Travail de fin d'études

L'Art, un vecteur d'apprentissage des mathématiques dans l'enseignement général et spécialisé.

Présenté par

CHAMPAGNE Iris

En vue de l'obtention du grade de

Bachelier – A.E.S.I. Section : Normale secondaire

Sous-section : Mathématiques

Braine-le-Comte
Année académique 2019-2020

PÉDAGOGIQUE

L'Art, un vecteur d'apprentissage des mathématiques dans l'enseignement général et spécialisé.

Remerciements :

« Chaque tic-tac est une seconde de la vie qui passe, s'enfuit et ne se répète pas. Et il y a en elle tant d'intensité, tant d'intérêt, que l'unique problème est de savoir la vivre. Que chacun le résolve comme il pourra » Frida Kahlo.

Parce qu'un TFE c'est l'aboutissement de trois années d'étude, mon premier merci c'est à toi que je le dois, Hadrien. Parce qu'au moment où l'on a décidé que je reprenne cette formation, tu n'avais, comme moi, pas conscience de tous les sacrifices que cela impliquerait. Et pourtant, tu n'as cessé de m'écouter, de soutenir chacune de mes petites lubies didactiques (de supporter mon bordel créatif…), de me porter à bout de bras dans les moments les plus compliqués et de croire en moi bien plus que je ne pourrais jamais le faire. Aujourd'hui, et encore plus qu'il y a trois ans, je mesure la chance que j'ai de vivre à tes côtés – vivement juillet 2021 -. Évidemment, je ne peux poursuivre ces quelques lignes sans remercier l'amour de notre vie. Marcus, mon tout petit bébé, je me souviens du jour où je suis rentrée à la HELHa, c'était une première pour toi aussi puisque tu passais tes premiers moments à la crèche. Je n'avais qu'une hâte, celle de te retrouver, comme lors de chacune des journées qui ont suivi. Ton regard espiègle, ton caractère un peu trop bien trempé (merci maman !), tes premiers pas, tes nombreux premiers mots (merci papa !), ~~tes terribles nuits~~, ton amour inconditionnel des voitures, tes gestes pas du tout délicats, ~~tes poussées dentaires~~ (parce qu'avec toi, les dents ne sortaient qu'en période d'examen…) ont été mes plus grandes motivations. Pour toi, je serais capable de tout. Je suis tellement fière d'être ta maman « qui fait des maths ».

Parce qu'un TFE c'est aussi une partie de soi-même avec toutes les imperfections que cela induit, merci à mes deux promotrices, madame D'Hoedt et madame Denayst pour m'avoir guidée, conseillée et rassurée. Avoir un TFE dirigé par deux professeurs de mathématiques, ce n'est pas commun et pourtant, dans mon cas, c'était la seule manière de boucler la boucle. Car c'est sans aucun doute dans ce domaine que mes apprentissages auront été les plus importants. Madame D'Hoedt, vous m'avez appris la précision des mathématiques, vous m'avez poussée plus loin que je ne m'en sentais capable et toujours avec beaucoup de bienveillance. Madame Denayst, merci d'avoir répondu présente à chaque fois que je vous ai sollicitée, même lorsque vous ne me suiviez pas en stage. C'était très enrichissant de penser mes dispositifs avec vous.

Parce que la moitié d'un TFE c'est de la pratique, merci à toutes mes maîtres de stage : Madame Bruynbroeck, madame Visée et madame De Valck, pour m'avoir fait confiance, pour m'avoir conseillée sur mes dispositifs, pour m'avoir laissée les concrétiser dans vos classes. Je remercie aussi mes élèves pour leur enthousiasme et leurs retours. J'ai hâte d'enfin les retrouver !

Parce qu'elle a inspiré le fil conducteur de ce TFE, un merci particulier à madame Fayt. Vous avoir comme psychopédagogue était une chance inestimable. Avec vous, j'ai appris mais j'ai surtout beaucoup partagé sur ma vision de l'enseignement. Votre écoute, vos encouragements intarissables ont apporté la dimension humaine essentielle à tout apprentissage.

Parce qu'un TFE c'est également un travail d'équipe, merci à mes petites mains : Hadrien et Fabienne pour les nombreuses relectures et Florent pour les simulations d'œuvres.

Un dernier merci à mon entourage pour m'avoir encouragée durant ces trois années. Ma famille d'abord, maman, JP (merci pour tes bons petits plats !) et Lily. Mes amies de toujours ensuite, Coline, Adélaïde, Delphine, Julie et Adeline. Ceux que je n'oublierai jamais enfin, Moeke, Tonton et ma petite Mamy.

Sommaire

I. Partie théorique 8

1. Introduction : pourquoi vouloir utiliser la complémentarité des arts et des mathématiques ? 9

1.1 La complémentarité d'une vie 9

1.2 Une complémentarité historiquement définie. 10

1.2.1 Quand les principes mathématiques fondent l'art. 11

1.2.2 Quand les mathématiques sont intégrées aux œuvres d'art pour révolutionner le genre. 13

1.2.3 Quand les mathématiques deviennent sujet d'art en soi. 16

1.3 Quelle place occupe l'art au sein des programmes scolaires et au sein du Pacte d'Excellence ? 16

1.4 Une complémentarité liée au transfert d'apprentissage pour lutter contre le désintérêt scolaire des mathématiques ? 20

2. La complémentarité entre les arts et les mathématiques en phase de contextualisation 24

2.1 Sur quelles bases entendons-nous utiliser l'art au sein de nos dispositifs en contextualisation ? 25

2.1.1 La pluralité de possibilités de l'art plastique 25

2.1.2 La nécessité d'un ancrage quotidien dans l'art utilisé en contextualisation 29

2.2 Le choix du street-art en phase de contextualisation mathématique 31

2.3Le choix de l'Art Déco en phase de contextualisation mathématique 32

3. La complémentarité entre les arts et les mathématiques en phase de décontextualisation. 35

3.1 La nécessité de la décontextualisation par la manipulation dans l'apprentissage scolaire 35

3.2 Une pratique bénéfique pour tous 36

3.3 Les obstacles à la généralisation de cette pratique 39

4. La complémentarité entre les arts et les mathématiques en phase de recontextualisation 46

4.1 Le concept de créativité : une notion difficile à cerner. 46

4.2 Le modèle des 5P de Suzanne Filteau 47

4.3 La créativité en milieu scolaire : des appréhensions qui ne devraient pas être. 50

II. Partie pratique 55

5. Brève exposition de la méthodologie employée et présentation des écoles où elle a été testée. 56
5.1 Présentation de la structure à venir 56
5.2 Présentation de l'Athénée Royal Uccle 1 et de nos classes de stage 56
5.3 Présentation de l'EEPSIS et de nos classes de stage 57
6. Analyse du dispositif utilisé dans la séquence sur les angles dans un cercle, dispensée en troisième générale à l'Athénée Royal Uccle 1. 60
6.1 Phase de contextualisation 60
6.2 Phase de décontextualisation 61
6.2.1 Situation-problème initiale 61
6.2.2 Matériel mis à disposition 62
6.2.3 Analyse après déroulement 63
6.3 Recontextualisation 68
6.3.1 Le processus 68
6.3.2 La personne 69
6.3.3 Le produit 70
6.3.4 La période 71
6.3.5 La place 71
7. Séquence portant sur les échelles, dispensée en phase 3 à l'E.E.P.S.I.S. 73
7.1 Contextualisation 73
7.2 Décontextualisation 74
7.2.1 Situation-problème initiale 74
7.2.2 Matériel mis à disposition 76
7.2.3 Analyse après déroulement 76
7.2.4 Le cas de la remédiation 80
7.3 Recontextualisation 81
7.3.1 Le processus 81
7.3.2 La personne 83
7.3.3 Le produit 84
7.3.4 La période 84
7.3.5 La place 85
8. Séquence portant sur les notions de géométrie, dispensée en phase 2 à l'E.E.P.S.I.S. 86
8.1Contextualisation 86
8.2 Décontextualisation 89
8.3 Recontextualisation 92

8.3.1 Le processus 92
8.3.2 La personne 93
8.3.3 Le produit.. 94
8.3.4 La période.. 95
8.3.5 La place 95
9. Conclusion 96
10. Bibliographie.. 99
10.1 Articles de périodique papier 99
10.2 Articles de périodiques électroniques.. 99
10.3 Monographies et parties de monographies papier 100
10.4 Actes de colloque.. 101
10.5 Mémoires ou thèses de doctorat.. 101
10.6 Pages web 102
10.7 Documents officiels 103
III. Annexes………………………..………………..……………………….i-lxxxviii

I. Partie théorique

1. Introduction : pourquoi vouloir utiliser la complémentarité des arts et des mathématiques ?

1.1 La complémentarité d'une vie

De prime abord, la volonté de lier le domaine artistique et la science mathématique aurait pu apparaitre comme un pari risqué. Pourtant, cette association n'a eu de cesse, ces dernières années, de produire quantité d'articles et de monographies aux prismes les plus divers. Une vogue qui s'est aussi illustrée en haut lieu avec la création de l'European Society for Mathematics and Arts en 2010. Déplorant la panique que génèrent les mathématiques auprès des élèves, l'organisme entend communiquer largement et positivement sur cette discipline, à destination de tous les publics et en prenant par là le contrepied des spécialistes travaillant en cercle restreint.

