallait trouver 3 points alignés parmi plusieurs et tracer la droite passant par ces points. J'ai été surprise lors de la correction par le fait que certains élèves n'utilisaient pas la règle pour repérer et tracer et aussi du fait que la ligne tracée reliait souvent seulement deux points au hasard et non trois comme demandé dans la consigne. Près de la moitié de la classe ne semblait pas à l'aise avec cette notion. Puis lors de l'étude des carrés et rectangles du fichier « Vivre Les Maths en CE2», j'ai constaté que de nombreux élèves ne parvenaient pas à identifier l'ensemble de ces figures usuelles imbriquées dans une figure composée, et j'ai compris la nécessité de leur apprendre à changer de regard sur les figures, en lien avec mes lectures d'articles scientifiques pour la construction du présent mémoire. Dans cette optique, j'ai instauré un rituel « Le problème du jour » basé sur l'analyse en termes géométriques de photographies de la vie courante (source : m@ths en-vie), qui a permis une mise en réflexion motivante et l'observation de progrès chez certains élèves. La démarche expérimentale du présent document intervient dans ce contexte de classe afin de proposer des situations d'apprentissage enrichissantes autour de la reconnaissance de l'alignement. Au moment de l'expérimentation, avaient été abordées en classe les thématiques suivantes en géométrie plane : le milieu d'un segment, les polygones, les angles droits, les carrés, les rectangles, les triangles et les cercles. De plus, une activité sur les triangles avait été menée selon la démarche du site LéA Géométrie, notamment avec l'utilisation de gabarits grignotés.

2.1.2 Mise en œuvre matérielle et choix des variables didactiques

2.1.2.1 Choix de la figure de départ

Deux figures complexes serviront principalement dans la séquence expérimentée :

- la **figure pilote** (*Figure A*) est issue de la démarche « triangles sur quadrilatère » proposée sur le site LéA Géométrie. Elle servira pour les phases collectives de découverte.
- la **figure d'entraînement** (*Figure B*) a été construite en s'appuyant sur la trame de la figure 30 de Keskessa & al (2007). Elle sera utilisée pour la recherche individuelle et la trace écrite.

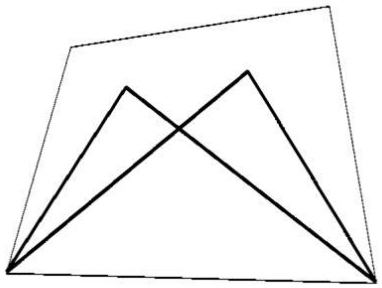
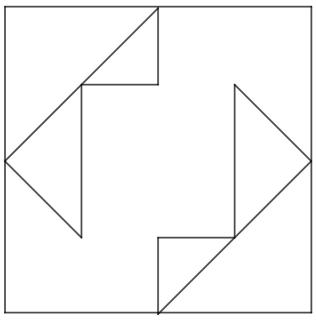
	

Figure A : figure pilote	*Figure B : figure d'entraînement*

Figure 8 : Figures complexes proposées dans la séquence

Dans les deux cas, les figures proposées respectent les quatre critères suivants préconisés par R.DUVAL et M.GODIN (2005). D'une part, la figure composée est un assemblage de formes par juxtaposition ou par superposition, et non pas seulement une figure usuelle. De plus, les assemblages de formes respectent des alignements. D'autre part, le choix de la figure est lié au type d'instrument associé pour la reproduire ou la restaurer. Et enfin, l'élève peut contrôler à la fin de sa reproduction l'égalité de sa figure par superposition d'un calque de la figure modèle à la même échelle.

2.1.2.2 Présence ou non d'une amorce.

Afin d'orienter la procédure de restauration et de mobiliser progressivement le regard de l'élève dans diverses dimensions (2d / 1d / 0d), j'ai choisi de proposer une amorce différente pour chaque activité. La figure modèle sera disposée sur la même feuille que l'amorce pour éviter toute superposition directe au cours de la restauration.

2.1.2.3 Position de la figure de départ

La figure A n'est pas prototypée et sa position de départ aura peu d'influence sur la procédure de l'élève. En revanche la figure B a un contour extérieur carré, et sa position de départ peut influencer la vision perceptive initiale. L'objet étant ici de travailler principalement sur la perception et la reconnaissance d'alignements, la position de l'amorce sera similaire à celle du modèle et constante au fil des séances pour ne pas complexifier la tâche.

2.1.2.4 Échelle de la restauration

Dans un premier temps, l'amorce sera proposée dans la même dimension que le modèle, notamment pour le travail avec des gabarits, pour pouvoir positionner ceux-ci sur le modèle et trouver comment les placer ensuite sur l'amorce. Dans un second temps, l'échelle de l'amorce pourra être différente de celle du modèle, pour inciter à rechercher les relations géométriques au sein de la figure, sans utiliser les reports de longueur.

2.1.2.5 Types de support

Dans la plupart des manuels de CE2 consultés, les figures complexes à reproduire sont proposées sur un support quadrillé. Je prends le parti de proposer un support uni pour éviter les mesures de longueur en comptant les carreaux ou la réalisation d'angle droit en tenant compte du quadrillage, et pour inciter l'élève à prolonger les segments et créer lui-même une trame de la figure.

2.1.2.6 Choix des instruments à disposition

Afin de s'affranchir des procédures de report de longueur et des risques d'erreurs de mesures, la règle graduée ne sera pas autorisée. Seule une règle non graduée plastifiée à bouts arrondis sera à disposition des élèves pour permettre les tracés rectilignes et la vérification d'alignement sans pouvoir tracer des angles droits. Des gabarits de formes usuelles (en papier cartonné plastifié) seront également disponibles pour la première séance, et réutilisé pour l'un d'entre eux en deuxième séance avec 2 angles grignotés.

2.1.2.7 Validation de l'activité

La validation de la restauration pourra être faite de manière autonome par l'élève, qui aura accès pour chaque activité à un calque avec la figure modèle à l'échelle de l'amorce, pour

pouvoir le superposer à son travail et s'auto-évaluer (4ème critère de Duval & Godin, 2005).

2.1.3 Présentation de la séquence et analyse à priori

2.1.3.1 Structure de la séquence

La séquence conçue s'appuie sur des activités de restauration de figure complexe, afin de travailler la relation d'alignement. Pour amener les élèves à changer leur regard en terme de déconstruction dimensionnelle, un même modèle de figure complexe leur est soumis à chaque étape, avec une consigne constante, mais avec des objectifs progressifs et induits en jouant sur deux variables : l'amorce et les instruments disponibles.

La consigne (inspirée de la démarche du site LéA Géométrie) est identique pour chaque séance et sur chaque figure : « **A partir de l'amorce donnée et avec les instruments à disposition** (gabarits et/ou règle non graduée), **reproduisez la figure modèle. Lorsque vous aurez terminé, vous validerez votre reproduction avec le calque du modèle disponible sur la table en fond de classe, puis vous écrirez vos étapes de construction**.»

Le tableau 2 présente la séquence et les activités associées à chaque séance.

Objectif de la séquence : Reconnaître et utiliser des alignements	**Dimension mobilisée**	**Phase de découverte (25')**	**Phases d'entraînement (10') et de structuration (15')**
Séances et valeurs de la variable didactique « instrument »		Analyse collective orale, manipulation et tracé individuel guidé, bilan oral collectif. **Sur la figure A**	Réinvestissement individuel, correction par un élève au tableau, bilan collectif et trace écrite individuelle. **Sur la figure B**
Séance préalable Utiliser des gabarits juxtaposés	2D	Activité Tangram	Activité S1a
Séance 1 Utiliser des gabarits superposés	2D et 1D	Situation 1	Activité S1b
Séance 2 Utiliser des gabarits grignotés	1D et 0D	Situation 2	Activité S2
Séance 3 Utiliser la règle non graduée	1D et 0D	Situation 3	Activité S3

Tableau 2 : Présentation de la séquence

Les modalités présentées induisent une progression des objectifs d'apprentissage avec d'abord un travail de reconnaissance d'alignements de segments sur une même droite, puis

d'alignement d'un segment et d'un point, ensuite d'alignement de plusieurs points, pour passer progressivement d'une dimension à l'autre.

Outre la production d'un travail précis et soigné, les compétences en jeu sont les suivantes :

- Reconnaître et utiliser la notion d'alignement pour restaurer une figure ;
- Comprendre et utiliser le vocabulaire approprié (côté, sommet, segment, droite, point, alignement) ;
- Utiliser la règle pour tracer et repérer des alignements.

Idéalement des évaluations diagnostiques et sommatives devraient encadrer la séquence développée pour pouvoir s'assurer de ses bénéfices. Cependant la limitation du cadre de l'expérimentation ne permettra pas de les intégrer à l'analyse. De même, les activités de découverte et de la séance préalable ne seront présentées que succinctement. L'analyse de la séquence portera sur les activités des séances 1, 2 et 3 sur la figure d'entraînement.

2.1.3.2 Activité de découverte sur le Tangram – pour information

Lors de la séance préalable, la phase de découverte propose trois défis aux élèves, afin de les familiariser avec la notion de figure complexe, réactiver le vocabulaire géométrique, et s'entraîner à reproduire une figure à l'aide des instruments de la séquence. Sur le principe du Tangram, l'activité s'appuie sur la manipulation de pièces géométriques simples à agencer pour former un carré de différentes manières.

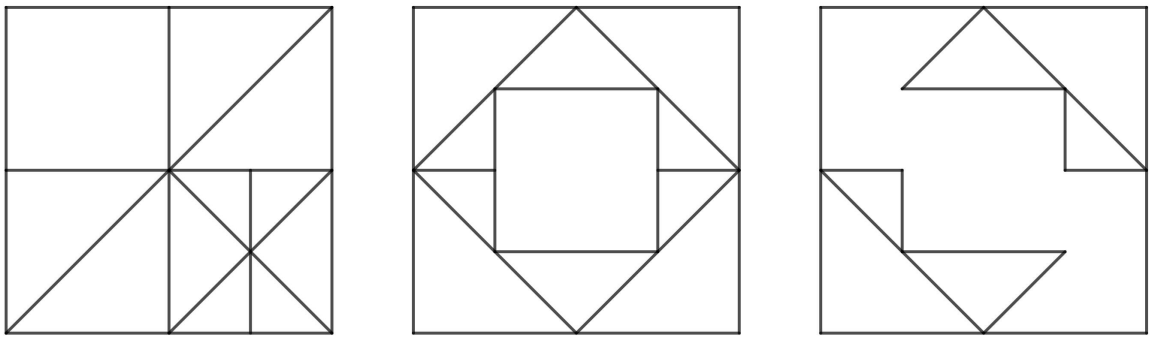


Figure 9 : Activité Tangram - quelques agencements possibles avec les pièces proposées et lien avec la figure B de la séquence.

L'un des défis consiste à reproduire une figure complexe créée à l'aide des pièces du Tangram (équivalentes à des gabarits) et d'une règle non graduée. La figure d'entraînement de la

séquence (figure B) peut être construite à l'aide de certaines pièces de ce Tangram. La fiche proposée et complétée par un élève lors de cette activité est jointe en annexe 1.

2.1.3.3 Activités de découverte sur la figure pilote – pour information

La démarche « triangles sur quadrilatère » réalisée en phase de découverte au début de chaque séance sur la figure pilote est reprise du site LéA Géométrie. Pour mémoire, la figure modèle (A) reste la même (présentée en partie 2.1.2 .1 figure 8) tandis que les amorces et instruments disponibles pour chaque situation évoluent comme le présente le tableau 3.

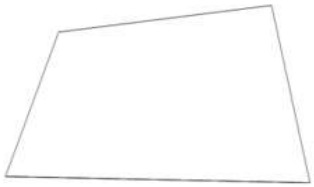
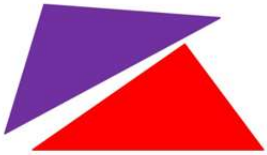
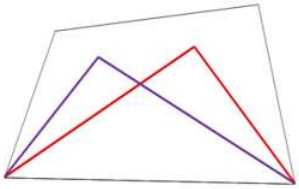
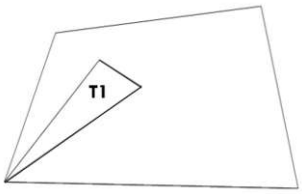
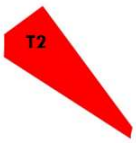
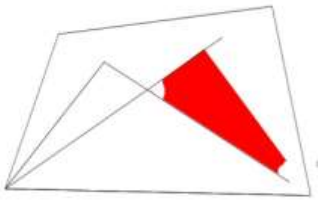
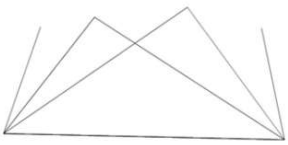
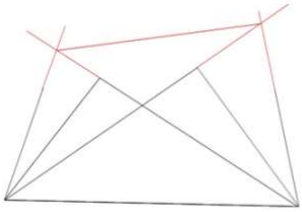
Amorce	Instruments disponibles	Procédure pour restaurer la figure A
Séance 1 : Situation 1 	1 règle non graduée et 2 gabarits grands triangles 	Gabarits posés avec chevauchement : 
Séance 2 : Situation 2 	1 règle non graduée et 1 gabarit triangle T2 grignoté 	Prolonger les côtés du triangle T1 pour placer le gabarit, tracer et prolonger 
Séance 3 : Situation 3 	1 règle non graduée	Prolonger les côtés du quadrilatère et des triangles pour trouver les sommets 

Tableau 3 : Les trois situations de découverte proposées sur la figure pilote (A)

2.1.3.4 Séances préalable et n°1 sur la figure d'entraînement - analyse à priori

Objectif **:** Restaurer une figure complexe en utilisant des gabarits (passage 2D en 1D)

Remarque : En pratique, l'activité a été scindée en deux : l'*activité S1a* avec les gabarits triangles a été proposée lors de la séance préalable à la suite de l'activité Tangram (pièces à juxtaposer) tandis que l'*activité S1b* avec les gabarits quadrilatères a été proposée en séance 1, à la suite de la situation 1 avec la figure pilote A (gabarits à superposer).

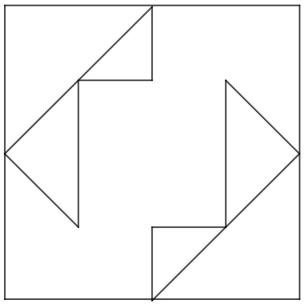
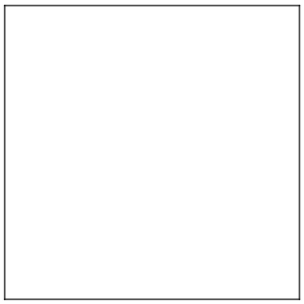
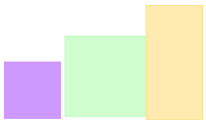
		Une règle non graduée et S1a) 3 gabarits triangles T1, T2, T3 (échelle non respectée) → vision juxtaposée S1b) 3 gabarits quadrilatères Q1,Q2,Q3 (échelle non respectée) → vision superposée 
Modèle (Figure B)	**Amorce**	**Instruments disponibles**

Tableau 3 : Modèle et variables des activités S1a et S1b – figure d'entraînement

Procédures attendues:

→ *Activité S1a* : avec les gabarits triangles, l'élève peut les disposer directement sur le modèle pour vérifier leur position puis les poser sur l'amorce de la même manière. Ensuite il trace le contour de chaque pièce. Certains pourront disposer directement les triangles sur l'amorce par tâtonnement, ou avoir repéré que le côté du triangle T3 est collé aux cotés des 2 autres triangles.

→ *Activité S1b* : avec les gabarits carrés et rectangle, l'élève peut procéder de même en les plaçant sur le modèle pour trouver le maximum de correspondances entre les contours du gabarits et la figure. Il peut aussi essayer de former une figure sur l'amorce par chevauchement des gabarits qui permet de dessiner les figures « simples » de la figure modèle.

Difficultés attendues :

*U*tiliser le gabarit pour tracer, positionner dans le bon sens le gabarit, sans passer par la figure modèle au préalable pour valider sa position, ne pas tenter le chevauchement des gabarits, ne pas se représenter mentalement les parties de la figure cachées ou à effacer pour le cas des gabarits superposés.

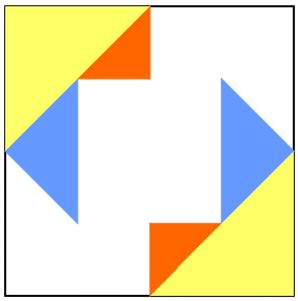
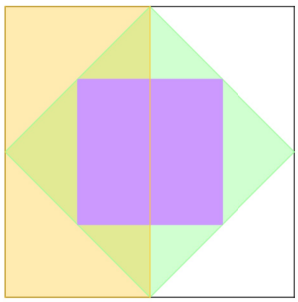
	
Gabarits triangles T1, T2, T3 sur l'amorce **Assemblage par juxtaposition** (en 2 fois)	Gabarits quadrilatères Q1,Q2,Q3 sur l'amorce - **Assemblage par superposition**

Figure 9 : Assemblages des gabarits lors des séances S1a et S1b

Différenciation envisagée :

Rappeler la possibilité de placer d'abord les gabarits sur le modèle pour trouver leur position, et la reproduire ensuite sur l'amorce. Les gabarits peuvent se chevaucher. Certaine lignes des contours du gabarit peuvent être effacées.

Trace écrite prévue : La fiche bilan complétée donnée aux élèves est jointe en annexe 4.

→ *Activité S1a :* Dans cette figure complexe, on peut voir des triangles de différentes tailles : deux petits (T1), deux moyens (T2), et deux grands (T3). Un des côtés de T1 et un des côtés de T2 forment ensemble un côté du grand triangle T3. Les gabarits sont ici juxtaposés.

→ *Activité S1b_:* Dans cette figure complexe, on peut voir trois quadrilatères : un petit carré Q1, un moyen carré Q2, et un rectangle Q3. Parfois il faut effacer une partie de leur côté pour pouvoir reproduire la figure à l'identique. Les gabarits sont ici superposés.

2.1.3.5 Séance n°2 sur la figure d'entraînement- analyse à priori

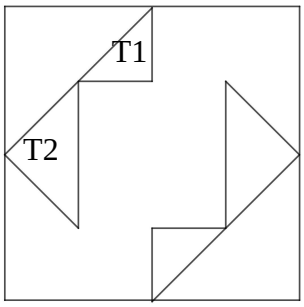
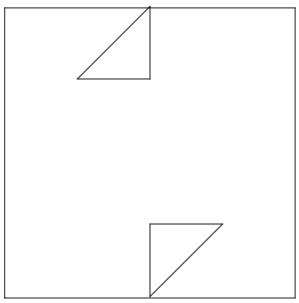
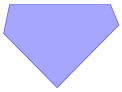
		- règle non graduée - 1 gabarit triangle T2 grignoté 
Modèle	**Amorce**	**Instruments disponibles**

Tableau 4 : Modèle et variables de la séance 2 – figure d'entraînement

Objectif : **r**estaurer une figure complexe en repérant des alignements (analyse en 1d)

Procédure attendue : A l'aide de sa règle non graduée l'élève peut prolonger le côté du petit triangle T1 sur l'amorce jusqu'au contour extérieur de la figure. Il peut alors placer le gabarit grignoté T2, en calant le sommet intact sur le point d'intersection créé avec le contour.

Difficultés attendues : placer uniquement « à l'œil » le gabarit T2 en essayant de l'aligner avec le côté de T1. Ne pas visualiser l'alignement des deux côtés de T1 et T2. Ne pas oser prolonger ou effacer des traits de construction.

Différenciation envisagée : Rappel de la position des trois triangles T1, T2, T3 vu lors de l'activité S1a : il faut d'abord tracer T3 pour pouvoir placer T2. Recherche préalable sur le modèle, trouver les alignements.

Trace écrite prévue : Pour reproduire cette figure complexe, il faut repérer les alignements entre les différentes figures simples qui la composent : ici, un des côtés du triangle T1 est aligné avec un des côtés du triangle T2 : ils sont sur une même droite. Parfois, il faut prolonger des segments (ici un côté du triangle T1) pour pouvoir placer correctement un autre gabarit (ici T2) ou finir correctement une reproduction. Il faut aussi remarquer que le sommet intact du gabarit T2 appartient au contour de la figure modèle. La fiche bilan complétée donnée aux élèves est jointe en annexe 6.

2.1.3.6 Séance n°3 sur la figure d'entraînement - analyse à priori

Objectif **:** restaurer une figure complexe en trouvant des points d'intersection (analyse en 0d)

Modification d'une nouvelle variable didactique : La réduction de la figure modèle permet d'éviter le report de longueur entre la figure modèle et la figure à reproduire sur l'amorce pour inciter à rechercher les points d'intersection.

Procédure attendue : prolongement des lignes du contour pour trouver le premier sommet du grand carré. Repérage sur le modèle de l'alignement des sommets du petit et du grand carré sur les diagonales, puis tracé sur l'amorce des diagonales du petit carré à prolonger pour trouver les intersections avec les côtés du grand carré. Pour le dernier sommet, repérage des points alignés sur les côtés du grand carré ou sur sa deuxième diagonale.

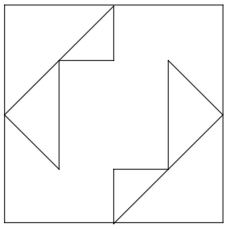
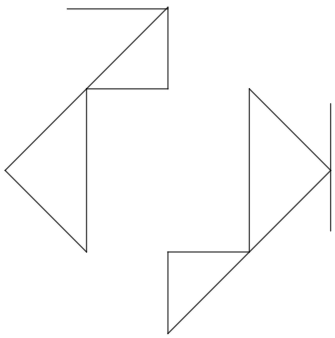
		La règle non graduée
Modèle (taille réduite)	**Amorce**	**Instruments disponibles**

Tableau 5 : Modèle et variables de la séance 3 – figure d'entraînement

Difficultés attendues :

L'élève peut vouloir tracer le contour carré de manière perceptive, sans repérer les alignements de points, en utilisant les positions prototypiques de deux droites perpendiculaires (horizontale et verticale ici). Difficulté à prolonger les segments tels que la diagonale du petit carré, pas de représentation des intersections non visibles au départ.

Différenciation envisagée :

pour faciliter l'activité, l'enseignant peut donner l'indication suivante : « la première étape avant de pouvoir tracer les côtés du contour est de trouver la position des sommets manquants. » Ensuite, si les élèves butent pour construire le deuxième sommet, leur proposer de tracer les diagonales du grand carré sur la figure modèle et de repérer les points alignés pour pouvoir s'en servir sur l'amorce.

Trace écrite prévue :

Pour restaurer la figure modèle, il faut d'abord <u>prolonger</u> les côtés partiels du quadrilatère contour. Pour trouver les sommets manquants, il faut les construire comme des <u>points d'intersection</u> de deux droites. Sur le modèle on peut tracer les <u>diagonales</u> du quadrilatère et observer que plusieurs points de la figure complexe sont sur ces droites, dont les sommets manquants. On peut alors les tracer sur l'amorce pour retrouver les sommets manquants comme point d'intersection d'un côté et d'une diagonale. La fiche bilan complétée donnée aux élèves est jointe en annexe 8.

2.2) Résultats

Les données recueillies lors de l'expérimentation consistent principalement en la collecte des fiches élèves complétées et jointes pour certaines en annexes, ainsi que des observations et photographies prises lors des séances.

2.2.1 Présentation des résultats et analyse à posteriori

2.2.1.1 Contexte de la mise en œuvre

La séance 1 a duré 1h05 et m'a semblé trop longue pour les élèves, si bien que j'ai décidé de scinder en deux temps distincts les séances suivantes : un temps d'environ 30 minutes le matin pour effectuer l'activité sur la figure pilote, puis un temps l'après-midi de 35 minutes pour l'entraînement sur la figure B, la correction et le bilan.

2.2.1.2 Séance 1 sur la figure d'entraînement – analyse à posteriori

La mise en œuvre de l'activité S1b est illustrée par les photographies de la figure 10 prises en classe lors de la phase d'entraînement de la séance 1. Quelques restaurations d'élèves sont également présentées dans le tableau 6 et plus en détails en annexe 3.

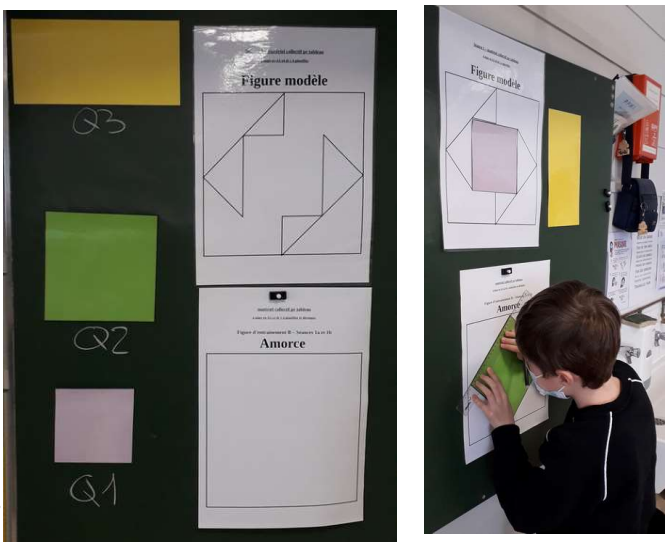


Figure 10 : Photographies lors de l'activité S1b

Les trois restaurations proposées ci-après montrent différents stades de perception du modèle et de reconnaissance des sous-figures qui le composent, par prolongement mental de segments. Loly a reconnu uniquement le petit carré central en position prototypique et utilise le gabarit Q1 correspondant en le plaçant approximativement. Elle complète son tracé au jugé pour réaliser le grand carré sans l'aide du gabarit. Valentin a lui visualisé l'assemblage par superposition des trois gabarits quadrilatères et trace leurs contours pour restaurer la figure, sans effacer les segments absents du modèle. Quant à Giulia, elle a perçu cette dernière étape pour se rapprocher du modèle, bien qu'elle n'ait effacé que la moitié des segments concernés.

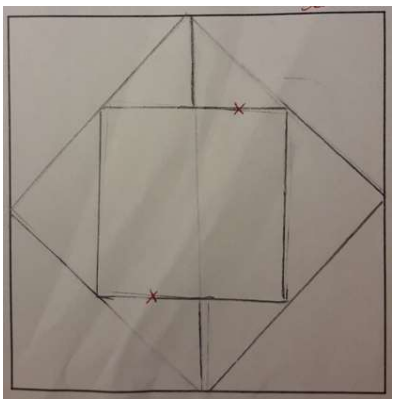
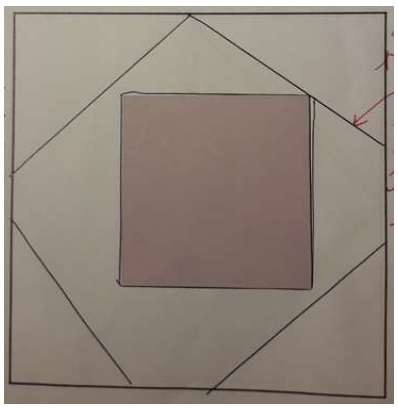
 Restauration de Giulia	Restauration de Valentin	 Restauration de Loly

Tableau 6 : Restaurations d'élèves lors de l'activité S1b sur la figure d'entraînement

Le tableau 7 synthétise les procédures utilisées par les élèves lors de cette restauration : il comprend les principales étapes de construction attendues, et est complété par les éventuelles procédures complémentaires observées en cours de séance ou sur les fiches des élèves (restauration et/ou étapes de constructions indiquées).

Procédures des élèves (S1b) selon observations et analyse des fiches complétées	**Taux de réalisation**	**Dimension mobilisée**
place correctement les gabarits sur le modèle	20 / 22	2D
place correctement les gabarits sur l'amorce	17 / 22	2D
cherche des alignements sur le modèle	6 / 22	1D
trace avec les gabarits	18 / 22	1D
trace avec la règle non graduée	7 / 22	1D
efface des segments	9 / 22	1D
tentative de mesure	0 / 22	1D
ajustement de la restauration avec le calque	1 / 22	
auto-validation avec le calque	11 / 22	2D
Reproduction correcte	**13 / 22**	

Tableau 7 : Tableau des résultats de l'activité S1b

Analyse à posteriori :

La figure d'entraînement a déjà été rencontrée lors de la séance préalable avec le travail de restauration à partir des gabarits triangles juxtaposés. Les gabarits quadrilatères à présents disponibles posent plus de difficultés pour la plupart des élèves, qui ont dans un premier temps du mal à faire le lien avec la figure. En effet, leur perception initiale du modèle reste un assemblage de triangles juxtaposés, ils ne parviennent pas forcément à prolonger mentalement les côtés des triangles pour changer de regard et percevoir les figures simples superposées. Ils sont encore dans une vision en terme de surface.

Pour ne pas laisser les élèves bloqués, je les invite à disposer les gabarits sur le modèle pour voir si leurs contours coïncident avec des éléments de la figure, comme nous l'avions fait pour la figure pilote (situation 1). La majorité des élèves trouvent rapidement la position du quadrilatère Q1 (petit carré central), et pour certains également celle des gabarits Q2 (grand carré) et Q3 (rectangle). Après un temps de recherche individuelle, je leur précise également que les gabarits peuvent se chevaucher et les laisse autonome pour la suite du travail. L'idée est de leur faire prolonger des segments et de commencer à percevoir des éléments 1D.

Quelques calques d'auto-validation sont accessibles sur une table dédiée. La moitié des élèves s'en sert à bon escient, mais j'observe aussi un élève modifier sa restauration en prenant des repères avec le calque, quand il constate les écarts avec son tracé initial. Cela me permet de rappeler à tous l'utilisation du calque uniquement dans le cadre d'une auto-validation à la fin de la restauration. D'une certaine manière cet élève repère des éléments 0D pour prendre ses repères. A la fin de l'activité, 9 élèves sur 22 ne sont pas parvenus à restaurer la figure correctement. Suite à la collecte de leur fiche complétée, l'un d'eux est convié au tableau pour la correction collective, comme l'illustre la figure 10. Les autres élèves de la classe le guide en verbalisant les étapes de la restauration avant de passer au bilan collectif de la séance (voir annexe 4).

2.2.1.3 Séance 2 sur la figure d'entraînement – analyse à posteriori

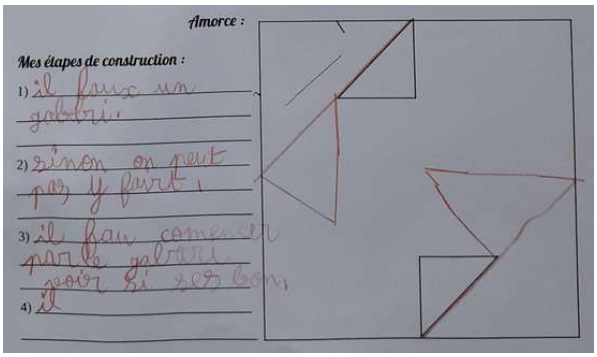
Lors de la phase d'entraînement de cette séance, les élèves travaillent avec un gabarit triangle grignoté. Une fois ce gabarit identifié par tous comme « T2 grignoté » en lien avec l'activité S1a, les élèves tentent de restaurer la nouvelle amorce.

Quelques unes des reproductions rendues sont présentées dans le tableau 8 et d'autres plus en détails en annexe 5. La restauration s'accompagne d'un écrit pour compléter « Mes étapes de construction » afin d'identifier les actions réalisées avec les instruments et l'importance de leur chronologie. Cette encart facilite aussi l'analyse de la procédure employée pour l'enseignant.

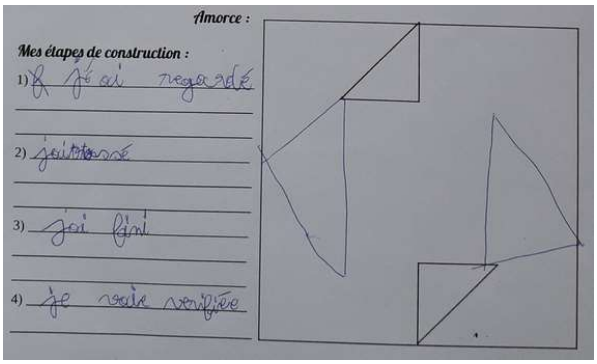
Analyse à posteriori :

L'ensemble des élèves a identifié puis repéré la position du gabarit grignoté sur le modèle. Lors du passage sur l'amorce, 4 élèves n'ont pas réussi à repositionner ce gabarit dans la bonne position (*Cf restauration de Baba*), dont deux qui n'ont pas pris en compte

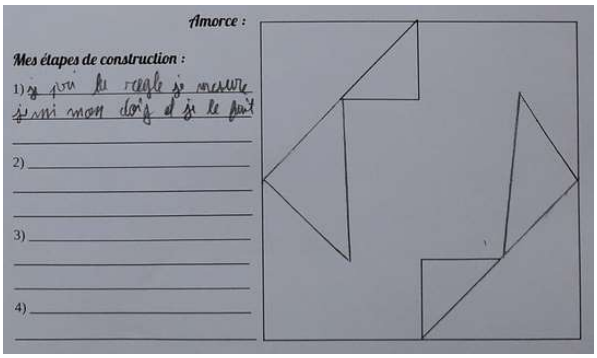
l'alignement des côtés des triangles T1 et T2 sur une même droite (*Cf restauration d'Alban*). Au moment de tracer le triangle T2, cela se complique car certains font bouger le gabarit en traçant ou l'enlève pour tracer à la règle, mais sans avoir pris de repères sur le gabarit auparavant positionné correctement.