Mais par quel biais peut-on espérer une réconciliation entre les mathématiques et ses récepteurs potentiels ? Pour Bruter (2011), la voie la plus simple serait de populariser une alliance systématique entre les arts et les mathématiques : « les arts plastiques ont de tout temps occupé une place prépondérante dans les techniques de communication. Pourquoi ne pourrait-il pas en être de même dans les échanges entre le public et les mathématiciens […]. La collaboration entre mathématiciens et artistes peut conduire à affaiblir les barrières psychologiques qui séparent la communauté des mathématiciens du public en général. Les artistes les [les formes mathématiques] font connaitre auprès des néophytes, familiarisent le public avec elles. Leur caractère abstrait s'estompe, elles acquièrent une matérialité, une évidence concrète, palpable, directement assimilable par les sens, et par induction, assimilable par la pensée. »

Lorsque nous tombons sur cette réflexion dans le cadre de nos recherches liminaires pour cette production, elle suscite chez nous une résonance particulière et ce, pour deux raisons. Premièrement, elle répond à notre désir de vouloir combiner dans ce travail notre ancienne et nouvelle formation. En effet, il y a sept ans, nous sommes sortie de l'Université Libre de Bruxelles avec un diplôme d'Histoire de l'Art et Archéologie dans la poche. C'était l'aboutissement d'un choix d'études par défaut auquel nous avions fini par prendre goût, une inclination que nous espérions pouvoir transmettre dans le milieu scolaire grâce à notre orientation didactique. Comme souvent, la réalité fut tout autre et nous avons été ballotée d'établissements en établissements, de réseaux en réseaux, d'années en années (DI, DS, du général au professionnel) et de matières en matières : de l'histoire, du latin, un peu de bibliothéconomie mais aussi beaucoup de français. Malgré cette condition précaire et une légitimité sapée par l'introduction du décret « titres et fonctions », nous retenons de ces années une rencontre avec différents publics de l'échelle sociale, ces derniers ayant tous été enrichissants à leur manière.

Cet hétéroclisme, et ce sera le point de départ de notre deuxième raison, nous a néanmoins permis de repérer une constante que l'enseignement des mathématiques – pourtant aux antipodes de notre expérience antérieure – n'a pu infléchir : le désintérêt du public scolaire face aux savoirs enseignés. Or, à la suite de C. Bruter, nous sommes convaincue que l'art (notion qu'il nous faudra délimiter dans la suite de ces pages) et les mathématiques peuvent, en fusionnant, donner du sens aux apprentissages à condition de ne pas abuser de ce procédé. C'est pourquoi la question de recherche que nous développerons au sein de ce travail sera la suivante : « comment l'art peut-il devenir un vecteur de sens au sein de l'apprentissage des mathématiques ? »

On pourrait penser que ce sujet a été dicté par le biais de nos motivations personnelles. Heureusement, il se justifie aussi historiquement… Et scolairement**.**

1.2 Une complémentarité historiquement définie.

Lorsque l'on essaie de passer en revue la littérature scientifique traitant du lien entre mathématiques et art, on ne peut qu'éprouver un vertige face au nombre d'occurrences obtenues. La tentation serait donc grande de n'esquisser que des généralités ou encore de fournir un travail de fourmi afin de dresser le panorama le plus détaillé de la question. Compte tenu de l'orientation de notre TFE, nous avons décidé de couper, en quelque sorte, la poire en deux. Ainsi, nous avons dressé un historique mêlant tradition et modernité selon trois axes bien particuliers. Les deux premiers nous ont été inspirés par Desmarets-Pranville (2014) qui écrit, à propos du rapprochement entre les deux disciplines visées : « Il y a deux façons différentes de rencontrer les mathématiques dans le domaine de l'art, soit comme un outil aidant à la création d'une œuvre, comme, par exemple, avec l'utilisation de la perspective, soit, au contraire, lorsque l'artiste choisit de prendre des objets mathématiques comme sujet, ce qui est très présent dans l'art géométrique ». Nous nous permettrons cependant d'ajouter, de notre propre chef, un troisième axe à cette dichotomie initiale. Celui-ci s'intéressera à la façon dont les mathématiques « pures » peuvent devenir de véritables œuvres d'art.

1.2.1 Quand les principes mathématiques fondent l'art.

C'est clairement le premier axe cité par Desmarets-Pranville (2014) qui prend cours durant l'Antiquité. Dans le domaine de la sculpture, l'artiste Polykleitos va rédiger un traité sur sa discipline, *le Canon* (Annexe 1), dans lequel il va notamment déterminer les proportions parfaites du corps masculin en multipliant «la longueur de la phalange distale par la racine carrée de deux (√2) pour obtenir la distance des deuxièmes phalanges et multiplie la longueur par √2 pour obtenir la longueur des troisièmes phalanges » (HiSour) et ainsi de suite pour le reste du corps. Il s'agit donc, en quelque sorte, de recourir à un certain nombre de proportions définies dont l'influence va très largement dépasser son époque. On les retrouvera jusqu'à la Renaissance au sein de nombreuses productions. Par ailleurs, on remarquera que ce ne sera pas la dernière fois que le corps humain et les mathématiques vont s'allier pour produire des œuvres artistiques : pensons simplement à l' « Homme de Vitruve » (Annexe 2) de Leonardo Da Vinci (HiSour).

Parallèlement à ces avancées la notion de « nombre d'or » devient un autre étalon pour modeler l'œuvre artistique parfaite. Ce principe régira bon nombre de monuments de l'époque comme le Parthénon (Annexe 3) ou la pyramide de Khéops (Annexe 4). Sans cesse illustré et amélioré au niveau de sa compréhension (notamment via les travaux de Leonardo Fibonacci au Moyen-âge), il trouve un nouveau souffle, durant la Renaissance, grâce au concept de

« divine proportion » qui postule que le nombre d'or peut se retrouver appliqué dans de nombreuses œuvres d'art. C'est aussi l'époque où se généralise massivement le recours à la perspective au sein des tableaux grâce à la codification de Leon Battisti Alberti. Ce dernier conceptualisait la vision d'une œuvre d'art comme la distance entre le spectateur et l'œuvre, cet interstice étant rempli par trois rayons (extérieur, milieu et central), eux-mêmes composés de nombreux sous-rayons (exemple en Annexe 5). L'objectif de ces trois lignes de force est d'attirer l'œil humain sur l'un ou l'autre point saillant de la toile. Toutefois, cet effet sera plus au moins altéré en fonction de l'amplitude de l'angle visuel formé par ces trois rayons et dont le sommet part de l'œil lui-même. Alberti annonce en effet de façon péremptoire que si l'angle formé est aigu alors la représentation sera vue comme plus petite… On conçoit ainsi assez rapidement les implications de l'autre cas de figure (Lelouard, 2014). Le lien entre mathématiques et Beaux-Arts est désormais forgé et on verra dans les siècles suivants pas mal de transferts s'effectuer de l'un à l'autre.

Ainsi, le principe de l'anamorphose (représentation graphique en Annexe 6), essentiellement connu de nos jours par le prisme artistique, peut également être utilisé au sein du domaine mathématique. Pour construire cette technique, on projette perpendiculairement sur le sol un dessin, préalablement tracé sur « un plan *p* formant un angle « *u* » avec le sol ». La transformation est décrite analytiquement par Gabriel-Randour et Drabbe (2001) : «

$$\begin{cases} x' = x \\ y' = \dfrac{y}{\sin u} \end{cases}$$

Les axes *x, x'* sont situés sur la droite intersection des plans de la figure et du sol, les axes *y,y'* sont perpendiculaires à l'intersection » Cette technique – qui peut aussi être utilisée de façon conique, pyramidale ou cylindrique – va devenir prégnante dans l'art baroque (exemples en Annexe 7) du fait de l'instabilité de son contexte. Dans un monde bouleversé par les guerres de religion et où la vie ne tient littéralement qu'au fil de l'épée, il nait un besoin d'exagération, une urgence de dépasser les limites mais aussi une volonté de réhabiliter l'illusion pour affronter cette perspective de mort imminente. Il suffit de voir l'opulence des trompe-l'œil d'Andrea Pozzo sur les plafonds de l'Église

Sainte-Ignace de Rome (Annexe 8) pour s'en convaincre (Favennec, 2013). Ce projet gigantesque résume à lui seul cette frénésie de liberté artistique, cette absence de perception certaine dans ce qui est présenté à l'amateur.

Sous l'impulsion de Louis XIV, le Classicisme (Annexe 9) vient ensuite balayer les excentricités baroques en opérant un renouvellement de l'art par le truchement de l'imitation antique. Les mathématiques prennent une dimension encore plus prégnante au sein de l'art puisqu'elles sont quasiment érigées au rang de moteur esthétique : désormais, des aspects comme la perspective et la symétrie deviennent incontournables dans toute intention picturale, architecturale voire végétale (comme le prouvent les jardins du Château de Versailles). Le XVII^e siècle voit également l'apparition des académies d'art qui deviennent des passages obligés pour la formation de tout artiste désireux d'obtenir les faveurs du mécénat royal et par là, la célébrité.

Cette institutionnalisation d'un enseignement artistique s'accentue au XVIII^e siècle. Chaque artiste est donc tenu de posséder des bases afin de pouvoir être considéré comme compétent dans ce domaine. Des savoirs où les mathématiques ne sont décidément pas très loin. Lahalle (2006) rappelle ainsi que les écoles de dessin de cette période—enseignent « la géométrie élémentaire, l'arithmétique […], la trigonométrie rectiligne et ses usages, les sections coniques et les courbes anciennes ». Ces éléments de cursus influenceront tour à tour le rococo pour l'usage harmonieux et léger des courbes ainsi que le néoclassicisme pour les raisons que nous avons évoquées plus haut. De cette formation très spécifique, il ne reste plus, au XIX^e siècle, que la géométrie que l'on apprend aux Beaux-Arts.

1.2.2 Quand les mathématiques sont intégrées aux œuvres d'art pour révolutionner le genre.

Au XX^e siècle[1], les mathématiques vont dépasser le stade de base artistique pour être représentées de façon esthétique au sein de courants nouveaux. L'histoire de l'art pose le premier jalon moderne de cette tendance avec

[1]La tendance que nous décrivons trouve déjà des illustrations dans des temps largement antérieurs. Toutefois, il s'agissait souvent de cas particuliers comme en témoigne l'usage artistique des polyèdres durant la Renaissance (voir Annexe 12).

l’arrivée du Cubisme (exemple en Annexe 10) en 1904 dont l’objectif est de figurer l’univers de façon géométrique. Cette méthode va ouvrir la voie à un autre courant artistique, l’abstraction géométrique. Il consiste à recourir à des formes géométriques connues (cônes, sphères, rectangles, carrés, spirales, etc.) pour former une représentation qui serait impossible à reproduire dans la réalité mais dont les éléments restent identifiables par le commun des mortels. Ce changement de paradigme est dicté par l’arrivée de la photographie et des premières caméras vidéo qui autorisent une capture de l’instant beaucoup plus précise qu’une toile ou des planches de théâtre. Il en résulte le besoin d’un nouveau mode de représentation basé sur la géométrie mais aussi sur la couleur, ces deux biais devenant des vecteurs de sens indépendants (Brion, 2017). Sans le savoir, l’art tenait là de nouvelles expressions qui rythmeront son champ tout au long du siècle.

Celle qui a frappé la culture populaire durablement est, sans conteste, l’œuvre picturale de Piet Mondrian (Annexe 11). Ce dernier développe une nouvelle façon de produire de l’art, à travers un mot-clé répété comme une ritournelle : la pureté. Pureté des formes tout d’abord avec le recours quasi exclusif aux traits horizontaux et verticaux, dont l’agencement constitue la forme de représentation la plus élémentaire (les courbes et autres diagonales sont donc bannies). Pureté des couleurs dans un second temps, qu’elles soient « primaires » (jaune, bleu, rouge) ou « neutres » (gris, noir, blanc). Il en résulte donc des œuvres d’art au rendu très géométrique et abstrait. À peu près à la même période, en Russie, Kasimir Malévitch (Annexe 13) va élaborer une nouvelle philosophie artistique un peu similaire appelée « Suprématisme ». Son but est de faire ressentir au spectateur des sentiments « purs » n’étant pas liés à une représentation matérielle et réelle sur une toile. Pour ce faire, il va puiser dans la géométrie et y trouver, comme le pointe Tirabi (2019), « les formes élémentaires [qui] se déploient pour créer leur propre harmonie, il [Malévitch] utilise le plus souvent le carré pour sa forme basique et universelle et c’est à partir de celle-là qu’il forme les autres. Mais il utilise aussi des droites et d’autres surfaces géométriques comme la croix ou le triangle ». Des formes tantôt noires pour le contraste, tantôt en couleur pour l’énergie, tantôt blanches pour s’affranchir du diktat de la toile. Entretemps, son compatriote Vassily

Kandinsky (Annexe 14) recourt également aux formes géométriques pour atteindre son idéal de beauté en art. Voulant capturer l'essence de ses émotions, par nature irreprésentables dans la réalité, il va alors développer un style où s'entrecroisent des formes telles que des segments de droite, des cercles voire même des polygones mais aussi un travail très minutieux sur la couleur. Ce rendu final étrange et introspectif sera appelé a posteriori « abstraction lyrique » : en effet, l'artiste estimait qu'il ne fallait pas forcément un sujet pour représenter une œuvre d'art et que cette dernière ne pouvait illustrer des objets réels ou figuratifs (Rivière, 2016). En France, on retrouve des artistes comme Robert & Sonia Delaunay (Annexe 15) qui vont eux aussi recourir aux formes géométriques et à la couleur par le biais de l'Orphisme. Ils peignent des toiles où la couleur et sa juxtaposition est un thème dominant, le tout entouré par des formes géométriques très basiques, en particulier le cercle. Ce dernier est en effet vu comme le symbole de la modernité du XX^{e} siècle puisqu'il rassemble le mouvement et la lumière, à l'instar des avancées technologiques et électriques de l'époque. Ces formes et ces couleurs abstraites et symboliques continuent encore aujourd'hui de fasciner jusqu'à atteindre des formes d'art contemporaines, par exemple l'art numérique avec les productions d'Alex Andrix (Annexe 16) basées sur les équations mathématiques et les algorithmes (Alumni Centrale Lyon, 2019) ou encore les créations géométriques et colorées en bombe et pochoir de l'artiste français Seize HappyWallmaker (Annexe 17) (Delacôte, 2016)

Enfin, nous ne pourrions achever ce tour d'horizon de l'influence artistique sur les mathématiques sans parler de Moritz Cornelis Esher, artiste connu pour l'utilisation de nombreux principes mathématiques au sein de ses œuvres alors qu'à la base, il n'était pas féru de cette discipline. Ses productions les plus célèbres sont bien sûr ses pavages (Annexe 18) au sein desquels il utilise une multitude de techniques de transformation du plan, à savoir les symétries classiques, les rotations, les réflexions ainsi que les homothéties (APMEP). Leys (2014) souligne aussi l'emploi, dans sa production, de notions plus complexes comme le logarithme qui lui permet de susciter un effet Droste (Annexe 19) (c'est-à-dire une mise en abyme infinie) ainsi que de la géométrie hyperbolique. Le résultat produit peut parfois être très simple (au point d'être étudié dans les écoles) et parfois être beaucoup plus subtil.

1.2.3 Quand les mathématiques deviennent sujet d'art en soi.

En guise de conclusion, nous évoquerons une troisième et dernière voie : celles où les mathématiques deviennent art pour elles-mêmes : elles ne subissent donc pas de transformation esthétique avant d'être apposées sur le support choisi par l'artiste. Une tendance qui s'applique particulièrement bien aux créations du plasticien français Bernar Venet (Annexe 20). Cet artiste conceptuel s'attelle à représenter toutes sortes de procédés mathématiques sur du papier, des toiles ou des peintures murales. On retrouve aussi bien des fonctions (y= - $\frac{x^2}{4}$), des vecteurs voire des opérations commutatives, qu'elles soient réelles ou modifiées par l'injection d'autres signes par l'artiste français (Piguet, 2001). Selon Desmarets-Pranville (2014), l'artiste italien Mario Merz (Annexe 21) pourrait lui aussi s'inscrire dans cette tendance grâce à ses sculptures représentant la suite de Fibonacci en matières non-nobles artistiquement parlant, au même titre que Kerry Mitchell (Annexe 22) qui utilise la puissance numérique actuelle pour recréer d'authentiques fractales mathématiques.