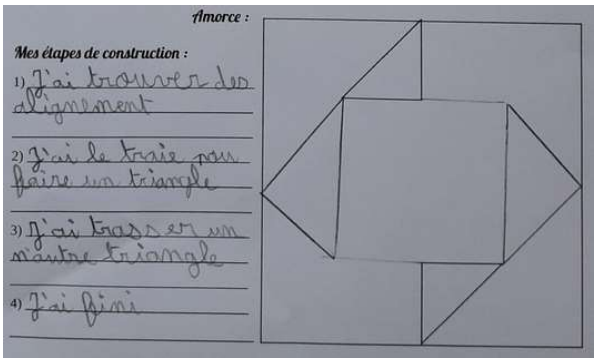
Restauration de Baba



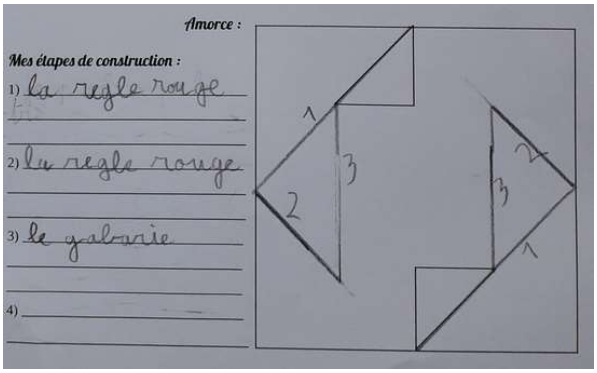
Restauration de Alban



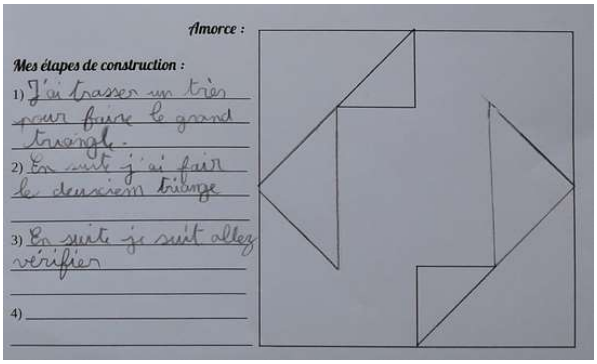
Restauration de Ana-Aïda



Restauration de Lorenzo



Restauration de Diban



Restauration de Louison

Tableau 8 : Restaurations d'élèves lors de la séance 2 sur la figure d'entraînement

Davantage d'élèves utilisent la règle rouge non graduée pour tracer, prolonger et vérifier les alignements que lors de la séance 1, ce qui se traduit vraisemblablement aussi dans l'amélioration du soin et de la précision. Je constate également que plus d'élèves essayent de compléter la partie « mes étapes de construction ». Pour ceux qui ne parviennent pas à les

verbaliser, je leur propose d'écrire les instruments dans l'ordre d'utilisation ou de noter des numéros sur les traits construits de manière chronologique.

Lors de cette activité S2, j'ai pu observé quelques procédures que je n'avais pas forcément anticipées, notamment la tentative de mesure avec la règle non graduée (*Cf restauration d' Ana-Aïda*), qui a utilisé son doigt comme point de repère sur la règle, car celle-ci était plastifiée pour justement éviter les reports de longueur. Autant d'élèves qu'en séance 1 sont allés sur la table du fond pour valider leur restauration avec le calque du modèle, mais aucun ne s'en est servi pour modifier sa reproduction.

Les procédures et résultats observés lors de cette activité S2 sont synthétisés dans le tableau 9.

Procédures des élèves (S2) selon observations et analyse des fiches complétées	**Taux de réalisation**	**Dimension mobilisée**
place correctement le gabarit sur le modèle	22 / 22	2D
repère des alignement sur le modèle (de côtés)	20 / 22	1D
prolonge d'abord un segment sur l'amorce	20 / 22	1D
place correctement le gabarit sur l'amorce	18 / 22	2D
trace avec le gabarit	18 / 22	1D
trace avec la règle non graduée	18 / 22	1D
prolonge les cotés grignotés sur l'amorce	20 / 22	1D
efface des segments (*Cf travaux de Lorenzo et Diban*)	2 / 22	1D
tentative de mesure (*Cf travail de Ana-Aïda*)	1 / 22	1D
Ajustement de la restauration avec le calque	0 / 22	
auto-validation avec le calque	11 / 22	2D
Reproduction correcte	**11 / 22**	

Tableau 9 : Tableau des résultats de la séance 2 sur la figure d'entraînement

Par ailleurs, un élève s'appuie sur la séance précédente (activité S1b) en recherchant d'abord des alignements, en traçant le carré central (gabarit Q1) par prolongement de côtés des triangles T1 (*Cf restauration de Lorenzo*). Il semble utiliser le gabarit grignoté uniquement pour calibrer l'angle du triangle T2 en contact avec le contour, et se référer aux alignements en lien avec le carré central pour finaliser son tracé. Enfin, d'autres (*Cf restauration de Diban*) ont repéré l'alignement du côté du triangle T1 grignoté avec le sommet du triangle T2 non accolé, c'est à dire en traçant mentalement le contour du gabarit Q2. Ces deux élèves ont également effacé leurs traits de construction pour avoir un rendu plus proche du modèle, et comme dans la démarche de l'activité S1b, où des parties des contours des gabarits quadrilatères devaient être effacées pour retrouver exactement le modèle. Ces procédures

montrent que certains élèves se nourrissent des stratégies et des visions de la figure d'entraînement découvertes lors des séances précédentes et parviennent à faire le transfert de ces savoir-faire dans une situation évolutive.

Au final, la moitié de la classe a su restaurer la figure modèle dans l'activité S2 proposée, en réalisant des étapes de construction correctes et mobilisant des éléments et procédures de dimension 1. En comparaison à la séance précédente avec les gabarits quadrilatère, trois élèves n'ont cette fois pas réussi à relever le défi, tandis qu'un élève a cette fois abouti à une restauration juste.

La figure 11 illustre quelques procédures d'élèves : prolonger des côtés du triangle T1 avec la règle non graduée (rouge), placer le gabarit sur le modèle puis sur l'amorce.

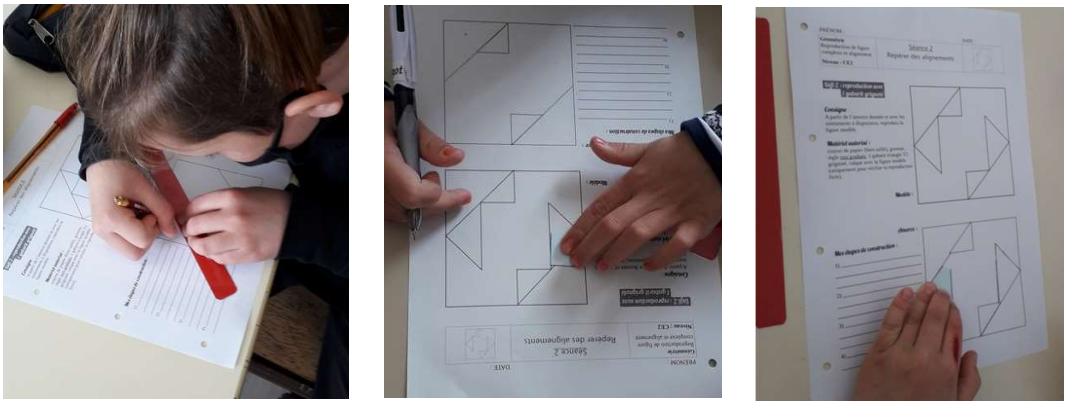


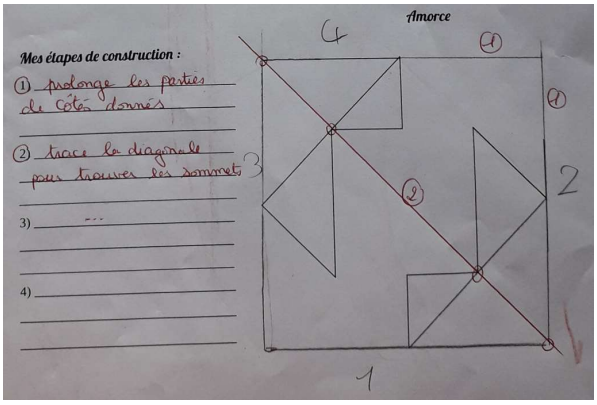
Figure 11 : Photographies lors de la séance 2 (activité S2)

2.2.1.4 Séance 3 sur la figure d'entraînement – analyse à posteriori

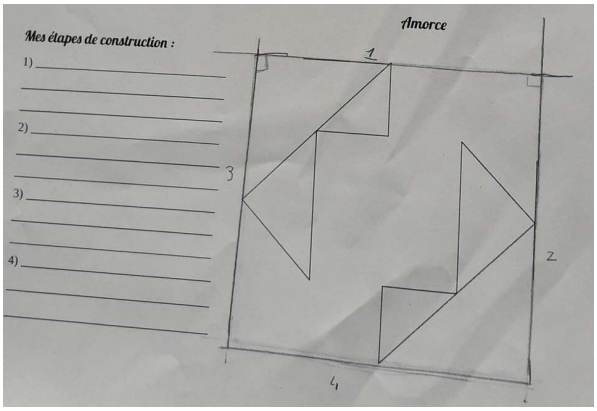
Pour mémoire, lors de la phase d'entraînement de cette séance, les élèves n'ont plus que la règle non graduée comme instrument disponible et ils doivent restaurer le contour de la figure. Quelques unes des reproductions rendues sont présentées dans le tableau 10 et d'autres plus en détail en annexe 7.

Si à première vue l'ensemble des restaurations ressemble à la figure modèle, en lisant les commentaires et en observant les traits de construction, on s'aperçoit que les procédures de construction ne sont pas forcément celles attendues. *La restauration de Flora* avec les numéros indiquant l'ordre de réalisation des lignes montre qu'elle a simplement cherché à reconstituer un contour carré, sans se soucier de la construction préalable des sommets. Sur celles de *Margot et Evan*, il apparaît que le prolongement des deux côtés partiellement donnés a permis de construire le premier sommet, mais que la suite de la démarche rejoint celle de

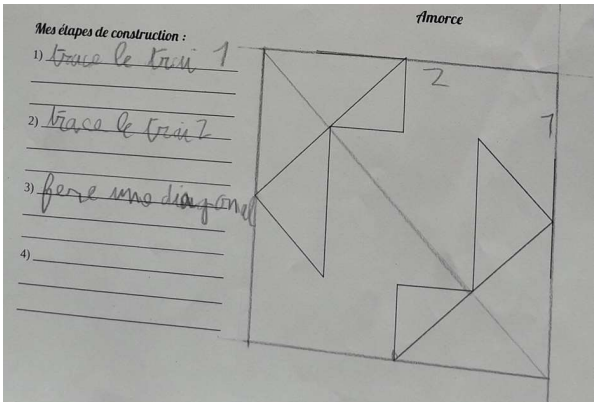
Flora. Le commentaire de *Baba* met en évidence son souhait de passer par une procédure utilisant les mesures pour tracer le contour. Quant à *Diban et Giulia*, ils ont su observer les points alignés sur au moins une des diagonales, ce qui leur a permis de finir la restauration en construisant les sommets par intersection de droites et grâce à des prolongements de segments.



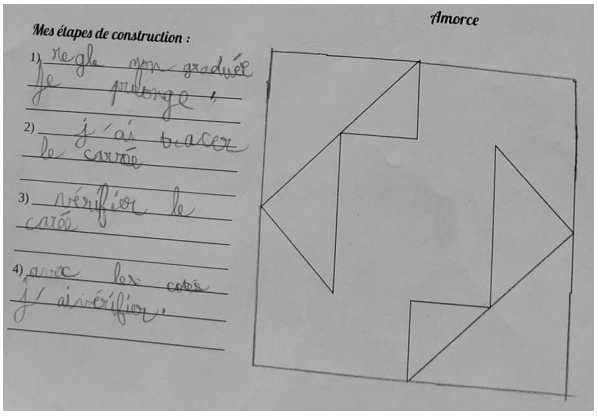
Restauration de Flora



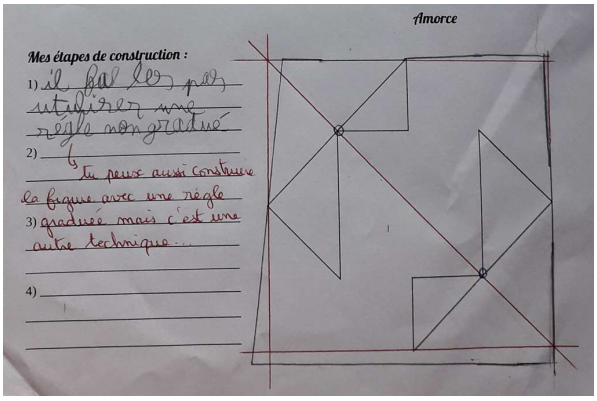
Restauration de Margot



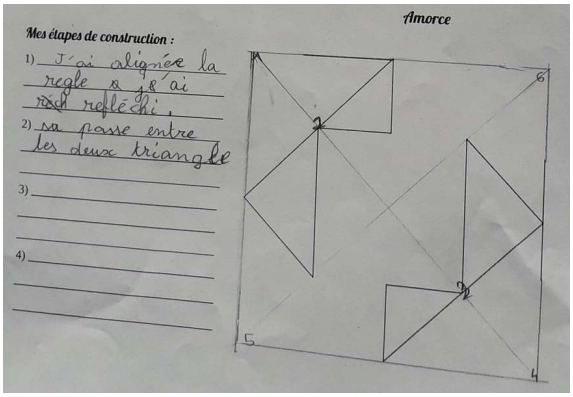
Restauration de Diban



Restauration de Evan



Restauration de Baba



Restauration de Giulia

Tableau 10 : Restaurations d'élèves lors de la séance 3 sur la figure d'entraînement

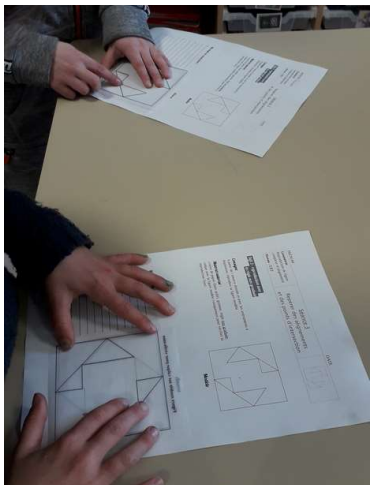
Les procédures et résultats observés lors de l'activité S3 sont synthétisés dans le tableau 11.

Procédures des élèves (S3) selon observations et analyse des fiches complétées	**Taux de réalisation**	**Dimension mobilisée**
prolonge d'abord les segments sur l'amorce	21 / 21	1D
prolonge les cotés en respectant l'alignement	19 / 21	1D
trouve le 1er sommet comme un point d'intersection	19 / 21	0D
cherche des alignements sur le modèle (de points)	5 / 21	1D et 0D
trace une diagonale sur le modèle	0 / 21	1D
trace une diagonale sur l'amorce	5 / 21	1D
trouve les points d'intersection pour tracer les 2 derniers côtés	5 / 21	0D
trace par estimation les 2 derniers côtés (reconnaît carré)	16 / 21	2D/1D
efface des segments (traits de construction)	7 / 21	1D
tentative de mesure	2 / 21	1D
ajustement de la restauration avec le calque	2 / 21	
Auto-validation avec le calque	19 / 21	2D
Reproduction correcte	**12 / 21**	

Tableau 11 : Tableau des résultats de la séance 3 sur la figure d'entraînement

Analyse à posteriori :

La procédure complète attendue lors de cette activité a été atteinte par à peine un quart des élèves. Toutefois les premières étapes de restauration mobilisant le prolongement de côtés partiels pour trouver le premier sommet comme point d'intersection a été correctement réalisé par la majorité. Pour la suite de la démarche, l'observation de l'alignement d'éléments en 0d c'est à dire les sommets des triangles, alignés ici avec les sommets manquants du contour reste un obstacle difficile à franchir. Comme nous avions déjà tracé les diagonales sur la figure pilote le matin même, et que je l'ai évoqué collectivement, certains élèves ont su réutiliser cette procédure. Pour la plupart, et compte tenu de la limitation du matériel disponible, la restauration a consisté à reproduire un carré par estimation à partir des deux premiers côtés et en ajustant les deux derniers côtés pour qu'il intègrent les sommets des triangles. C'est par exemple le cas de Margot, qui a aussi indiqué les symboles de l'angle droit sur l'amorce, ce qui traduit sa réflexion pour tenter de reconstituer le carré. Cette procédure est approximative avec la règle non graduée et avec les sommets volontairement arrondis, mais elle prend en compte le fait que certains points sont sur les côtés du contour. Cette démarche opérée par les trois quarts de la classe a permis à plusieurs élèves d'aboutir à une restauration correcte mais non valide car obtenue de manière approchée.



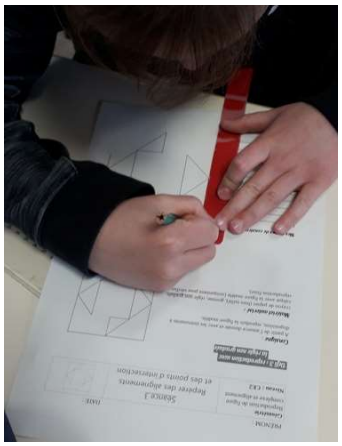
Certains ont aussi eu recours au calque et ont réajusté par itération leur contour carré en fonction de leur observation de décalage. D'autre part, deux élèves ont exprimé leur gène par rapport aux contraintes empêchant le report de longueur : Ana-Aïda pour la réduction de la taille du modèle, et Baba pour la règle non graduée qui « ne peut pas mesurer ».

Figure 11 : auto-validation avec le calque du modèle à l'échelle de l'amorce – séance 3

Lors de cette activité, plus d'élèves ont rendu une reproduction aboutie, mais moins ont respecté la procédure attendue. Cela met en évidence l'importance du choix de la figure. Le fait d'avoir un contour carré qui est une figure relativement facile à représenter « à l'œil », n'a sans doute pas été pertinent dans cette situation. De plus, on constate une utilisation largement supérieure du calque à cette séance, sans doute par appropriation de l'outil, mais aussi pour certains comme « instrument » pour réajuster la restauration.

Les résultats montrent aussi que les élèves effacent leur traits de construction, alors qu'ils seraient utiles à l'enseignant dans cette situation pour voir leur cheminement géométrique. Cela est certainement lié aux séances précédentes, dont le bilan de la séance 1 précise que pour retrouver la figure modèle, il faut parfois effacer certains segments (restauration avec les gabarits quadrilatères).