1.3 Quelle place occupe l'art au sein des programmes scolaires et au sein du Pacte d'Excellence ?

Lorsque l'on associe art et école, émerge tout de suite le concept d'arts plastiques qui, hors options dédiées, se retrouve en effet bien seul dans la formation commune. La mise en marge de cette discipline est surtout le résultat des politiques éducatives menées par la Flandre et la Fédération Wallonie-Bruxelles. Au sein de ces dernières, l'art et ses déclinaisons sont relégués au statut de parent pauvre. On en voudra pour preuve l'étude de l'OCDE menée par Winner, Goldstein et Vincent-Lancrin (2014) qui pointe qu'entre 2002 et 2010, la FWB n'a octroyé que 4% du temps total d'étude disponible pour les 12-14 ans à l'art (soit une période par semaine), là où la Flandre stagne à 6%

durant la même période. À titre comparatif, la France se maintient à 11% et l'Allemagne à 12%, soit la moyenne globale de l'OCDE (qui est de 91 heures par an)[2]. Cependant, il serait malhonnête de ne pas souligner les efforts effectués en la matière, notamment via les nouveaux programmes de français entrés en vigueur dans les réseaux de la Fédération Wallonie-Bruxelles et libres. Ainsi, depuis 2018 (et deux ans plus tôt dans l'enseignement qualifiant et professionnel), la matière « français », aux deuxième et troisième degrés, est désormais divisée en Unités d'Acquis et d'Apprentissage (UAA) qu'il est nécessaire de valider pour passer à l'année supérieure. L'une de ces unités, la cinquième, est appelée « s'inscrire dans une œuvre culturelle » et est « dédiée aux modes d'appropriation où intervient la créativité de l'élève. Cette créativité s'exerce au deuxième comme au troisième degré, dans différents domaines de l'art, à l'occasion d'une rencontre avec une œuvre. Le choix de l'œuvre ainsi que les propositions d'appropriation créative dépendront des dispositions esthétiques comme des facultés d'entendement des élèves » (FW-B, 2018). L'intention est louable mais deux constats sont à tirer de ce prescrit : d'une part, la créativité n'est qu'une compétence parmi tant d'autres. D'autre part, toujours en excluant les sections ou les options artistiques présentes dans d'autres filières de l'enseignement secondaire tous réseaux confondus et l'enseignement secondaire artistique à horaire réduit dispensé notamment par les académies[3], il s'agit pour les élèves lambdas du seul contact qu'ils auront

[2]Et ce, malgré la volonté d'harmoniser et de diffuser plus largement l'enseignement des arts au niveau européen à travers le projet Eurydice via une résolution du Parlement de 2009 : « l'enseignement artistique devrait être obligatoire à tous les niveaux de la scolarité, l'enseignement des arts devrait utiliser les technologies de l'information et de la communication les plus récentes, l'enseignement de l'histoire de l'art doit comprendre des rencontres avec des artistes et des visites de lieux de culture » (Conseil, 2012). Même si de telles visées sont déjà décrites dans le décret Missions de 1997, on ne peut cacher néanmoins notre scepticisme face à des inégalités culturelles et numériques (la gestion du récent coronavirus en est la preuve !) toujours aussi présentes et dommageables.

[3]Malgré l'unique heure d'art plastique et de musique obligatoire donnée soit une semaine sur deux, soit une année sur deux, la FWB n'offre finalement que peu de place à l'art dans ses prescrits imposés alors que le Décret Missions de 1997 se montrait plutôt ambitieux à cet égard. Le développement de véritables sections artistiques est donc laissé à l'appréciation des écoles qui peuvent rajouter quatre heures d'activité complémentaire à cette fin dans le premier degré ou créer des cours à options aux deuxième et troisième degrés. On citera en guise d'exemple l'orientation « Arts Plastiques » présente en technique de qualification à l'Athénée Royal de Ganshoren, l'option « Infographie et dessin » à l'Athénée Royal Uccle 1, section générale ou encore des possibilités « d'arts appliqués » ou « Beaux-Arts » laissées ouvertes dans les programmes du TQ du CPEONS. Néanmoins, comme le pointe Bricteux (2019), « la filière [artistique] semble toutefois concerner un faible pourcentage d'élèves, moins de 0,2% des élèves du secondaire fréquentant, par exemple, les humanités artistiques de transition.

avec le domaine de l'art[4]. D'où cette double interrogation : pourquoi l'art n'est-il plus un « cours » à part entière au sein d'un cursus global ? Et pourquoi, surtout, ne pourrait-il pas être aussi pratiqué dans d'autres branches en tant que critère de réussite ?

Courouble (2015) estime que c'est l'aspect récréatif inhérent à la pratique artistique (surtout dans le domaine plastique) qui dessert cette dernière. Bricteux (2019) ajoute que son utilisation répétée en tant qu'ultime dispositif d'accrochage pour un public défavorisé minore sans doute son importance dans la hiérarchie des techniques d'apprentissage. Des réalités qui empêchent l'art d'accéder à la dimension statutaire d'un cours classique : en effet, il s'en dégage une impression de « manque de sérieux » que l'on ne retrouve pas dans les autres disciplines. De plus, la notion artistique est parsemée d'enjeux multiples, imprécis voire carrément contradictoires lorsqu'elle tente, par exemple, d'associer « l'inspiration » à la « technique ». Toutes ces spécificités sont assimilées à des défauts dans le milieu scolaire, ce qui pourrait expliquer la part ténue qu'occupe l'art en tant que tel dans la plupart des cursus généraux et techniques non-artistiques.

Le cas de l'enseignement spécialisé est plus difficile à trancher car toutes les formes, c'est-à-dire les pédagogies s'appliquant aux différents types, ne sont pas logées à la même enseigne. Si l'on jette un coup d'œil aux grilles fournies par le Conseil de l'Enseignement des Communes et des Provinces (2020) (dont dépend l'Eepsis), on constate que seules les formes une (qui vise à rendre l'individu capable de vivre dans un milieu adapté) et deux (qui vise à rendre l'individu capable d'évoluer dans un milieu social et un environnement de travail adaptés) peuvent disposer de cours d'éducation plastique dont l'importance en termes de charge horaire est laissée à la discrétion de l'établissement scolaire. La forme 3 de pédagogie qui correspond aux sections professionnelles (c'est-à-dire au public auquel nous avons enseigné à l'Eepsis) ne bénéficie pas d'un cours général centré sur l'art, sauf dans le cadre de certains métiers spécifiques

[4]Il est intéressant de noter que ce nouveau programme impose trois modes d'expression artistique : l'amplification, qui consiste à continuer une œuvre préalablement existante ; la recomposition dont le but est de recréer une production à partir de plusieurs sources et la transposition où l'apprenant doit modifier le support de l'œuvre initiale ou la transférer dans un autre contexte. Hormis peut-être le dernier procédé, c'est bien l'imitation qui entre en jeu dans ces obligations, plutôt qu'une libération pleine et totale de l'imaginaire des étudiants.

concentrés dans la filière « Arts appliqués » (c'est le cas notamment des encadreurs, des ouvriers en sérigraphie, ou encore des relieurs qui peuvent se voir proposer[5] jusqu'à maximum trois heures de cours). En Fédération Wallonie-Bruxelles (2008), la situation est un peu différente puisque les trois formes de pédagogie organisent un cours d'éducation plastique[6]. Quant à la FeSec (2020), elle autorise la tenue du même cours en activité complémentaire en forme 1 et en formation de base en forme 2[7]. En forme 3, la présence de cette matière est généralement conditionnée par l'orientation choisie : ainsi, les pratiques professionnelles plus artistiques pourront voir une ou deux heures être incluses dans leur horaires, tandis que d'autres filières n'en auront aucune. En outre, l'éducation plastique disparait complètement de la formation de base en phase 3.

Cette disparité de l'art recensée dans la plupart des enseignements non-artistiques de base devrait néanmoins se voir résolue par l'application du Pacte d'Excellence. En effet, comme le précise Bricteux (2019) : « À l'heure où le Pacte pour un enseignement d'excellence (PEE) entend revaloriser l'éducation artistique et culturelle en FW-B, il semble ainsi opportun de s'interroger sur ses conditions de mise en application. Vaste réforme de l'enseignement en FW-B, le Pacte d'excellence envisage l'expression artistique (incluant la dimension culturelle et les disciplines artistiques) comme l'un des sept domaines d'apprentissage, et vise l'instauration d'un « parcours d'éducation culturelle et artistique » (PECA) qui suivrait l'élève durant tout son parcours scolaire, de manière disciplinaire mais également transversale et interdisciplinaire, et qui concernerait dès lors tous les cours. ». En attendant la mise en application de ce PECA, tout en s'y conformant déjà d'emblée via l'ouverture transdisciplinaire, il nous parait important de montrer ce que l'art peut apporter pédagogiquement tant dans le général que le spécialisé.