La partie « mes étapes de construction » permet à l'enseignant un complément d'information sur la procédure de l'élève notamment s'il ne l'a pas observé tracer, mais aussi à l'élève de structurer sa démarche.



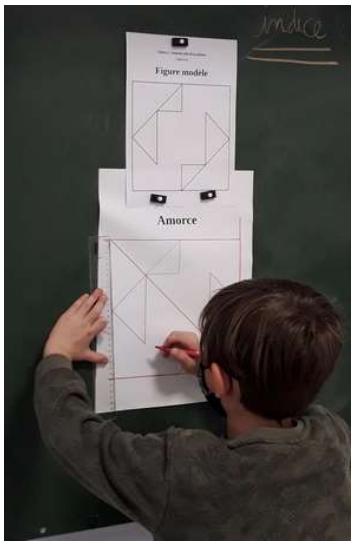


Figure 12 : Photographies d'élèves lors de la séance 3

Toutefois, la verbalisation des étapes de construction reste compliquée en CE2, puisque deux élèves sur cinq en moyenne dans cette classe ne complètent pas cet encart. Certains précisent uniquement les étapes de construction en numérotant les lignes tracées sur la restauration, d'autres mentionnent les instruments dans l'ordre d'utilisation. Seuls les plus à l'aise parviennent à définir leur procédure : « je trouve des alignements »,« je prolonge », « je trace le trait 2 », « je fais la diagonale »...

2.2.1.5 Analyse à posteriori de la séquence

A partir des tableaux des procédures réalisées par les élèves et compilés en un tableau unique présenté en annexe 9, on peut observer l'évolution des protocoles réalisés par les élèves au fil des séances. On s'aperçoit que même si le taux de réussite de la restauration finale a tendance à légèrement diminuer, en lien avec l'augmentation des contraintes de chaque activité et à la nécessaire progression de la déconstruction dimensionnelle, certaines procédures sont de plus en plus utilisées. C'est le cas pour le placement préalable des gabarits sur le modèle puis sur l'amorce, le repérage des alignements (notamment de segment) sur le modèle, le tracé de la restauration avec la règle non graduée, l'auto-validation avec le calque. A noter aussi la réussite d'une majorité des élèves pour trouver le 1er sommet (élément 0D) à restaurer dans l'activité S3 par prolongement des 2 côtés partiels donnés.

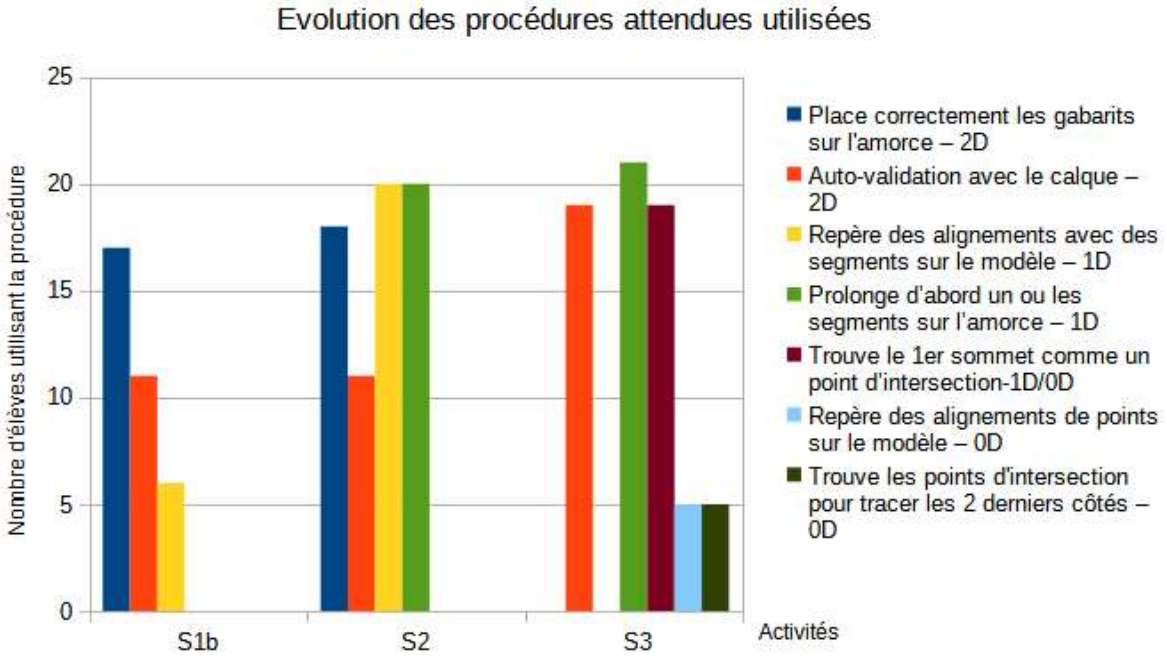


Figure 13 : Histogramme représentant l'évolution de l'utilisation des procédures attendues

En revanche, le repérage des alignements en particulier faisant intervenir des éléments en 0D tels que des sommets de polygones ou de points d'intersection reste difficile pour la majorité des élèves. Le repérage de l'alignement de points sur les diagonales en séance 3 ne leur est pas accessible à ce stade. Les tentatives du recours à la mesure et de l'ajustement avec le calque persistent chez certains élèves qui ne trouvent pas l'issue avec les contraintes imposées.

La figure 13 présente l'évolution des procédures attendues au fil des séances sur la figure d'entraînement. En se focalisant sur la déconstruction dimensionnelle, on constate que les élèves ont globalement plutôt progressé dans leur regard sur la figure modèle en dimension 2 et en dimension 1, et qu'ils parviennent à repérer des alignements lorsqu'un élément 1D est présent. En revanche, les procédures mobilisant la dimension 0 et donc la notion de point restent encore inaccessibles pour beaucoup.

3) DISCUSSION ET CONCLUSION

Re-contextualisation

L'étude menée dans cette classe de CE2 visait à faire évoluer le regard des élèves sur les figures complexes pour s'approprier les concepts de droite, de point ainsi que la relation d'alignement. La méthodologie développée s'appuie sur une activité de restauration d'une même figure, avec des variations des amorces proposées et des instruments disponibles pour la reproduction, afin d'orienter les procédures des élèves et les inciter à entrer dans la déconstruction dimensionnelle pour enrichir leur analyse de la figure.

Analyse et mise en lien avec les recherches antérieures

Les résultats présentés précédemment ont mis en évidence des évolutions dans les procédures mises en œuvre par les élèves, et qui peuvent être reliées aux dimensions mobilisées dans l'analyse de la figure à reproduire. L'analyse de la figure complexe comme assemblage en dimension 2 de figures simples semble acquise pour la majorité des élèves, alors que le changement de regard pour visualiser cette même figure comme un assemblage par superposition de figures de base est difficile pour une petite moitié de la classe. Ce frein correspond au passage de la dimension 2 à la dimension 1, car les figures simples doivent alors être perçues comme des lignes formant un contour et pouvant être partiellement cachées. Dans la progression de la séquence, le repérage des éléments de dimension 1 alignés (tels que les côtés des triangles de la figure B) a évolué favorablement lors de la séance 2. Toutefois, l'introduction d'éléments de dimension 0 (tels que des points, ici sommet de triangle ou de quadrilatère) dans les éléments alignés à repérer lors de la séance 3 a été un véritable obstacle pour restaurer la figure pour la plupart des élèves. Leur réflexe a alors été de trouver des procédures détournées tels que la tentative de mesure, la modification par tâtonnement à l'aide du calque et surtout la construction de la figure au jugé pour reproduire le contour identifié comme un carré. La construction du concept de point comme intersection de deux droites a été initiée mais n'est pas assimilée. Le repérage de l'alignement de points caractéristiques de la figure complexe, d'autant plus quand il faut les restaurer reste inaccessible à ce stade pour beaucoup. Toutefois la notion de point sera réactivée et développée tout au long du cycle 3.

Par ailleurs, la variation de l'amorce lors des activités de restauration de la figure d'entraînement a obligé les élèves à réfléchir à des stratégies de reproduction différentes au fil des séances, tout en s'appuyant sur les connaissances géométriques acquises avec le regard mobilisé lors des séances précédentes. Certains élèves ont effectivement intégré l'image mentale de la figure modèle comme une juxtaposition de triangles ou une superposition de quadrilatères et ont su remobiliser ces visions pour les restaurations suivantes. Le jeu sur les instruments disponibles a notamment permis d'orienter les procédures de résolution de la restauration, en particulier le gabarit grignoté qui induisait des prolongements de lignes.

Limites et perspectives

La séquence proposée invitait les élèves à passer de leur vision perceptive de la figure complexe à une vision plus analytique et instrumentée en mobilisant la relation d'alignement entre des éléments de dimensions 1D et 0D. Cet objectif n'est que partiellement atteint, en particulier lors de l'activité S3. La décomposition de la figure en unité figurable de dimension inférieure aurait pu être plus poussée en mettant davantage en lumière la trame de la figure avec l'ensemble des points et droites utilisés à chaque étape.

Une autre remarque concerne la consigne, qui était concise et constante pour faciliter l'appropriation par les élèves. Néanmoins, en cours de séance, j'ai régulièrement du repréciser des éléments pour les élèves. La consigne aurait pu être affichée au tableau et enrichie des droits des élèves pour chaque activité, comme par exemple : « J'ai le droit de sortir de la figure en traçant / j'ai le droit de gommer sur ma reproduction... »

Le blocage sur le matériel autorisé n'a pas empêché certains élèves à contourner les procédures attendues, notamment en utilisant les doigts sur la règle non graduée pour effectuer un report de longueur, ou en modifiant l'utilisation du calque dédié à la base à la validation de la restauration. Il serait pertinent de leur faire prendre conscience du type de procédure qu'implique chaque instrument, et de leur proposer des reproductions de figures en introduisant un coût pour chaque instrument disponible.

D'une part, la lecture des étapes de construction rédigées par les élèves en complément de la restauration sur l'amorce ont mis à jour leur grande difficulté à utiliser le vocabulaire géométrique adapté à la situation, d'autre part certains élèves ne savaient pas quelle procédure mettre en œuvre pour finaliser leur restauration. Dans ce contexte, il serait judicieux de proposer des étiquettes « procédures » aux élèves, pour les aider à établir la chronologie des

étapes de leur reproduction. De plus, une évaluation diagnostique pour s'assurer de l'acquisition des pré-requis de la séquence tels que le vocabulaire géométrique et les caractéristiques des figures simples en jeu auraient permis de mieux adapter les séances aux besoins des élèves.

L'expérimentation s'est totalement déroulée dans le micro-espace. Une séance dans le méso-espace par exemple en EPS pour réactiver la notion d'alignement aurait certainement été bénéfique pour certains élèves.

Hormis par mes étayages oraux auprès des élèves en difficulté, la différenciation pédagogique n'a pas été assez intégrée dans le dispositif mis en place. Les perspectives d'évolution en ce sens pourraient être : limiter le nombre d'accès au calque d'auto-validation selon les élèves, donner ou non des étiquettes procédures aux élèves, guider plus certains élèves en leur donnant les premières étapes à réaliser, instaurer un coût sur les instruments et des objectifs de coût par élève...

Enfin, dans le cadre de la progression curriculaire des programmes, cette séquence gagnerait à être complétée en cycle 3 avec une démarche similaire, plus axée sur le passage de la dimension 1 à la dimension 0, sur une autre figure non prototypée, pour éviter la reproduction au « jugé » comme constaté lors de la dernière séance, en raison du contour carré de la figure. Pour diversifier le type de tâche géométrique, les concepts d'alignement, de droite et de point peuvent aussi être abordées dans des activités de classement, reconnaissance et dans le cadre d'écriture de programme de construction à faire reproduire par d'autres élèves.

Apport pour la pratique professionnelle

La réflexion menée dans le cadre de ce mémoire a été l'occasion de questionner ma pratique en lien avec des études scientifiques et les échanges avec d'autres enseignants. Mes recherches en géométrie m'ont fait prendre conscience de l'importance de donner du sens aux concepts géométriques qui sont en premier abord totalement abstraits pour les élèves. Au cours de l'expérimentation, j'ai pu mesurer l'importance du choix des figures à reproduire et des variables didactiques, notamment au niveau des instruments et de l'amorce, et leur impact sur les procédures utilisées. Les résultats obtenus confortent l'idée d'anticiper la progression des apprentissages au sein d'une séquence, ici en prenant en compte la déconstruction dimensionnelle.

Conclusion

L'enseignement de la notion d'alignement et des objets géométriques associés (la droite et le point) ont fait l'objet de nombreuses études, qui renvoient généralement à l'apprentissage de la déconstruction dimensionnelle. La restauration de figure apparaît comme un levier pour activer la mobilité du regard sur les figures planes. Ce type d'activité est une source de recherche et d'analyse stimulante pour l'élève et admet une grande variété de mise en œuvre pour l'enseignant. En effet, le jeu sur les variables didactiques permet le réinvestissement de connaissances et propriétés géométriques déjà abordées ou la découverte de nouvelles notions et procédures. Ainsi, la confrontation des élèves à des problèmes de reproduction de figure couplé à des contraintes sur le matériel et l'amorce renforce leur capacité à visualiser la figure complexe comme un assemblage d'éléments de dimension inférieure et à identifier les relations géométriques qui les unissent, tel l'alignement par exemple. Néanmoins, l'analyse du cheminement géométrique et des productions des élèves a mis en évidence les limites du dispositif mis en œuvre lorsque le corpus de référence de l'élève en terme de vocabulaire et de procédure est insuffisant. Des adaptations des situations d'enseignement sont alors nécessaires pour alléger une partie des tâches liées à la restauration de figure : percevoir, tracer ou planifier. L'acquisition des propriétés géométriques est un long processus, qui se poursuit au cycle 3, et qui amènera progressivement au raisonnement déductif développé au cycle 4.

Remerciements

Je tiens à remercier ma tutrice, Madame Marion Dieudonné pour son accompagnement bienveillant et ses conseils éclairés tout au long de ce travail de réflexion en géométrie. Mes pensées respectueuses s'adressent aussi à mes élèves qui ont participé à cette expérimentation et à mes collègues qui ont partagé leurs expériences de classe dans cette discipline. J'ai aussi apprécié le regard expérimenté et les pistes d'amélioration proposées par mon tuteur académique, Monsieur Jérôme Devinck, présent lors d'une des séances. Mes derniers remerciements s'adressent à mes proches pour leur relecture attentive et leur soutien au quotidien.

BIBLIOGRAPHIE

Articles :

- Bulf, C., Celi, V. (2016). Essai d'une progression sur le cercle pour l'école primaire 1. Progressions sur le cercle : état des lieux dans les programmes et dans les manuels scolaires. *Grand N N°*, *97,* 21–58.
- Dias, T., & Durand-Guerrier, V. (2005). Expérimenter pour apprendre en mathématiques. *Repères IREM*, *60*, 61–78.
- Duval, R., & Godin, M. (2005). Les Changements De Regard Nécessaires Sur Les Figures. *Grand N N°*, *76*(définition 6), 7–27.
- Keskessa, B., Perrin-Glorian, M.-J., & Delplace, J. R. (2007). Géométrie plane et figures au cycle 3. Une démarche pour élaborer des situations visant à favoriser une mobilité du regard sur les figures de géométrie. *Grand N*, *79*, 33–60.
- Mangiante-Orsola, C., & Perrin-Glorian M-J. (2013). «Géométrie en primaire : des repères pour une progression et pour la formation des maîtres », Nantes : COPIRELEM. *Grand N,* 94, 2014 pp. 47-83.
- Nivose, B. (2001). Reproduction et géométrie en cycles 1 et 2. *Grand N*, *67*, 15–32.
- Perrin-Glorian, M.-J., Mathe, A.-C., & Leclercq, R. (2013). Comment peut-on penser la continuité de l'enseignement de la géométrie de 6 à 15 ans ? *Repères-IREM*, 90, 5–41.

Conférences, séminaires :

- Brousseau, G., (1983), Étude de questions d'enseignement. Un exemple : la géométrie, Séminaire de didactique des mathématiques et de l'informatique. 183–226, IMAG-Université 1, Grenoble.
- Duval, R., Godin, M., & Perrin-Glorian, M.-J. (2004). Reproduction de figures à l'école élémentaire. In C. Castela & C. Houdement (Eds.), Actes du séminaire national de didactique des mathématiques (pp. 5–87). Paris

- Perrin-Glorian, M.-J. (2001). Des problèmes pour enseigner la géométrie à l'école. Des expériences spatiales aux objets géométriques. Journées IREM-APMEP-IUFM-CRDP sur la géométrie en primaire. Hal-024028982

Autres documents :

- Ministère de l'Éducation Nationale de la Jeunesse et des Sports, (2020). programme du cycle 2. *BOEN, 31 (*30 juillet 2020).

Documents Web :

- LéA géométrie, académie de Lille. Notre approche de l'enseignement de la géométrie plane.

  Document à télécharger : Une activité de restauration de figure pour entrer dans la démarche : « Triangles sur quadrilatère ».

  Repéré à : https://lea-geometrie.etab.ac-lille.fr/

- Collège Jean Lurçat, Académie de Versailles (2011) : *« Les figures élémentaires »*

  Repéré à : http://www.clg-lurcat-sarcelles.ac-versailles.fr/IMG/pdf/6_3_cours_figures_elementaires-6.pdf

Sommaire des annexes

ANNEXE 1 : Fiche élève complétée – Activité Tangram (séance préalable).....1
ANNEXE 2 : Fiches élève complétées – Activité S1a (séance préalable).....2
ANNEXE 3 : Fiches élève complétées – Activité S1b (séance 1).....3
ANNEXE 4 : Fiche Bilan de la séance 1 (texte à trous complétés).....5
ANNEXE 5 : Fiches élève complétées – Activité S2 (séance 2).....6
ANNEXE 6 : Fiche bilan de la séance 2 – (texte à trous complété).....8
ANNEXE 7 : Fiches élève complétées – Activité S3 (séance 3).....9
ANNEXE 8 : Fiche bilan de la séance 3.....11
ANNEXE 9 : Tableau de synthèse de l’évolution des procédures.....12

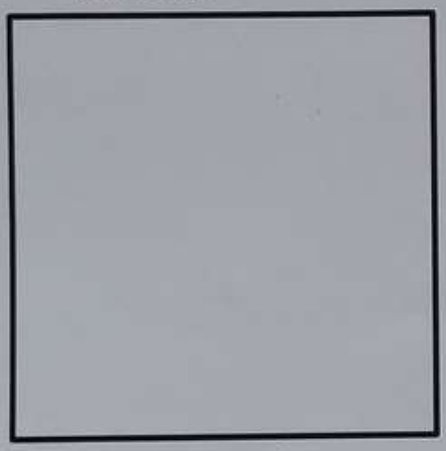
ANNEXE 1 : Fiche élève complétée – Activité Tangram (séance préalable)

PRÉNOM : Lauren

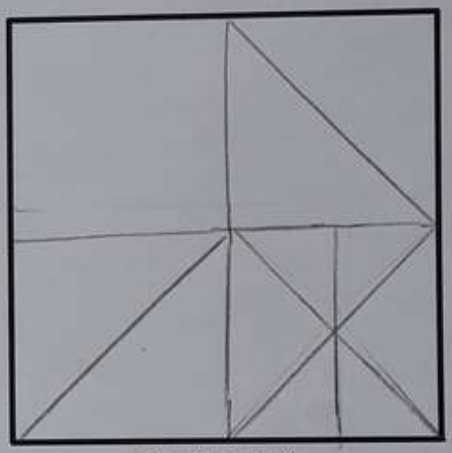
DATE : 09/03/2021

Géométrie Reproduction de figure complexe **Niveau : CE2**	Séance préalable Découverte de la figure complexe à l'aide d'un Tangram	

Défi 1 : Découpe les pièces du Tangram distribué et place les toutes pour former le premier carré (sans modèle).



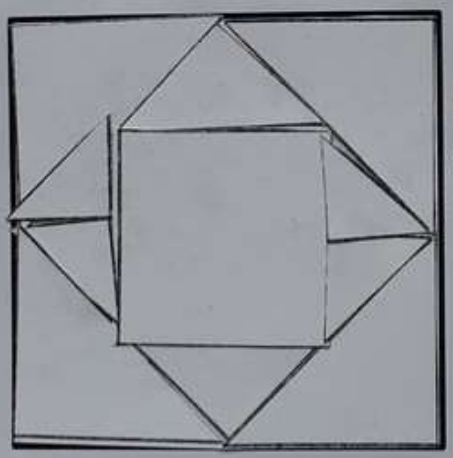
Premier carré



Deuxième carré

Défi 2 : A l'aide de la règle non graduée et des gabarits, trace ton Tangram dans le deuxième carré.

Défi 3 : Place à nouveau toutes les pièces du Tangram pour former un troisième carré, mais en les organisant avec la pièce « petit carré » au centre. Lorsque tu as trouvé la bonne disposition, fais valider à la maîtresse puis colle tes pièces.



Troisième carré

Bilan : Un Tangram est une figure complexe, c'est à dire une figure composée de plusieurs figures simples.

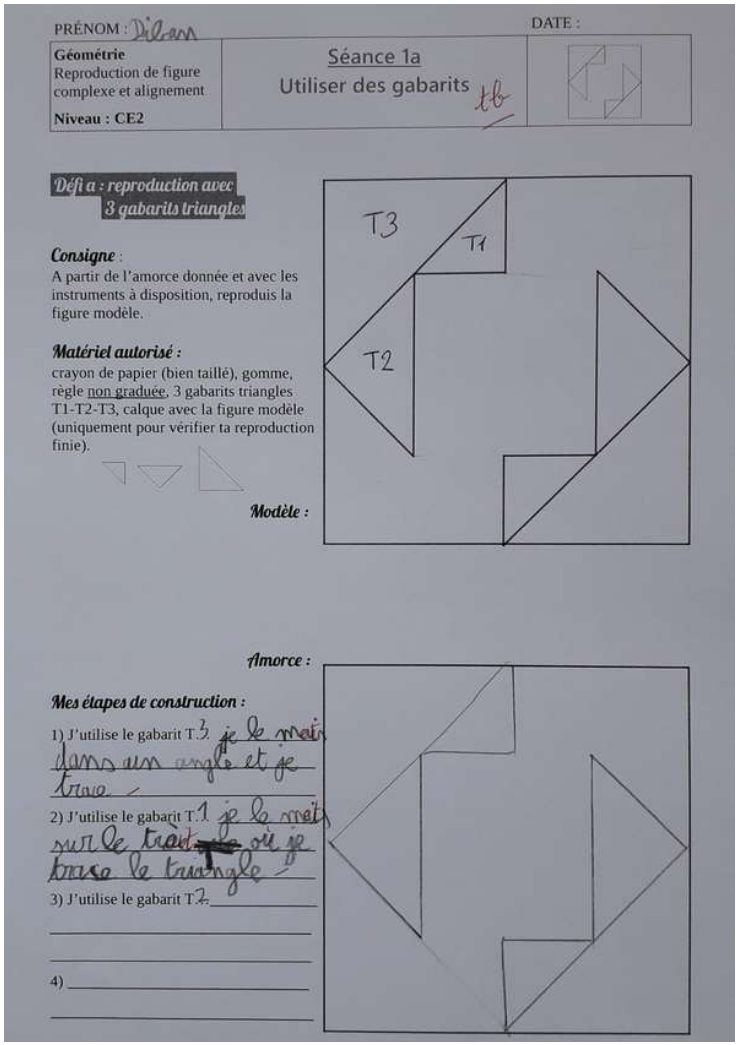
Le tangram de cette fiche est composé de :

dix triangles de tailles variables,

et de un carré.

ANNEXE 2 : Fiches élève complétées – Activité S1a (séance préalable)

a) Élève en réussite (Diban)



PRÉNOM : Diban

DATE :

Géométrie
Reproduction de figure complexe et alignement

Niveau : CE2

Séance 1a
Utiliser des gabarits tb

Défi a : reproduction avec 3 gabarits triangles

Consigne :
A partir de l'amorce donnée et avec les instruments à disposition, reproduis la figure modèle.

Matériel autorisé :
crayon de papier (bien taillé), gomme, règle non graduée, 3 gabarits triangles T1-T2-T3, calque avec la figure modèle (uniquement pour vérifier ta reproduction finie).

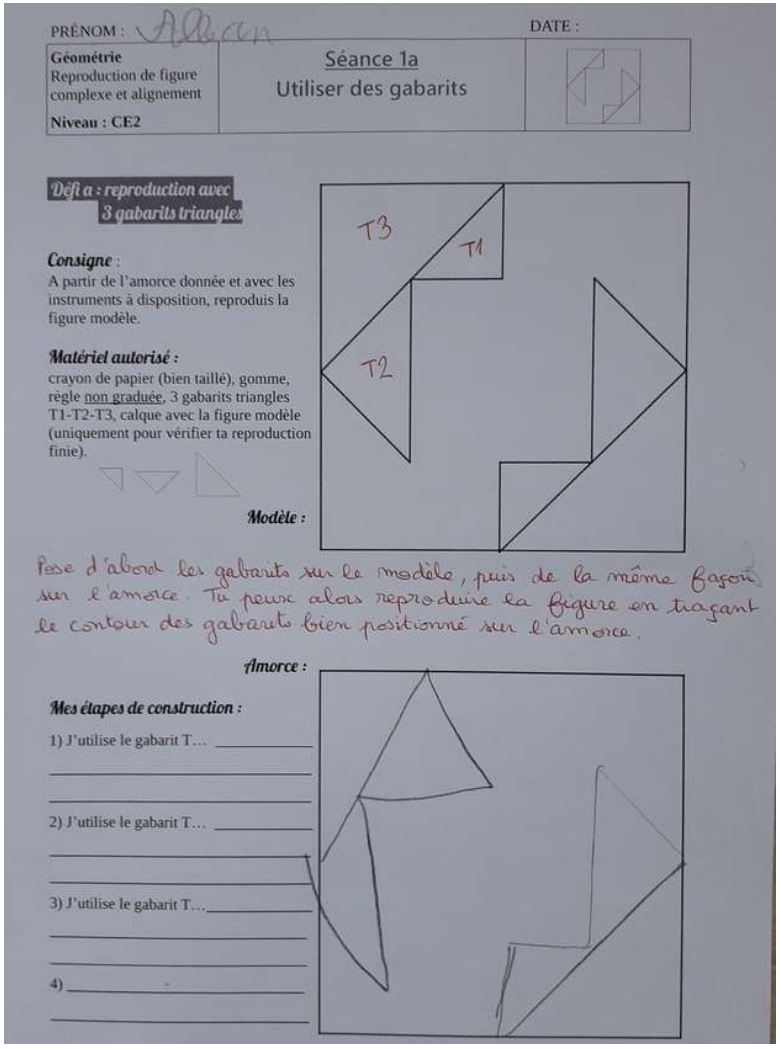
Modèle :

Amorce :

Mes étapes de construction :

1) J'utilise le gabarit T3 je le mets dans un angle et je trace
2) J'utilise le gabarit T1 je le mets sur le trait ~~la~~ où je trace le triangle
3) J'utilise le gabarit T2
4)

b) Élève en difficulté (Alban)



PRÉNOM : Alban

DATE :

Géométrie
Reproduction de figure complexe et alignement

Niveau : CE2

Séance 1a
Utiliser des gabarits

Défi a : reproduction avec 3 gabarits triangles

Consigne :
A partir de l'amorce donnée et avec les instruments à disposition, reproduis la figure modèle.

Matériel autorisé :
crayon de papier (bien taillé), gomme, règle non graduée, 3 gabarits triangles T1-T2-T3, calque avec la figure modèle (uniquement pour vérifier ta reproduction finie).

Modèle :

Pose d'abord les gabarits sur le modèle, puis de la même façon sur l'amorce. Tu peux alors reproduire la figure en traçant le contour des gabarits bien positionné sur l'amorce.

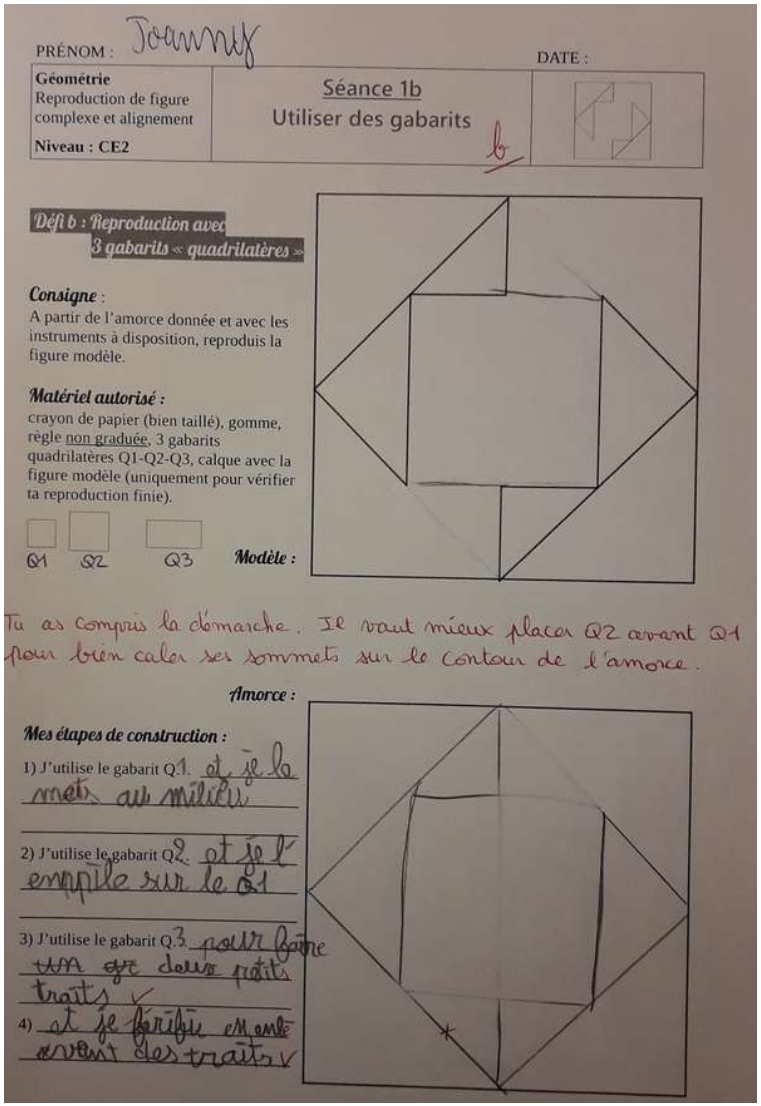
Amorce :

Mes étapes de construction :

1) J'utilise le gabarit T…
2) J'utilise le gabarit T…
3) J'utilise le gabarit T…
4)

ANNEXE 3 : Fiches élève complétées – Activité S1b (séance 1)

a) Élèves en réussite (Joanny, Malone)



PRÉNOM : Joanny

DATE :

Géométrie Reproduction de figure complexe et alignement Niveau : CE2	Séance 1b Utiliser des gabarits b	

Défi b : Reproduction avec 3 gabarits « quadrilatères »

Consigne :
A partir de l'amorce donnée et avec les instruments à disposition, reproduis la figure modèle.

Matériel autorisé :
crayon de papier (bien taillé), gomme, règle non graduée, 3 gabarits quadrilatères Q1-Q2-Q3, calque avec la figure modèle (uniquement pour vérifier ta reproduction finie).

Q1 Q2 Q3

Modèle :

Tu as compris la démarche. Il vaut mieux placer Q2 avant Q1 pour bien caler ses sommets sur le contour de l'amorce.

Amorce :

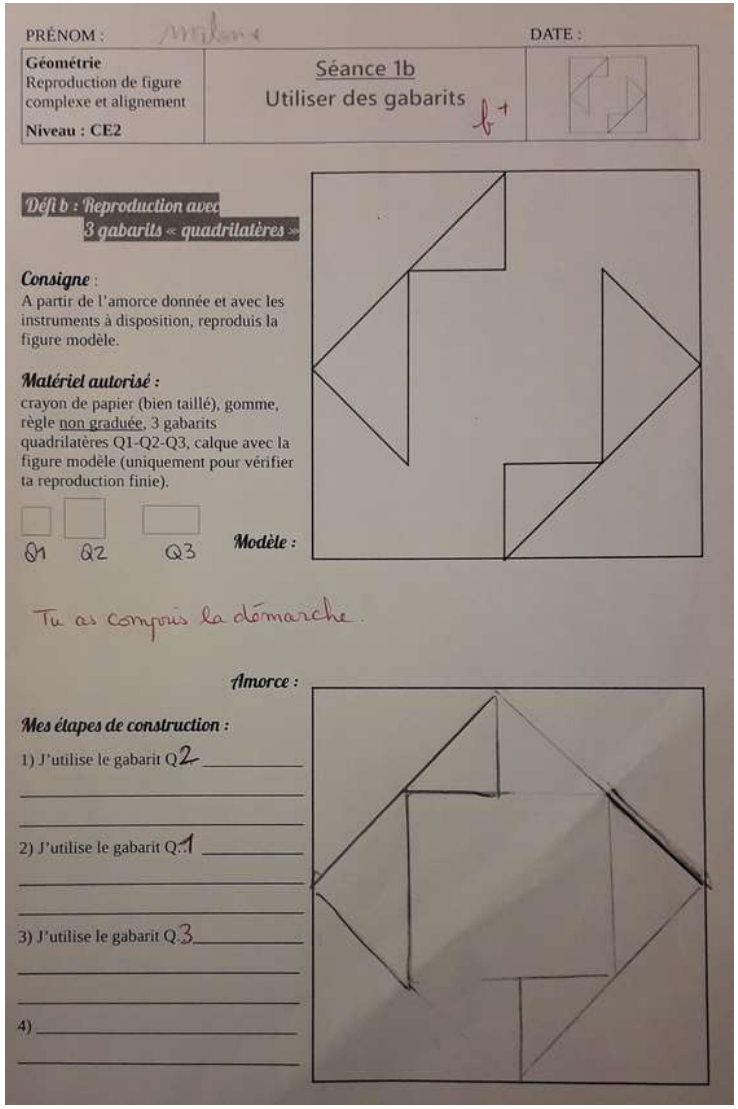
Mes étapes de construction :

1) J'utilise le gabarit Q1. et je le mets au milieu

2) J'utilise le gabarit Q2. et je l'empile sur le Q1

3) J'utilise le gabarit Q3. pour faire ~~un~~ ~~gr~~ deux petits traits ✓

4) et je vérifie en entre avant des traits ✓



PRÉNOM : Malone

DATE :

Géométrie Reproduction de figure complexe et alignement Niveau : CE2	Séance 1b Utiliser des gabarits b+	

Défi b : Reproduction avec 3 gabarits « quadrilatères »

Consigne :
A partir de l'amorce donnée et avec les instruments à disposition, reproduis la figure modèle.