[5] Cette formulation volontairement floue n'est pas anodine dans la mesure où les grilles horaires où l'éducation plastique est présent autorisent un nombre d'heure « zéro ». Cela signifie en clair que l'existence ou non du cours dépend du projet d'établissement des écoles concernées.
[6] En ce qui concerne la forme 3 (celle qui nous intéressera) , le cours d'éducation plastique est obligatoire en phase 1, avant de devenir optionnel en phases 2 et 3.
[7] À concurrence de huit heures en phase 1 à se partager avec les cours d'éducation musicale et d'éducation physique, le nombre descendant à quatre heures en phase 2, toujours à répartir avec d'autres matières.

1.4 Une complémentarité liée au transfert d'apprentissage pour lutter contre le désintérêt scolaire des mathématiques ?

Élèves apathiques, sentiment de performance frisant la nullité, halo de complexité décourageant d'emblée la majorité des apprenants, tels sont les maux que les enseignants constatent sans cesse dans leurs classes, quelle que soit la matière dispensée. Bien fréquemment, ils sont témoins d'un dysfonctionnement qu'ils ont eux-mêmes du mal à définir et qu'ils étiquettent par défaut avec la douce expression de la « baisse de niveau ». Derrière ce terme, se cacherait un nouveau mal du siècle, un trouble endémique pour lequel il n'existerait aucune solution connue. Des règles du participe passé aux polynômes, des règles de poésie appliquées à la musique aux fractions, nous n'avons pas manqué de remarquer qu'il y a toujours des apprenants qui se montrent réfractaires à la transmission du savoir scolaire. Parfois, ce phénomène s'amplifiait jusqu'à susciter une ambiance d'indifférence voire d'hostilité au sein des groupes classes dont nous avions la charge. Une situation qui nous a heurtée car nous ne parvenions pas à comprendre comment un cours que nous avions préparé avec la plus grande bienveillance possible pouvait engendrer si peu de réactions. Mais quel était donc le problème ? Pourquoi notre public-cible se révélait-il incapable d'arriver à comprendre l'intérêt de ce que nous cherchions à lui transmettre ou à donner un sens à ce contenu ?

En réalité, la question s'avère beaucoup plus complexe à définir. Joanis (2016) rappelle ainsi que la faculté de s'intéresser à quelque chose en vue d'un apprentissage est loin d'être innée chez tous les étudiants surtout si, comme le mentionne Langrand (2018), le facteur des inégalités socioculturelles entre en jeu (condition que l'on peut esquisser sommairement à travers la dichotomie entre la famille aisée qui peut assurer à sa progéniture un accès privilégié à la culture d'élite et celle, beaucoup plus « pauvre », qui n'a pas la possibilité de faire de même). Toujours selon Langrand, d'autres paramètres peuvent expliquer le désintérêt que nous avons constaté : elle cite notamment le manque de fixation de la matière dans la mémoire des apprenants comme un facteur important. En effet, les professeurs négligent souvent de respecter la plage de temps nécessaire à l'acquisition du savoir dans un premier temps et à sa rétention dans un second temps. Le processus étant court-circuité, les élèves ne disposent donc pas de la latitude suffisante pour comprendre de façon profonde ce qu'on leur enseigne et par conséquent, l'intérêt : à peine le chapitre est-il assimilé qu'il faut déjà passer à autre chose ! Ajoutons à cela une pédagogie inadaptée par rapport au nombre d'individus ou à leurs capacités naturelles (selon la théorie des intelligences multiples) ainsi que des lacunes parfois très profondes (qui démoralisent déjà l'étudiant *de facto*) et on obtient un panel assez large de facteurs de démotivation scolaire.

Devant la pluralité de ces causes, il paraissait difficile d'envisager une quelconque volte-face immédiate. Les discussions amorcées avec des collègues – de même branche ou non – n'ont malheureusement pas été d'une grande aide : même les enseignants les plus chevronnés se retrouvent démunis face à cette difficulté.

Aussi s'agit-il de découvrir la bonne méthode à approfondir pour obtenir des résultats pédagogiques probants. Une piste intéressante à creuser nous a été donnée lors d'une leçon du cours de psychologie des apprentissages II de notre deuxième année de bachelier qui était centrée sur la notion de « transfert d'apprentissage ». La titulaire du cours, Madame Fayt (2019), nous a apporté des réponses concrètes aux interrogations qui nous taraudaient en affirmant que la baisse du niveau scolaire des étudiants ne devait en rien à une hypothétique déficience intellectuelle mais bien à un désintérêt dû à l'absence de sens « concret » que ces derniers percevaient au sein des cours donnés, fussent-ils consacrés au récit fantastique ou autres transformations du plan.

Pour notre part, nous imputerions ce manque d'intérêt ou de performances face aux savoirs scolaires à des facteurs tels que la capacité des élèves à réaliser plusieurs tâches en même temps. En effet, qui n'a, par exemple, jamais consulté son smartphone en discutant avec quelqu'un ou répondu à une notification pendant le visionnage d'un long-métrage ? Voici deux situations auxquelles les élèves d'aujourd'hui sont cognitivement habitués. Le quotidien, désormais, passe par un morcellement de l'attention sur plusieurs items : l'apprenant est, par conséquent, toujours actif car constamment sollicité. Or, le système scolaire actuel ne tient pas compte de cette nouvelle donne : comme depuis des dizaines d’années, on attend de l’étudiant un effort intellectuel de longue durée sur une matière censée l’intéresser en toutes circonstances et ce, dans une attitude tout à fait passive. On se retrouve donc face à une inadéquation qui n’est certainement pas source de motivation pour les classes d’aujourd’hui.

Une seconde raison peut être invoquée par le biais de ce que Kambouchner (2009) appelle l’arbitraire pédagogique. Il définit cette notion comme une obligation promulguée par l’instance chargée de l’organisation scolaire qui restreint considérablement la liberté en matière de méthode d’apprentissage mais aussi de matière à apprendre tout court ! De ce système découle une culture scolaire commune que tout élève se doit d’apprendre. Or, ce cadre ne convient plus à la génération actuelle d’élèves, à l’heure où l’école a perdu son statut de référence absolue de savoirs au profit de sources beaucoup plus vastes concentrées au sein de l’Internet. En ayant désormais la possibilité de se former intellectuellement par eux-mêmes, les étudiants trouvent une voie personnalisée pour contrecarrer un sacerdoce scolaire que l’on n’osait remettre en question jadis. Néanmoins, ce détachement – et le désintérêt qui s’ensuit – qui est provoqué par cette crise de sens ne doit pas voiler le principal danger de ce genre d’attitude, c’est-à-dire l’absence totale de recul critique sur les connaissances assimilées (rôle que l’école peut encore assumer !) ainsi que leur validité dans des contextes nouveaux.

Le transfert des apprentissages nous paraissait être une bonne option pour donner un début de solution face à cette crise du sens. En approfondissant cette théorie dans le cadre de nos recherches, nous avons découvert un article de Désilets & Tardif (1993) qui jette les bases de cette approche pédagogique centrée sur les compétences. Le constat que ces deux chercheurs posent en 1993 se rapproche, en tous cas, très fort du nôtre : « les courants traditionnels en pédagogie préconisent l’enseignement des connaissances en dehors de tout contexte de façon à en assurer la plus grande généralité possible. Par exemple, on considère habituellement que les habiletés à [résoudre] des équations algébriques sont un préalable à leur application dans la résolution de problèmes reliés à un domaine particulier. On demande donc aux professeurs de mathématiques de développer ces habiletés « purement intellectuelles » chez les élèves de façon à ce que ces derniers soient bien outillés lorsque viendra le temps, parfois beaucoup plus tard, de traduire des problèmes concrets sous forme algébrique pour mieux les résoudre […].La principale faiblesse d'une telle approche, qui est aujourd'hui mise en évidence par la psychologie cognitive, est qu'elle ne favorise par la réutilisation des connaissances par les élèves lorsqu'ils sont en situation de tâche réelle. En effet, les connaissances apprises hors contexte ont tendance à demeurer inertes, comme si elles étaient enfermées dans un tiroir portant une étiquette non pertinente ». Pour éviter cet écueil, est préconisée l'application d'une stratégie qui peut se résumer, avec les avancées actuelles, en trois étapes : il faut d'abord, en situation d'apprentissage, une accroche qui puisse pousser l'apprenant à s'engager dans le savoir qu'on lui propose, c'est la contextualisation. Ensuite, il faut dégager un moment où ce qu'il a compris sera généralisé de façon à pouvoir vérifier sa compréhension de la matière au travers d'exercices, c'est la décontextualisation. Enfin, il faut prévoir un temps où il pourra investir les connaissances qu'il aura acquises dans d'autres contextes, c'est la recontextualisation. Vingt-cinq ans plus tard, cette stratégie nous inspire encore au point d'en faire le fil rouge de notre travail de fin d'études.