Matériel autorisé :
crayon de papier (bien taillé), gomme, règle non graduée, 3 gabarits quadrilatères Q1-Q2-Q3, calque avec la figure modèle (uniquement pour vérifier ta reproduction finie).

Q1 Q2 Q3

Modèle :

Tu as compris la démarche.

Amorce :

Mes étapes de construction :

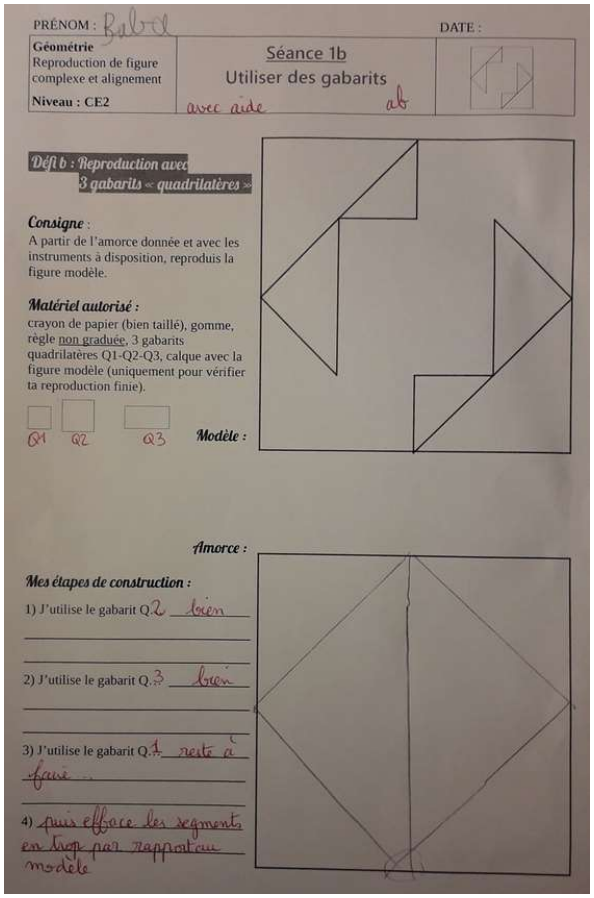
1) J'utilise le gabarit Q2

2) J'utilise le gabarit Q1

3) J'utilise le gabarit Q3

4)

b) Élèves en difficulté (Baba, Judith, Loly)



PRÉNOM : Baba DATE :

Géométrie
Reproduction de figure complexe et alignement
Niveau : CE2

Séance 1b
Utiliser des gabarits
avec aide ab

Défi b : Reproduction avec 3 gabarits « quadrilatères »

Consigne :
A partir de l'amorce donnée et avec les instruments à disposition, reproduis la figure modèle.

Matériel autorisé :
crayon de papier (bien taillé), gomme, règle non graduée, 3 gabarits quadrilatères Q1-Q2-Q3, calque avec la figure modèle (uniquement pour vérifier ta reproduction finie).

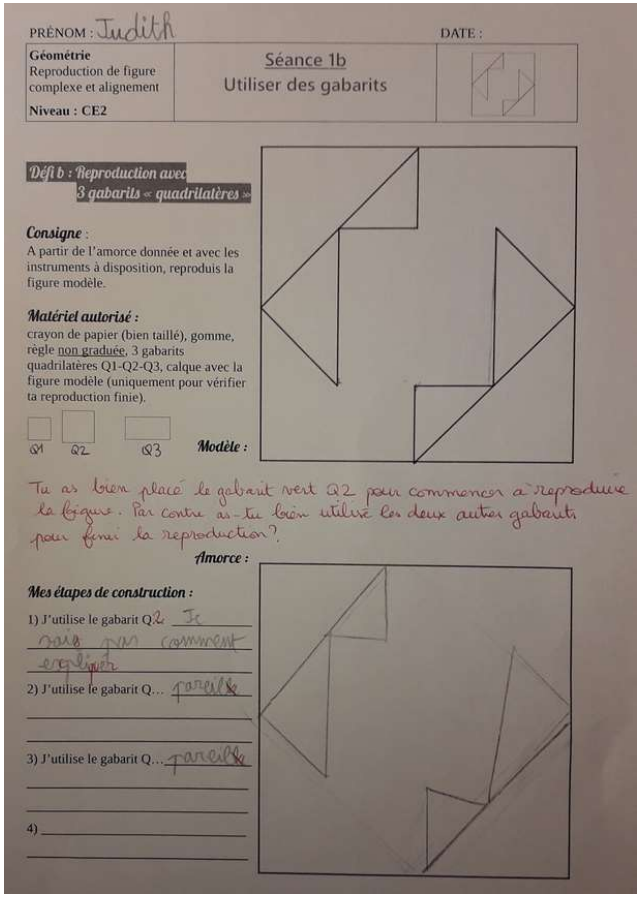
Q1 Q2 Q3

Modèle :

Amorce :

Mes étapes de construction :

1) J'utilise le gabarit Q2 bien
2) J'utilise le gabarit Q.3 bien
3) J'utilise le gabarit Q.1 reste à faire
4) puis efface les segments en trop par rapport au modèle



PRÉNOM : Judith DATE :

Géométrie
Reproduction de figure complexe et alignement
Niveau : CE2

Séance 1b
Utiliser des gabarits

Défi b : Reproduction avec 3 gabarits « quadrilatères »

Consigne :
A partir de l'amorce donnée et avec les instruments à disposition, reproduis la figure modèle.

Matériel autorisé :
crayon de papier (bien taillé), gomme, règle non graduée, 3 gabarits quadrilatères Q1-Q2-Q3, calque avec la figure modèle (uniquement pour vérifier ta reproduction finie).

Q1 Q2 Q3

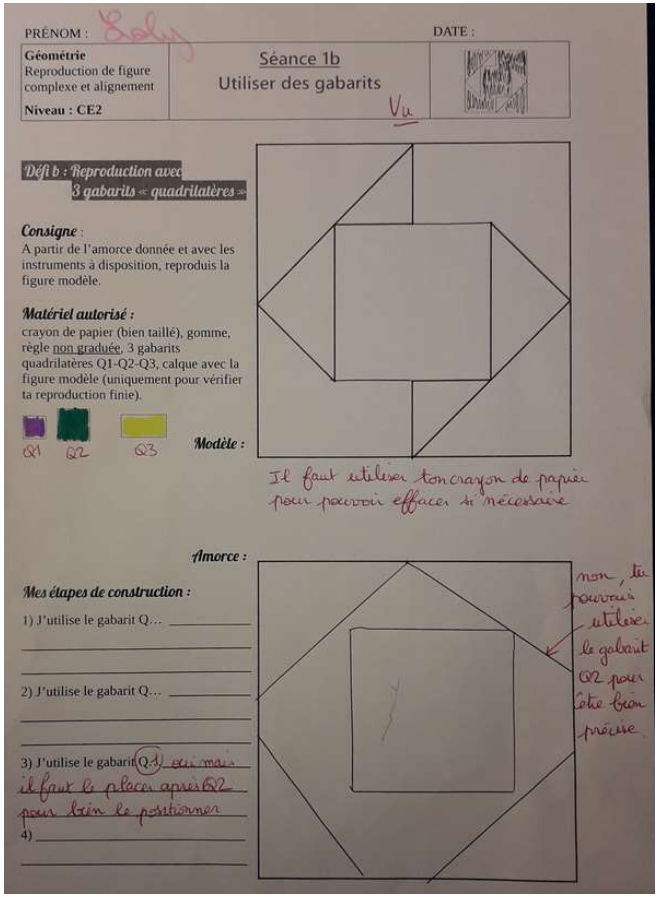
Modèle :

Tu as bien placé le gabarit vert Q2 pour commencer à reproduire la figure. Par contre as-tu bien utilisé les deux autres gabarits pour finir la reproduction ?

Amorce :

Mes étapes de construction :

1) J'utilise le gabarit Q2 Je sais pas comment expliquer
2) J'utilise le gabarit Q… pareil
3) J'utilise le gabarit Q… pareil
4)



PRÉNOM : Loly DATE :

Géométrie
Reproduction de figure complexe et alignement
Niveau : CE2

Séance 1b
Utiliser des gabarits
Vu

Défi b : Reproduction avec 3 gabarits « quadrilatères »

Consigne :
A partir de l'amorce donnée et avec les instruments à disposition, reproduis la figure modèle.

Matériel autorisé :
crayon de papier (bien taillé), gomme, règle non graduée, 3 gabarits quadrilatères Q1-Q2-Q3, calque avec la figure modèle (uniquement pour vérifier ta reproduction finie).

Q1 Q2 Q3

Modèle :

Il faut utiliser ton crayon de papier pour pouvoir effacer si nécessaire

Amorce :

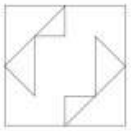
Mes étapes de construction :

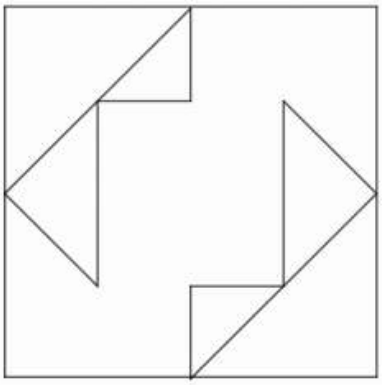
1) J'utilise le gabarit Q…
2) J'utilise le gabarit Q…
3) J'utilise le gabarit Q1 oui mais il faut le placer après Q2 pour bien le positionner
4)

non, tu pouvais utiliser le gabarit Q2 pour être bien précise

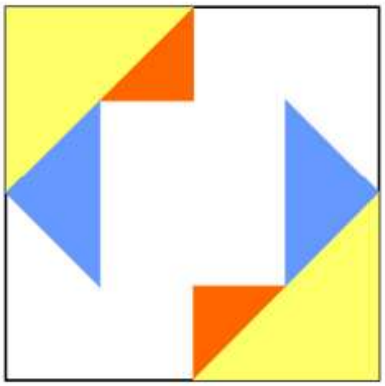
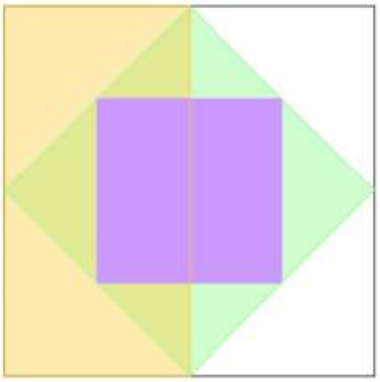
ANNEXE 4 : Fiche Bilan de la séance 1 (texte à trous complétés)

PRÉNOM : DATE :

Géométrie Reproduction de figure complexe et alignement **Niveau : CE2**	Séance 1 - Bilan Reproduction d'une figure complexe avec des gabarits	

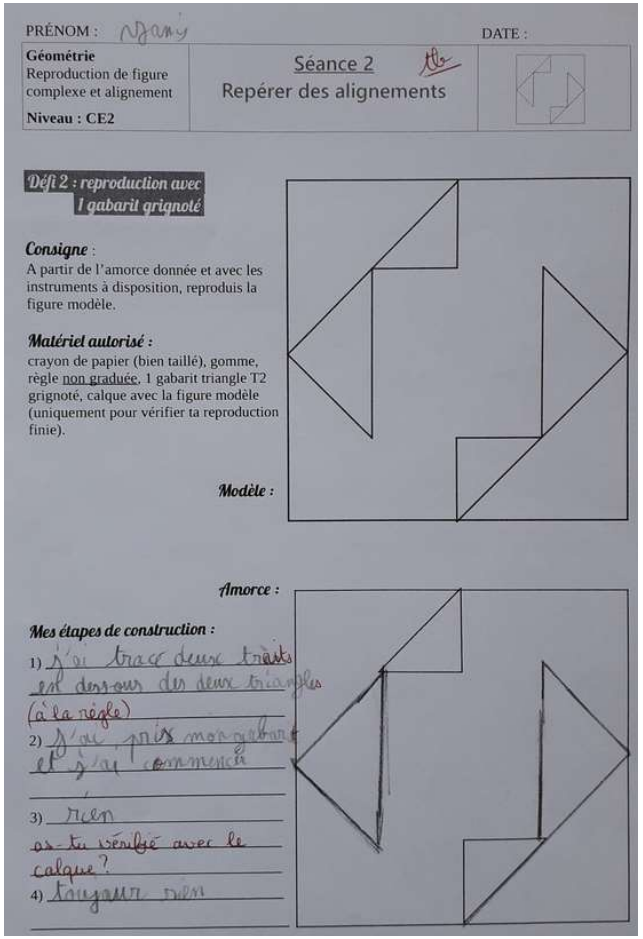


Cette **figure modèle** peut être reproduite à l'aide de gabarits. C'est ce que nous avons fait dans les défis a et b à partir d'une amorce du contour carré de la figure.

Bilan défi a :	Bilan défi b :
	
Dans cette figure complexe, on peut voir des triangles de différentes tailles : deux petits (T1 orange), deux moyens (T2 bleu) et deux grands (T3 jaune). Un des côtés du triangle orange et un des côtés du triangle bleu forment ensemble un côté du triangle jaune. Les gabarits triangles sont ici juxtaposés.	Dans cette figure complexe, on peut voir trois quadrilatères : un petit carré (Q1 violet), un moyen carré (Q2 vert) et un rectangle (Q3jaune). Parfois il faut effacer une partie de leur côté pour pouvoir reproduire la figure. Les gabarits quadrilatères sont ici superposés.

ANNEXE 5 : Fiches élève complétées – Activité S2 (séance 2)

a) Élèves en réussite (Yanis, Margot, Emin)



PRÉNOM : Yanis DATE :

Géométrie
Reproduction de figure complexe et alignement
Niveau : CE2

Séance 2 tb
Repérer des alignements

Défi 2 : reproduction avec 1 gabarit grignoté

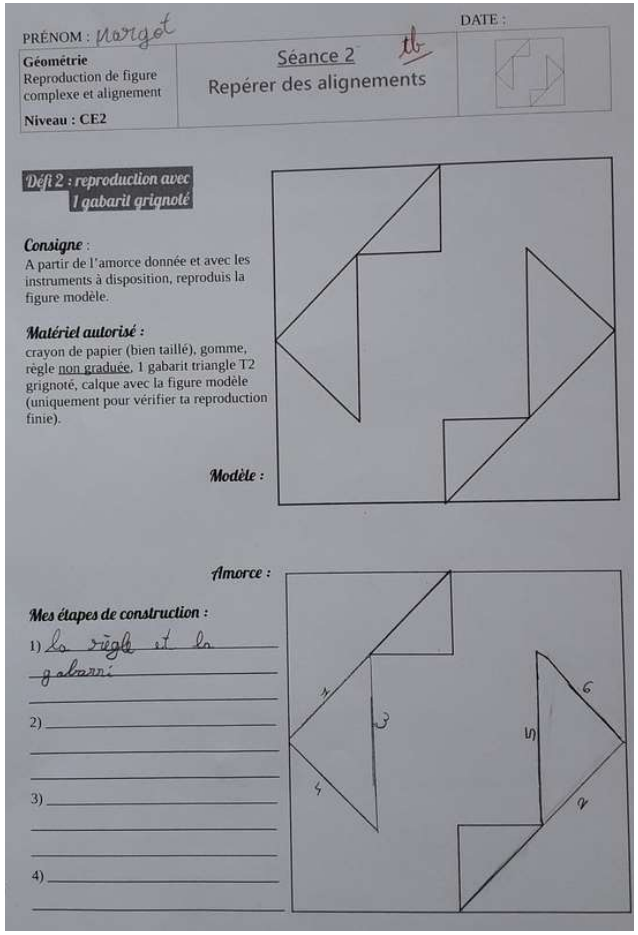
Consigne :
A partir de l'amorce donnée et avec les instruments à disposition, reproduis la figure modèle.

Matériel autorisé :
crayon de papier (bien taillé), gomme, règle non graduée, 1 gabarit triangle T2 grignoté, calque avec la figure modèle (uniquement pour vérifier ta reproduction finie).

Modèle :

Amorce :

Mes étapes de construction :
1) j'ai tracé deux traits en dessous des deux triangles (à la règle)
2) j'ai pris mon gabarit et j'ai commencé
3) rien
as-tu vérifié avec le calque ?
4) toujours rien



PRÉNOM : Margot DATE :

Géométrie
Reproduction de figure complexe et alignement
Niveau : CE2

Séance 2 tb
Repérer des alignements

Défi 2 : reproduction avec 1 gabarit grignoté

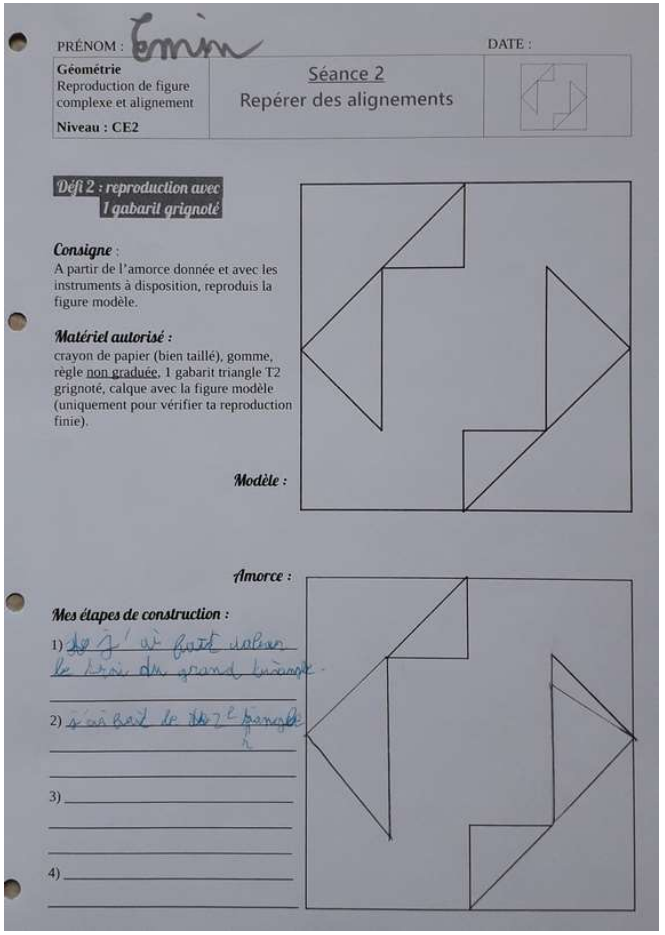
Consigne :
A partir de l'amorce donnée et avec les instruments à disposition, reproduis la figure modèle.

Matériel autorisé :
crayon de papier (bien taillé), gomme, règle non graduée, 1 gabarit triangle T2 grignoté, calque avec la figure modèle (uniquement pour vérifier ta reproduction finie).

Modèle :

Amorce :

Mes étapes de construction :
1) la règle et la gabarri
2)
3)
4)



PRÉNOM : Emin DATE :

Géométrie
Reproduction de figure complexe et alignement
Niveau : CE2

Séance 2
Repérer des alignements

Défi 2 : reproduction avec 1 gabarit grignoté

Consigne :
A partir de l'amorce donnée et avec les instruments à disposition, reproduis la figure modèle.

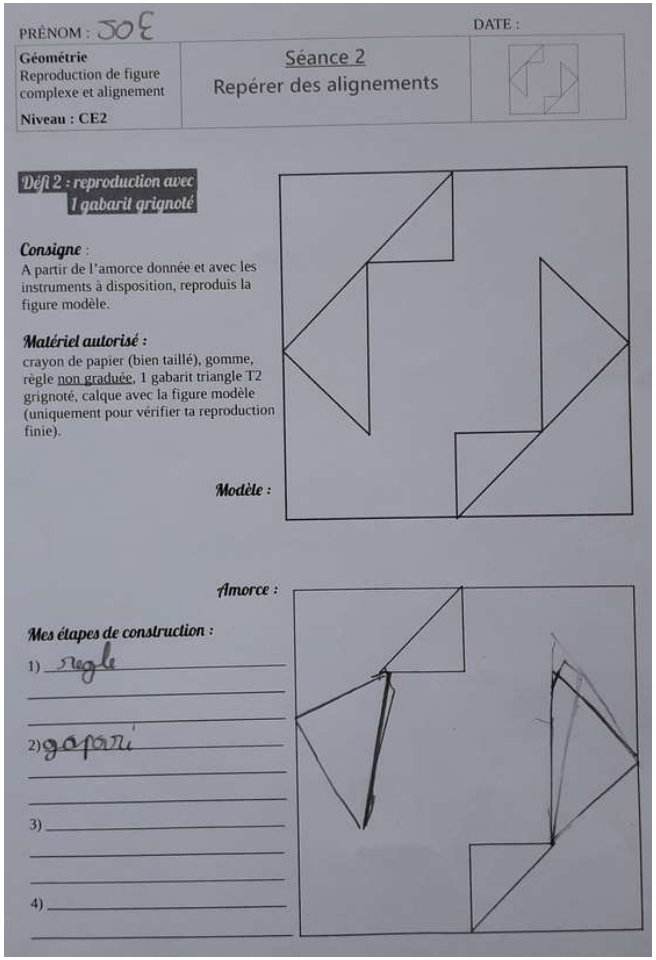
Matériel autorisé :
crayon de papier (bien taillé), gomme, règle non graduée, 1 gabarit triangle T2 grignoté, calque avec la figure modèle (uniquement pour vérifier ta reproduction finie).

Modèle :

Amorce :

Mes étapes de construction :
1) ~~de~~ j'ai fait valoir le trait du grand triangle.
2) j'ai fait le 2e triangle
3)
4)

b) Élèves en difficulté (Joé, Jules, Kenan)



PRÉNOM : JOE

DATE :

Géométrie
Reproduction de figure complexe et alignement

Niveau : CE2

Séance 2
Repérer des alignements

Défi 2 : reproduction avec 1 gabarit grignoté

Consigne :
A partir de l'amorce donnée et avec les instruments à disposition, reproduis la figure modèle.

Matériel autorisé :
crayon de papier (bien taillé), gomme, règle non graduée, 1 gabarit triangle T2 grignoté, calque avec la figure modèle (uniquement pour vérifier ta reproduction finie).

Modèle :

Amorce :

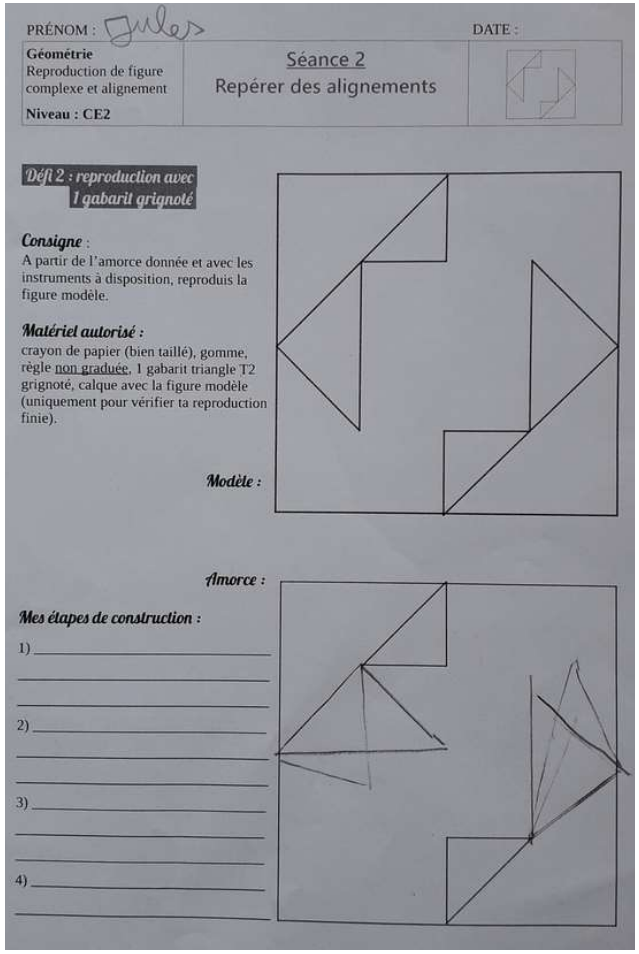
Mes étapes de construction :

1) règle

2) gapari

3)

4)



PRÉNOM : Jules

DATE :

Géométrie
Reproduction de figure complexe et alignement

Niveau : CE2

Séance 2
Repérer des alignements

Défi 2 : reproduction avec 1 gabarit grignoté

Consigne :
A partir de l'amorce donnée et avec les instruments à disposition, reproduis la figure modèle.

Matériel autorisé :
crayon de papier (bien taillé), gomme, règle non graduée, 1 gabarit triangle T2 grignoté, calque avec la figure modèle (uniquement pour vérifier ta reproduction finie).

Modèle :

Amorce :

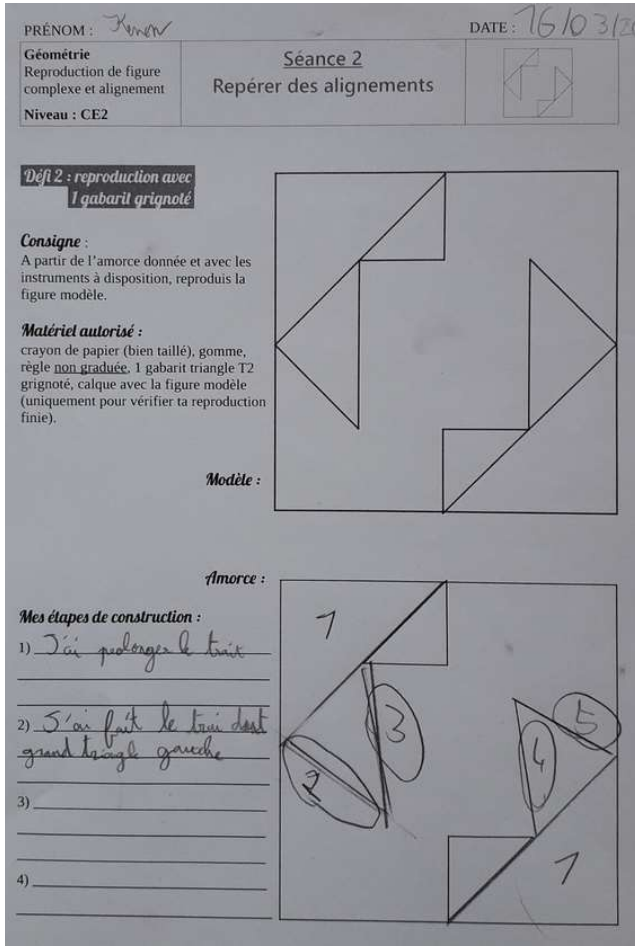
Mes étapes de construction :

1)

2)

3)

4)



PRÉNOM : Kenan

DATE : 16/03/2

Géométrie
Reproduction de figure complexe et alignement

Niveau : CE2

Séance 2
Repérer des alignements

Défi 2 : reproduction avec 1 gabarit grignoté

Consigne :
A partir de l'amorce donnée et avec les instruments à disposition, reproduis la figure modèle.

Matériel autorisé :
crayon de papier (bien taillé), gomme, règle non graduée, 1 gabarit triangle T2 grignoté, calque avec la figure modèle (uniquement pour vérifier ta reproduction finie).

Modèle :

Amorce :

Mes étapes de construction :

1) J'ai prolonger le trait

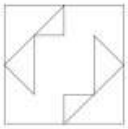
2) J'ai fait le trai dest grand triangle gauche

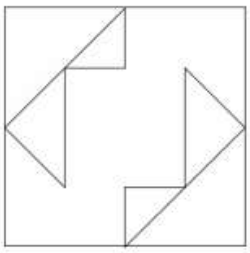
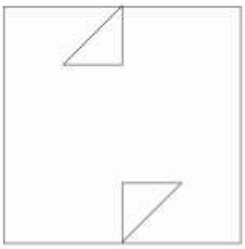
3)

4)

ANNEXE 6 : Fiche bilan de la séance 2 – (texte à trous complété)

PRÉNOM : DATE :

Géométrie Reproduction de figure complexe et alignement **Niveau : CE2**	Séance 2 - Bilan Reproduction d'une figure complexe et alignement	

		- règle non graduée - 1 gabarit triangle T2 grignoté
Figure modèle	*Amorce*	*Instruments disponibles*

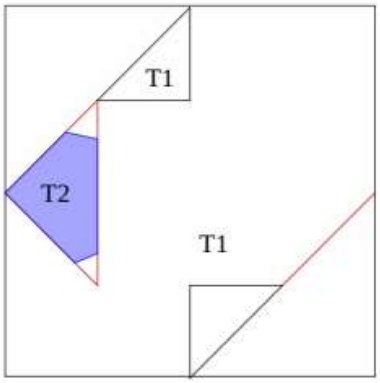
Cette **figure modèle** peut être reproduite à partir de **l'amorce** ci-dessus et à l'aide d'un **gabarit triangle grignoté** T2. C'est ce que nous avons fait lors du défi n°2.

Bilan défi n°2 :

Le gabarit T1 étant grignoté, on ne peut pas l'utiliser comme dans le défi a.

Pour reproduire cette figure complexe (la figure modèle), il faut repérer les alignements **entre les différentes figures simples qui la composent : ici, un des côtés du triangle T1 est aligné avec un des côtés du triangle T2 : ils sont sur une même** droite.

Parfois, il faut prolonger **des segments** (ici un côté du triangle T1) pour pouvoir placer correctement un autre gabarit (ici T2) ou finir correctement une reproduction. Il faut aussi remarquer la position du sommet intact du gabarit T2 posé contre le contour de la figure modèle.

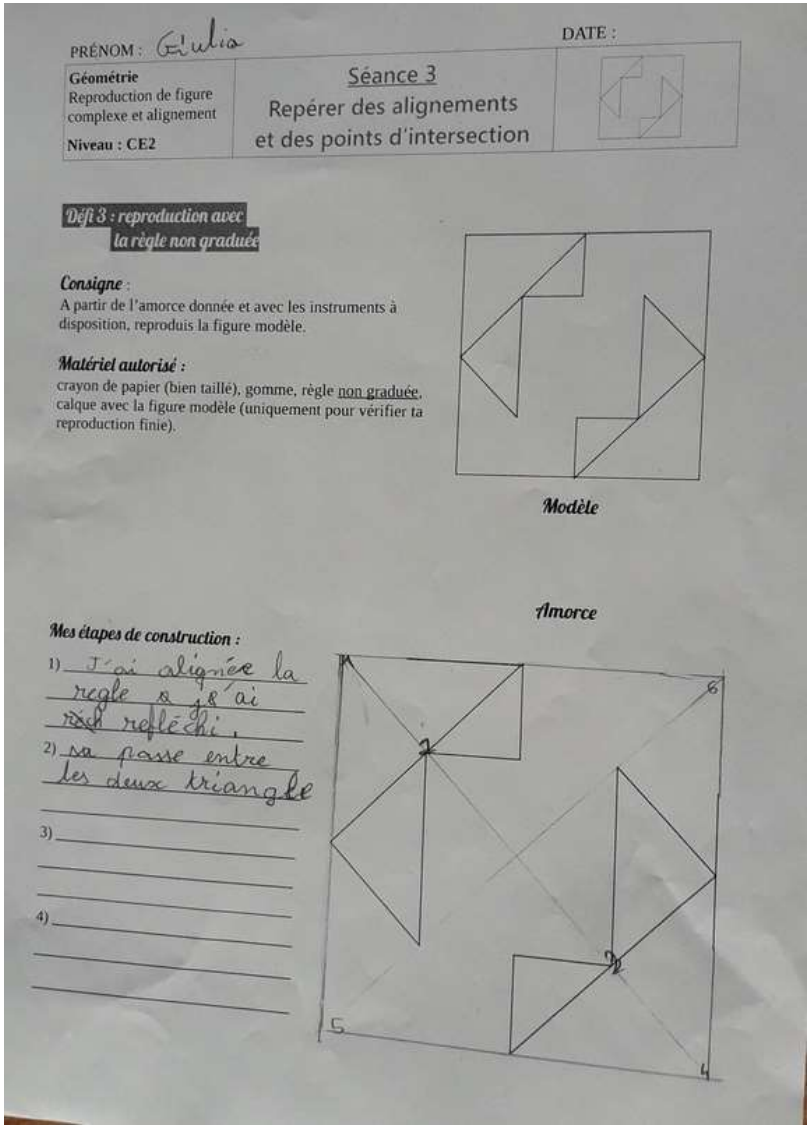


Étapes de construction :

1) Prolonger le coté de T1 jusqu'au contour.
2) Placer le gabarit grignoté T2 aligné sur la droite tracée, jusqu'à ce que le sommet intact soit posé sur le contour.
3) Tracer les segments des cotés partiels du triangle T2.
4) Prolonger ces segments pour finir le tracé.

ANNEXE 7 : Fiches élève complétées – Activité S3 (séance 3)

a) Élèves en réussite (Giulia, Louison)



PRÉNOM : Giulia

DATE :

Géométrie
Reproduction de figure complexe et alignement

Niveau : CE2

Séance 3
Repérer des alignements et des points d'intersection

Défi 3 : reproduction avec la règle non graduée

Consigne :
A partir de l'amorce donnée et avec les instruments à disposition, reproduis la figure modèle.