Nous apporterons néanmoins à la dynamique de transfert la touche personnelle issue du croisement entre nos deux formations. Ce mélange transdisciplinaire n'aura pas comme visée de montrer comment l'art peut illustrer les principes mathématiques comme c'est le cas dans bon nombre de manuels mathématiques classiques. Il voudra, en revanche, mettre en exergue que l'art, dans ses facettes plastiques et créatives, peut devenir un vecteur de sens incontournable dans l'apprentissage.

2. La complémentarité entre les arts et les mathématiques en phase de contextualisation

Intéressons-nous d'abord à la première étape du modèle que nous avons esquissé, la contextualisation. Tardif et Meirieu (1996) la définissent comme une « orientation qui consiste à s'ancrer dans les champs d'intérêts des élèves [et qui] devient, entre autres choses, nécessaire afin de lutter contre leur démotivation. Le fait de contextualiser une connaissance lui accorde plus de signification et, en conséquence, plus de «stabilité» cognitive. »

Au-delà de ce premier avantage se pose la question de l'intérêt d'inclure de l'art comme introduction à certains concepts mathématiques. Pour notre part, nous partons d'abord du principe que l'art est un médium qui, dans cette perspective, est pédagogiquement viable. En effet, il est fréquemment utilisé en guise de contexte pour des matières littéraires telles que le français ou l'histoire : par exemple, lorsqu'on étudie le surréalisme en français, on ne plonge pas directement dans l'univers onirique, fragmentaire et complexe du roman *Nadja* d'André Breton pour étudier le mouvement. On préfère préalablement s'arrêter quelques instants sur des toiles de Magritte (Annexe 23), Dali (Annexe 24) ou De Chirico (Annexe 25) pour dégager des lignes de forces qui faciliteront davantage la lecture de l'ouvrage. Et pour cause : les caractéristiques littéraires vont rester ancrées car elles vont être raccrochées, dans la tête des élèves, à des images mentales qui leur confèreront tout leur sens. Un processus similaire peut être observé en histoire : ainsi, par exemple, lorsqu'on lit un texte sur les conséquences de la Première Guerre mondiale, ce n'est, pour les élèves, qu'un empilement de réalités abstraites car lointaines. Mais si on accompagne ces conséquences de toiles d'Otto Dix comme celle des *joueurs de Skat* (Annexe 26) qui illustre les gueules cassées, on perçoit une compréhension immédiate de l'horreur de la guerre par les apprenants. L'art peut donc jouer un rôle positif dans la « perception de valeur » [8] de l'élève (Joanis, 2016) c'est-à-dire l'utilité qu'il accorde à ce qu'on va lui enseigner. Par-delà, l'art peut donc aussi aider à

[8] Ce concept a été théorisé par Viau et est repris dans l'article de Joanis.

générer la motivation nécessaire à l'apprenant pour s'investir au sein du chapitre et des tâches qui vont suivre[9].

C'est pourquoi nous sommes convaincue que si l'art peut compléter les branches littéraires, il pourrait également étendre ses bénéfices aux matières mathématiques qui en ont grandement besoin. Les préconceptions négatives voire anxiogènes (Lafortune & Mongeau, 2002) plombant souvent la « perception de compétence » de l'élève sont légion dans cette branche, à cause de sa complexité (par la difficulté des énoncés ou des démarches), des professeurs « scientifiques » et donc réputés enfermés dans une logique qu'eux seuls peuvent comprendre, des lacunes s'accumulant au fil des années ou encore une abstraction intervenant de façon trop abrupte au sein de l'apprentissage scolaire.

2.1 Sur quelles bases entendons-nous utiliser l'art au sein de nos dispositifs en contextualisation ?

2.1.1 La pluralité de possibilités de l'art plastique

Précisons ce que nous entendons par « art » car un tel concept ne se limite pas aux peintures évoquées plus haut. La notion d'art, on le sait, est éminemment subjective et donc difficilement cernable. Rien qu'au XVIII^{e} siècle par exemple, ses significations sont déjà contradictoires. D'un coté, l'art est conçu par Emmanuel Kant comme un travail inné et exemplaire, c'est-à-dire qui n'obéit à aucune injonction ou règle préalablement édictée et qui n'est le fruit d'aucune méthode apprise ailleurs ou applicable à nouveau par autrui (Philosophia, 2017). De l'autre, *L'encyclopédie* de Diderot & D'Alembert (1751), autorité en ce qui concerne les savoirs au siècle des Lumières, limite l'art à des réalisations purement pratiques tant qu'un travail est fourni selon certaines règles préétablies.

Devant cette pluralité de significations et donc de champs d'application, nous ne voyons pas pourquoi les arts plastiques ne pourraient pas prétendre à

[9] Il parait néanmoins bon de rappeler que la motivation est un paramètre extrêmement fluctuant chez un élève. On peut parfois mettre en place le dispositif le plus attrayant à nos yeux, ce dernier pourra être jugé subjectivement inintéressant par l'apprenant et dans ce cas, toute forme d'assimilation restera lettre morte

l'importance pédagogique qu'on leur refusait jusqu'à présent. En effet, ils présentent l'avantage d'être suffisamment lisibles pour ne pas demander d'importants prérequis à court terme. Par exemple, observer la perspective en plans d'un tableau n'est pas d'une grande complexité, au même titre que la discrimination des couleurs ou des différents éléments représentés. En outre, organiser des éléments simples au sein d'un espace parait abordable à tout un chacun, sauf troubles touchant cette faculté particulière. Imaginons, par exemple, des fardes à ranger dans une armoire : tout individu sensé les ordonnera de façon verticale et non oblique car cette méthode d'organisation semblera instinctivement la plus harmonieuse. Toutefois, ce qui est valable pour les arts plastiques ne peut pas s'appliquer à toute forme artistique en soi : dans le cas de la musique, par exemple, un apport bénéfique à l'apprentissage des mathématiques ne pourra être constaté que si et seulement si le public auquel est adressée cette méthode possède des aptitudes bien spécifiques dans le domaine, comme une connaissance minimale du solfège. Cette situation nous rappelle l'une des conditions *sine qua non* pour transformer l'art en un processus didactique favorisant l'apprentissage : l'accessibilité. Utiliser du concret, du pratique mais surtout du quotidien pour, dans un premier temps, aider à comprendre l'abstraction.

De surcroit, les mathématiques et les arts visuels partagent une finalité commune, celle de se fier à l'intuition pour envisager le monde et ses problèmes, comme le souligne Desmarets-Pranville (2014) : « les mathématiques et les arts essaient de représenter le monde, chacun avec les outils qui lui sont propres. L'artiste et le scientifique sont tous deux en quête d'une explication, sont tous deux porteurs d'interrogations. L'un exprime son ressenti à partir d'outils plastiques, l'autre tente de répondre en utilisant des outils abstraits. Ils se rejoignent sur un plan très important, l'intuition qui est un élément essentiel de leurs démarches respectives. Le mathématicien a besoin de beaucoup d'intuition pour faire progresser sa recherche et l'artiste utilise son intuition dans sa création plastique ». Il serait donc dommage de ne pas faire appel à cette complémentarité comme vecteur de curiosité afin d'éveiller l'intérêt de nos apprenants.

L’intégration de ces deux domaines au sein d’une séquence de cours serait également bénéfique pour les classes dans la mesure où elle ouvrirait la voie à un apprentissage par essai et erreur, sans que la faute ne soit stigmatisée. En effet, l’artiste réussit rarement son chef-d’œuvre du premier coup : sa production est souvent le fruit d’un lent travail d’esquisse à base de brouillons sans cesse remis sur le métier. Même remarque en mathématiques : rares sont les personnes ayant réussi du premier coup à résoudre une équation du premier degré ou à comprendre le théorème de Pythagore instantanément : là aussi, le cheminement a été un long parcours d’erreurs commises et plus jamais reproduites par la suite.