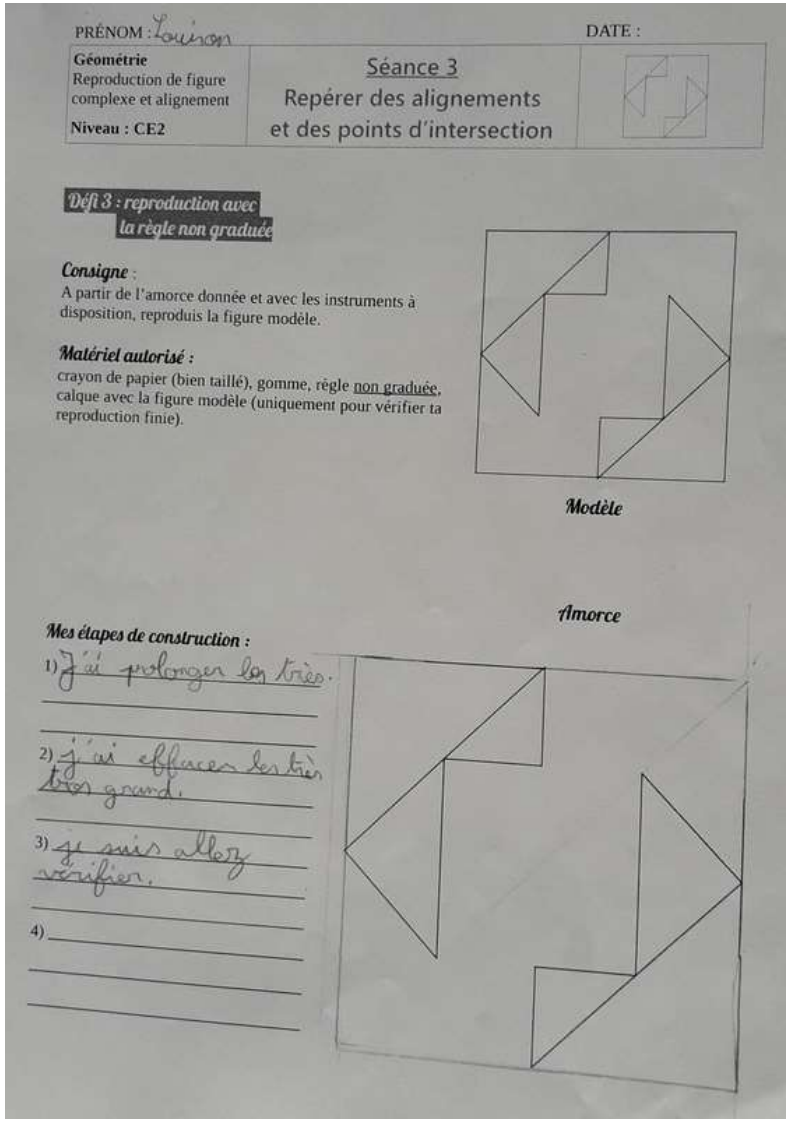
Matériel autorisé :
crayon de papier (bien taillé), gomme, règle non graduée, calque avec la figure modèle (uniquement pour vérifier ta reproduction finie).

Modèle

Amorce

Mes étapes de construction :

1) J'ai alignée la regle a j'ai réfléchi.
2) sa passe entre les deux triangle
3)
4)



PRÉNOM : Louison

DATE :

Géométrie
Reproduction de figure complexe et alignement

Niveau : CE2

Séance 3
Repérer des alignements et des points d'intersection

Défi 3 : reproduction avec la règle non graduée

Consigne :
A partir de l'amorce donnée et avec les instruments à disposition, reproduis la figure modèle.

Matériel autorisé :
crayon de papier (bien taillé), gomme, règle non graduée, calque avec la figure modèle (uniquement pour vérifier ta reproduction finie).

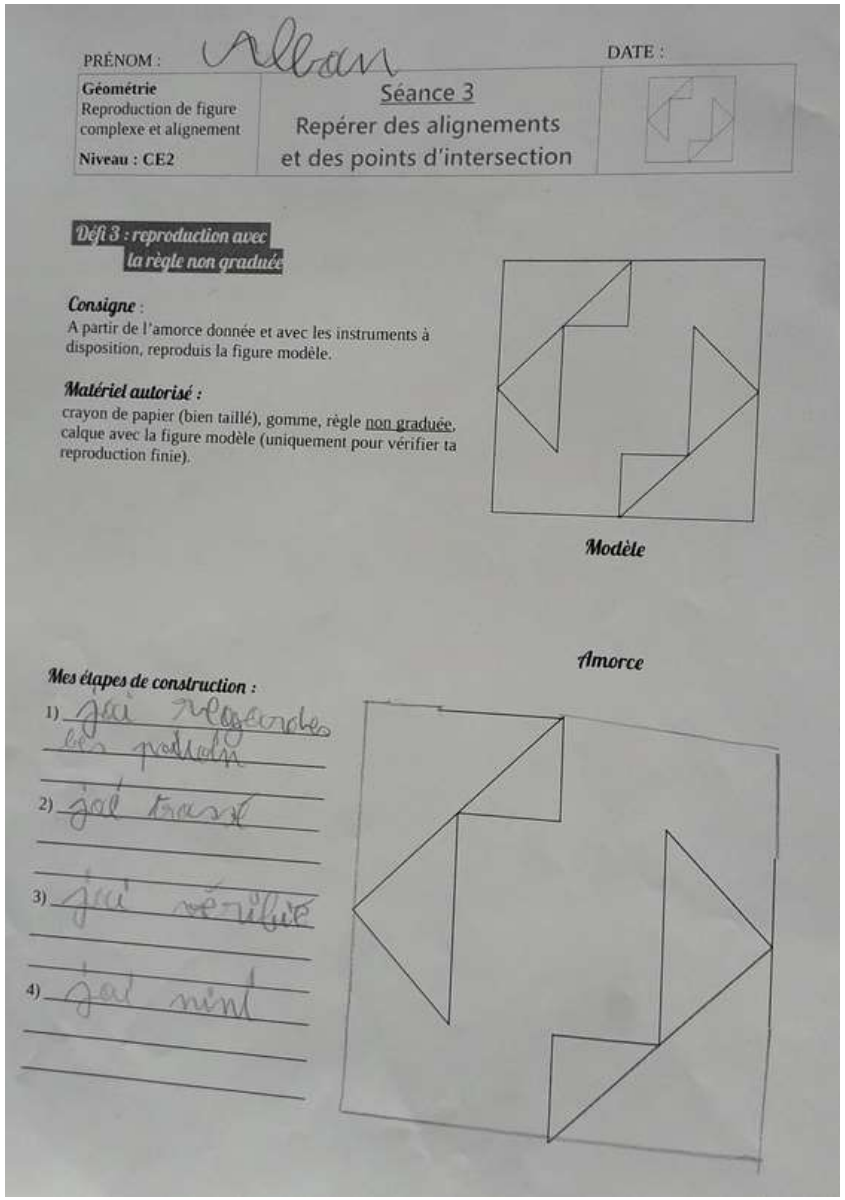
Modèle

Amorce

Mes étapes de construction :

1) J'ai prolonger les triès.
2) j'ai effacer les triès trop grand.
3) je suis allez vérifier.
4)

b) Élèves en difficulté (Alban, Baba)



PRÉNOM : Alban DATE :

Géométrie Reproduction de figure complexe et alignement Niveau : CE2	Séance 3 Repérer des alignements et des points d'intersection	

Défi 3 : reproduction avec la règle non graduée

Consigne :
A partir de l'amorce donnée et avec les instruments à disposition, reproduis la figure modèle.

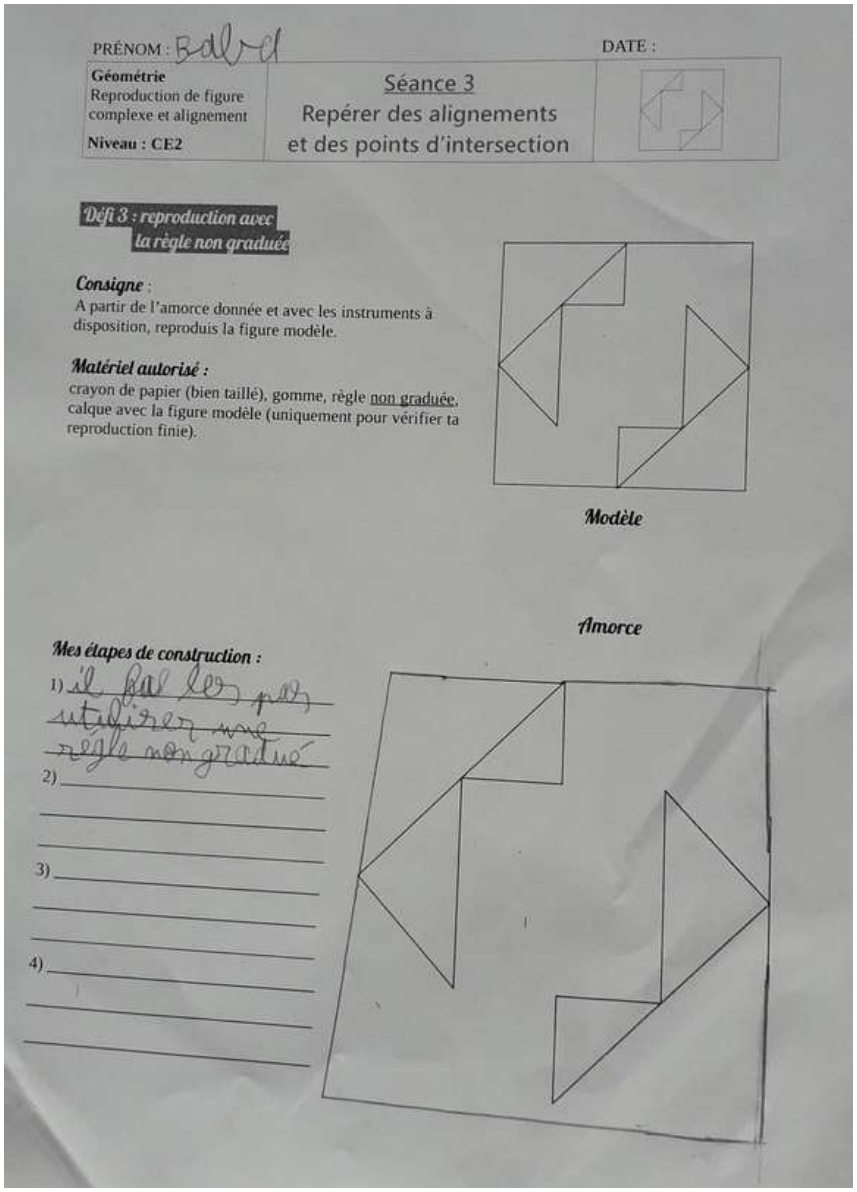
Matériel autorisé :
crayon de papier (bien taillé), gomme, règle non graduée, calque avec la figure modèle (uniquement pour vérifier ta reproduction finie).

Modèle

Amorce

Mes étapes de construction :

1) j'ai regardés les poids
2) j'ai trassé
3) j'ai vérifié
4) j'ai mint



PRÉNOM : Baba DATE :

Géométrie Reproduction de figure complexe et alignement Niveau : CE2	Séance 3 Repérer des alignements et des points d'intersection	

Défi 3 : reproduction avec la règle non graduée

Consigne :
A partir de l'amorce donnée et avec les instruments à disposition, reproduis la figure modèle.

Matériel autorisé :
crayon de papier (bien taillé), gomme, règle non graduée, calque avec la figure modèle (uniquement pour vérifier ta reproduction finie).

Modèle

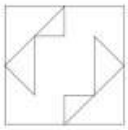
Amorce

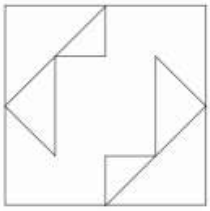
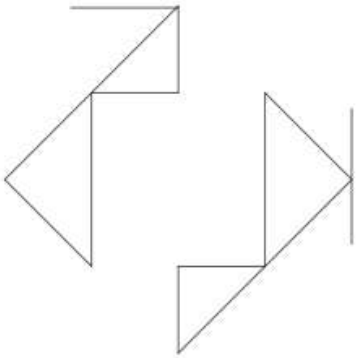
Mes étapes de construction :

1) il fal les pas utilisez une règle non gradué
2)
3)
4)

ANNEXE 8 : Fiche bilan de la séance 3

PRÉNOM : DATE :

Géométrie Reproduction de figure complexe et alignement **Niveau : CE2**	Séance 3 - Bilan Reproduction d'une figure complexe et alignement	

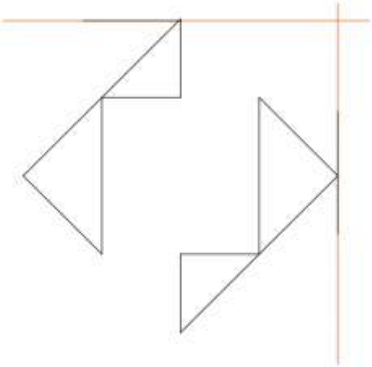
 - 1 règle non graduée *Figure modèle et instrument disponible*	 *Amorce*	Cette **figure modèle** peut être reproduite à partir de **l'amorce** ci-contre et à l'aide d'une **règle non graduée**. C'est ce que nous avons fait lors du défi n°3.

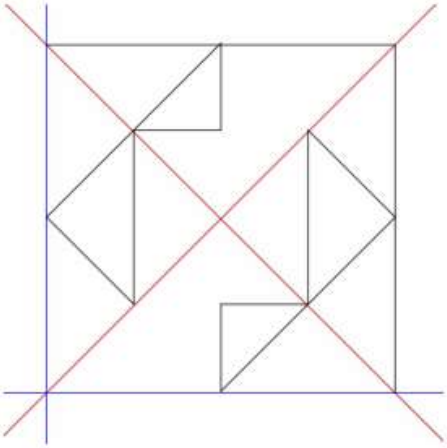
Bilan défi n°3 :

1) Pour reproduire cette figure complexe (la figure modèle), il faut d'abord prolonger **les côtés partiels du quadrilatère contour.**

2) Pour trouver les sommets manquants, il faut les construire comme des points d'intersection **de deux droites. Sur le modèle, on peut tracer les** diagonales **du quadrilatère et observer que plusieurs points de la figure complexe sont sur ces droites, dont les sommets manquants.**

3) On peut alors les tracer sur l'amorce pour retrouver les sommets manquants comme points d'intersection d'un coté et d'une diagonale.





ANNEXE 9 : Tableau de synthèse de l'évolution des procédures

Procédures des élèves selon observations et analyse des fiches complétées	Taux de réalisation au fil des séances				Dimension mobilisée
	S1a	S1b	S2	S3	
place correctement les gabarits sur le modèle	20 / 22	20 / 22	22 / 22	-	2D
place correctement les gabarits sur l'amorce	16 / 22	17 / 22	18 / 22	-	2D
repère des alignements avec des segment sur le modèle	-	6 / 22	20 / 22	-	1D et 0D
repère des alignements de points sur le modèle	-	-	-	5 / 21	0D
trace avec les gabarits	17 / 22	18 / 22	18 / 22	-	1D
trace avec la règle non graduée		7 / 22	18 / 22	-	1D
trouve le 1er sommet comme un point d'intersection	-	-	-	19 / 21	0D
efface des segments	-	9 / 22	2 / 22	7 / 21	1D
prolonge d'abord un ou les segments sur l'amorce	-	-	20 / 22	21 / 21	1D
prolonge les cotés en respectant l'alignement	-	-	-	19 / 21	1D
tentative de mesure	-	0 / 22	1 / 22	2 / 21	1D
trace une diagonale sur le modèle	-	-	-	0 / 21	1D
trace une diagonale sur l'amorce	-	-	-	5 / 21	1D
trouve les points d'intersection pour tracer les 2 derniers côtés	-	-	-	**5 / 21**	**0D**
trace par estimation les 2 derniers côtés (reconnaît carré)	-	-	-	16 / 21	1D/2D
Ajustement de la restauration avec le calque	-	1/21	-	2 / 21	
Auto-validation avec le calque	-	11 / 22	11 / 22	19 / 21	2D
reproduction correcte	**16 / 22**	**13 / 22**	**11 / 22**	**12 / 21**	
précision et soin	10 / 22	9 / 22	13 / 22	15 / 21	
indique étapes de construction	-	-	14 / 22	12 / 21	
étapes de construction justes	16 / 22	13 / 22	-	-	
pense à caler T2 avec le sommet sur le contour		-	19 / 22	-	0D

Légende des couleurs

En vert :	Procédure attendue avec évolution positive
En rose :	Procédure attendue peu ou non réalisée
En jaune :	Procédure non attendue
En blanc	Complément d'information

Institut national supérieur du professorat et de l'éducation
Académie de Grenoble

Année universitaire 2020-2021

DU Métiers de l'enseignement, de l'éducation et de la formation
Mention Premier degré

Titre : La restauration de figure au cycle 2 au service de la conceptualisation d'alignement, de droite et de point

Auteur : Soizic POIRET (BUISSON)

Résumé : Le passage de la géométrie perceptive à la géométrie analytique au cycle 2 constitue une difficulté récurrente pour les élèves. En s'appuyant sur les recherches récentes, l'expérimentation menée dans une classe de CE2 propose des activités de restauration d'une figure complexe avec une progressivité dans la déconstruction dimensionnelle, et une variation sur les instruments disponibles et l'amorce. La séquence vise à faire évoluer le regard des élèves sur la figure pour qu'ils identifient les relations d'alignement existantes entre ses éléments de dimension 1 (les droites) et de dimension 0 (les points). En analysant les procédures mises en œuvre et leurs évolutions, on constate que l'identification et l'utilisation d'éléments de dimension 1 évoluent favorablement, tout comme le repérage d'alignements. Toutefois, la notion de point reste encore difficile d'accès pour beaucoup d'élèves.
Mots clés : Enseignement des mathématiques - Géométrie – Cycle 2 - CE2 – figure complexe - amorce – instrument

Abstract: The transition from perceptual geometry to analytical geometry in key stage 2 is a recurring difficulty for the students. Building on recent research, the experimentation conducted in a CE2 class offers activities of restoration of a complex assembly with a graduality in dimensional deconstruction, and variation on the available instruments and primer. The aim is to change the way students look at the figure so that they identify the alignment relationships that exist between its elements of dimension 1 (the lines) and of dimension 0 (the points). By analyzing the procedures implemented and their evolutions, we see that the identification and use of dimension 1 elements is progressing favorably, also as the identification of alignments. However, the notion of point remains difficult to access for many.

Keywords: teaching of mathematics, geometry, key stage 2, complex assembly, primer - instrument