En prenant en compte l’ensemble de ces paramètres, nous avons décidé de limiter notre champ artistique au domaine des arts plastiques. Ce choix nous est d’abord dicté par une raison tout à fait sémantique. En effet, l’ « art plastique » peut se définir comme un art « producteur ou reproducteur de forme » (Célestin-Lhopiteau & Wanquet-Thibault, 2018) et ce, dans des domaines divers tels que la peinture, la sculpture ou encore plus largement l’architecture[10]. Les dispositifs que nous détaillerons plus loin utiliseront cette double dynamique de création et d’ « imitation ».

En outre, les arts plastiques font partie intégrante des socles de compétences à acquérir en éducation artistique, de l’ensemble de la scolarité maternelle aux deux premières années du secondaire (FW-B, 2013). Ils sont tout aussi importants dans l’enseignement spécialisé, tous réseaux confondus. Dès lors, force est de constater que l’enseignant désireux d’établir un pont interdisciplinaire trouve dans tous les cas des prérequis sur lesquels s’appuyer en vue d’une exploitation ultérieure.

[10] Il convient de préciser le coté volontairement arbitraire de cette définition. En effet, les arts plastiques peuvent recevoir un traitement sémantique aussi pluriel que les auteurs qui en parlent. Ainsi, en plus de notre explication, on remarquera que la Fédération Wallonie-Bruxelles (2014), dans son décret sur la promotion des arts plastiques, désambiguïse le même terme de la façon suivante : « 1° Arts plastiques : l'architecture, les arts numériques et technologiques, les arts textiles, le design, le dessin, l'estampe, l'illustration, la mode, la peinture, la photographie, la sculpture, la vidéo d'art ou toute autre forme artistique ou technique, y compris novatrice, de même nature ». Les Français quant, à eux, préfèrent la terminologie d’ « arts visuels » qui englobe les arts plastiques ainsi que « de nouvelles activités qui intègrent désormais la photographie, la vidéo, les arts numériques, le design, les arts décoratifs, l’architecture et le patrimoine » (Doumenc, 2011). Il est, par conséquent, compliqué de trouver un véritable consensus sur ce qu’on entend par « arts plastiques » d’où notre choix initial.

Il est vrai que dans les faits, ce sera davantage l'aspect plastique qui sera convoqué au sein des classes car son exécution ne requiert pas d'infrastructures ou de matériel spécifique, au contraire de l'aspect plus visuel (qui nécessiterait, au minimum, un tableau interactif)[11]. De plus, les arts plastiques possèdent également l'avantage d'utiliser les mêmes outils que ceux employés au cours de mathématiques : ainsi, pour découper une feuille de couleur, on utilisera le cutter mais aussi la latte comme guide, la prise de mesures se fera via un même outil tandis que la construction de cercles, de carrés et de rectangles lors de dessins de type mandala feront appel à la maitrise du compas, en plus de la latte susmentionnée.

Par ailleurs, en observant les socles de compétences requis en éducation artistique pour le secondaire inférieur, on remarque aisément que certaines exigences peuvent immédiatement cadrer avec celles rencontrées dans l'enseignement de la matière à laquelle nous nous destinons. On citera ainsi, en premier lieu, la distinction à opérer entre les formes géométriques et non-géométriques[12]. En faisant abstraction du contexte ludique et/ou artistique, on comprend rapidement que cette initiation à la discrimination visuelle de contenus géométriques pose des bases essentielles pour les savoirs à acquérir en première, deuxième et troisième secondaire sans que l'élève ne s'en rende forcément compte.

Le rapprochement entre les mathématiques et l'éducation artistique peut aussi être effectué pour tout ce qui concerne l'apprentissage de la perspective ou l'organisation d'un espace délimité à l'aide de contraintes géométriques (placer des figures), chromatiques (jouer avec l'association de couleurs pour apprendre à repérer les différents constituants de l'espace) voire techniques (apprendre à utiliser les différents outils adéquats pour représenter des figures dans l'espace). (FW-B, 2013). On pourra également y ajouter d'autres compétences plus générales qui lient les deux matières comme la rigueur et la précision. De surcroit, on ne perdra pas de vue que toutes ces activités s'inscrivent au sein d'une mission scolaire axée, entre autres, sur le dépassement de soi pour

[11]Évidemment, il serait tout à fait possible d'envisager de travailler les mathématiques en collaboration avec un professeur de cours pratique (si une telle filière existe). Ainsi, dans une visée transdisciplinaire, les problèmes de matériels et de prérequis seraient presque abolis.

[12]Selon la terminologie employée dans les socles de compétence en éducation artistique.

atteindre la créativité. Est visée également la capacité de l'individu à structurer ses idées pour ensuite les concrétiser et les manipuler de telle sorte à les rendre transférables. Autant de dimensions qui ont l'air de prime abord purement artistiques mais qui s'avèreront cruciales dans le domaine mathématique.

2.1.2 La nécessité d'un ancrage quotidien dans l'art utilisé en contextualisation

Comme nous l'avons mentionné au sein de notre historique, les mathématiques vont, à partir du début du XX^{e} siècle, s'intégrer directement dans la conception d'œuvres qui bientôt connaitront une légitimation leur assurant la postérité : on pense bien évidemment aux désormais quasi-incontournables Mondrian, Escher, Kandinsky et autres Delaunay que l'on retrouve, par exemple, dans le manuel scolaire rédigé par Morin et Bellocq, *Rigueur artistique et/ou flou mathématique ?* Ce dernier prend néanmoins le parti de mettre également en lumière des artistes moins connus comme François Morellet (Annexe 27) pour la découverte des cercles et carrés».

Cette approche - qui parait scolairement pleine de bon sens - ne doit pourtant pas occulter un problème majeur, à savoir celui de l'absence d'accroche par rapport au quotidien (dont nous reparlerons plus bas). Ainsi, les artistes moins connus auront du mal à intéresser le public scolaire, en étant bien souvent considérés comme des particularismes issus du professeur, même s'il faut garder en mémoire que leur originalité peut frapper l'esprit d'un apprenant ou d'une classe entière. Les peintres célèbres, quant à eux, souffriront aussi d'un manque d'engouement alors qu'ils ont été consacrés par des institutions reconnues comme expertes dans leur domaine. Un processus qui aboutit à une sorte de statut d'autorité, nécessaire à l'introduction en milieu scolaire. Mais qu'est-ce que les apprenants retiennent réellement de leurs rencontres avec l'art légitimé scolairement parlant? Le fait de rendre concret un savoir dans un environnement aussi détaché que l'art « classique » est-il réellement vecteur de compréhension ? On peut en douter. Que faire donc ?

Morin et Bellocq (2002) donnent paradoxalement un début de réponse dans la quatrième de couverture du manuel précité : « [le manuel] n'a pas comme objectif l'apprentissage des mathématiques, il se situe dans une démarche d'enseignement des arts visuels à l'occasion de laquelle peuvent être découverts, utilisés, développés, transgressés des savoir-faire ressortant à la construction de savoirs mathématiques ». Autrement dit, elles entendent développer une méthode d'enseignement axée sur l'art, médium à partir duquel il serait possible de se confronter à des bases mathématiques, indépendamment de tout contexte donné. Bien que cette visée soit en contradiction apparente avec la nôtre[13], elle la complète à travers la volonté de proposer une interaction entre les arts plastiques et les mathématiques. Si nous avons brièvement mentionné les choix globaux opérés par le duo de pédagogues dans cette optique, nous nous devons néanmoins de nous arrêter sur un cas particulier de cet ouvrage qui se situe dans la section « Triangles et autres polygones ». Dans cette dernière, les auteures ne prennent pas comme point d'appui les œuvres d'un plasticien en particulier mais se basent sur un élément du folklore marocain, le carnaval de Meknès. Celui-ci a été utilisé dans une école berbère pour la conception d'éléments décoratifs faisant, entre autres, intervenir les notions de symétrie au sein d'un triangle. Au-delà de l'aspect purement mathématique que Morin et Bellocq (2002) relèguent au rang de simple prérequis à la mise en application, la motivation pour ce genre d'activité était dictée par l'exposition d'un évènement faisant partie intégrante du vécu des apprenants et auquel ils étaient évidemment ravis de contribuer de façon concrète. En regard de cette initiative et du sujet du présent travail, nous nous sommes demandée quels pourraient être les objets artistiques et quotidiens que les élèves seraient susceptibles de rencontrer fréquemment dans leur parcours de vie, de façon consciente ou non. Et surtout, au cœur desquels il y aurait suffisamment de matière pour y développer des notions mathématiques essentielles. Deux sujets de prédilection nous sont immédiatement venus à l'esprit : le street-art et l'Art Déco, tous deux reconnus en Belgique, aussi bien à Bruxelles qu'en Wallonie.

[13]En effet, nous entendons recourir d'emblée à l'art comme vecteur d'apprentissage des savoirs mathématiques, que ce soit pour les introduire, les perfectionner ou les utiliser ultérieurement.

2.2 Le choix du street-art en phase de contextualisation mathématique

Le street-art (Annexe 28) est un cas à part dans l'histoire de la légitimation artistique et pour cause : cette forme d'art urbaine se situe encore à la frontière entre la reconnaissance définitive et l'entreprise artistique marginale. Pas encore devenue classique et pas encore passée de mode, sa perpétuelle mutation tient avant tout en son omniprésence dans nos lieux quotidiens : parcs, façades de bâtiment, véhicules de transport en commun, piles de pont… Autant de sites d'expression qui sont autant d'occasions de faire face à une esthétique volontairement protéiforme dans ses thématiques et dans ses techniques d'exécution. C'est que l'art de rue n'a jamais oublié ses origines : être vu, le plus simplement possible. Si nous passons volontairement le caractère subversif de la plupart des œuvres (ce n'est pas le propos de ce travail de fin d'études - bien qu'il pourrait toucher et interpeller nos élèves) c'est pour mieux nous concentrer sur l'aspect esthétique des choses. Le street-art est en effet marqué du sceau de l'accessibilité : il s'inscrit en cela dans le mouvement perpétuel des avant-gardes artistiques dont deux des caractéristiques majeures sont la spontanéité (c'est-à-dire donner l'impression que l'illustration a été réalisée très facilement ou peu réfléchie au préalable) et le transartistique (notion qui correspond grosso modo à un décloisonnement des formes d'art classique pour mieux les mélanger et ainsi susciter l'originalité). L'art urbain nous parait être une expression suffisamment poreuse pour que les mathématiques s'y incrustent. Pourquoi ? Parce qu'il joue essentiellement sur l'aspect plastique (dans le sens organisationnel que nous avons abordé au début de cette section) et didactique des choses (au travers des divers messages que cette expression véhicule, qu'ils soient conventionnels, culturels, esthétiques, éthiques ou politiques). On pourrait arguer que ces deux dimensions s'illustrent également dans certaines œuvres légitimées. En réalité, les exemples sont loin d'être légion : l'ensemble des productions d'avant le XX^{e} siècle est trop figuratif et cadré pour permettre une quelconque manipulation. Quant à l'art contemporain de cette période, il est bien souvent hors de portée de la compréhension standard d'un élève ou d'un amateur lambda du fait de son abstraction poussée et de son absence de structure. Ce sont par conséquent des sables mouvants sur lesquels des savoirs mathématiques auraient bien du mal à se fixer. Seul le mouvement Dada, né des affres de la Première Guerre mondiale, aurait le droit de se revendiquer candidat potentiel par le côté volontairement simpliste et l'ambition transartistique qui le caractérisent.

2.3Le choix de l'Art Déco en phase de contextualisation mathématique

L'Art Déco (Annexe 29) est une esthétique développée internationalement entre 1920 et 1930. Elle se caractérise par un retour à une forme d'art plus rigoureuse après les excès de l'Art Nouveau (Annexe 30) : la géométrie y occupe donc une place prépondérante. Cette esthétique possède un potentiel d'exploitation mathématique inégalé et propice à la manipulation et à la (re)création, tout en s'inscrivant dans le quotidien d'hier et d'aujourd'hui. Évoquer l'Art Déco, c'est donc établir un pont entre le Beau et la Rigueur.

Ce courant présente également l'avantage d'avoir eu un rayonnement considérable en Belgique. Il s'agit avant tout d'un art qui s'inscrit directement dans la réalité, qui trouve une illustration immédiate, sans forcément passer par une étape d'appropriation ou de compréhension. Encore faut-il délimiter le cadre dans lequel on pourra recourir à cet art, étant donné la pluralité de ses expressions : l'architecture, l'ébénisterie, la céramique, l'orfèvrerie ou encore le textile sont tous des domaines ayant une déclinaison dans ce moule esthétique. Nous aurions pu choisir l'architecture : ce patrimoine est suffisamment répandu dans le Plat Pays, que ce soit à Bruxelles, à Gand ou encore à Braine-le-Comte pour être facilement étudié. Toutefois, envisager l'architecture à l'école demande un matériel dont nous ne pouvons être sûre de disposer tout le temps (au minimum un tableau interactif et un stylet fonctionnel[14]) mais aussi des prérequis tant dans les notions de perspective et de matériaux qui nous paraissent inadéquates à développer au cours d'une leçon de mathématiques. L'objectif de passerelle vers la compréhension serait annihilé par l'effort à fournir pour s'approprier une autre découverte. On risquerait la surcharge

[14] En partant, par exemple, d'un logiciel d'assemblage panoramique pour mettre en place une visite virtuelle à 360 degrés d'une architecture caractéristique. Nous pourrions ainsi nous balader virtuellement de pièce en pièce avec les élèves en mettant en exergue les éléments significatifs du sujet étudié.

cognitive en essayant de lier les deux ensembles. Enfin, l'architecture est difficilement manipulable en tant que telle pour des raisons évidentes tandis que les possibilités créatives s'avéreraient vite limitées dans des sections qui ne seraient pas versées dans l'exécution pratique. Il aurait été intéressant, par exemple, de reproduire une maquette Art Déco partant de différentes compétences géométriques. Cependant, cela nécessiterait des aptitudes à la construction qu'un professeur de mathématiques ne peut exiger seul de la part de sa classe, sauf dans le cas d'un projet transdisciplinaire avec un cours de technologie dans le secondaire général inférieur ou d'un cours de pratique professionnelle dans le technique de transition, de qualification, en professionnel ou encore dans le spécialisé). C'est alors qu'une solution s'est imposée dans notre esprit, au détour d'une recherche personnelle : pourquoi ne pas recourir aux carreaux de ciment (Annexe 31) et à leurs motifs géométriques et colorés (donc attractifs au premier regard) ? Par ce choix, nous déciderons donc de travailler un art décoratif de façon plastique : une perspective originale qui ne manquera pas d'éveiller la curiosité. Mais ce n'est pas le seul avantage à en tirer.

Le carreau de ciment traditionnel est, en effet, de petite taille (souvent de gabarit 15X15cm pour des pièces anciennes). Il est facilement manipulable pour son poids contenu et surtout, il a été présent de façon significative en Belgique (Baeck, 2013). Ainsi, on peut légitimement supposer que la plupart des élèves ont déjà été confrontés à ce type d'artefact, que ce soit au sein de leur propre domicile s'il est ancien, de celui d'une connaissance ou, pourquoi pas ?, de celui d'éventuels grands-parents. En outre, on remarquera que le choix du carreau de ciment, loin d'être un vestige d'un passé révolu, est une forme d'art d'une étonnante modernité : il suffit de constater son retour en force au sein des intérieurs contemporains pour s'en convaincre. Plébiscité pour sa solidité et son aspect décoratif, il profite aujourd'hui des progrès de l'impression digitale pour élargir son potentiel esthétique.

L'autre avantage du recours à ce matériau était la pluralité des motifs disponibles par la combinaison de plusieurs éléments préexistants (par exemple, une étoile, une rose des vents, un motif floral, etc.) et des différents coloris existants, ce qui rendait les possibilités de customisation assez importantes pour ne pas être trop répétitives, même si l'œil non-averti aura sans doute vite fait de trouver des similitudes. Une « recette » que nous estimions adaptable dans une tâche finale géométrique en recourant aux techniques d'art accessibles depuis l'avènement du street-art (pochoir, mosaïque ou collage sur des carreaux blancs).

3. La complémentarité entre les arts et les mathématiques en phase de décontextualisation.

3.1 La nécessité de la décontextualisation par la manipulation dans l'apprentissage scolaire

Nous avons énoncé dans la partie précédente à quel point une contextualisation adéquate pouvait faciliter l'entrée d'un élève au sein de la matière qu'on lui propose. En effet, un lien concret et indiscutable avec le réel ou les centres d'intérêt globaux du public-cible peut aider ce dernier à la mise en apprentissage (Renaud, Guillemette & Leblanc 2015).

Il parait néanmoins pertinent d'amplifier cet ancrage dans le réel en montrant à l'élève que ce qu'il a compris dans un environnement « confortable » et très cadré, peut être utilisé plusieurs fois et par d'autres moyens. La décontextualisation prend ainsi tout son sens. De façon très subtile et implicite, l'apprenant se livre à une sorte de jeu d'essai-erreur pour franchir la barrière mise en travers de sa progression vers la connaissance et son utilisation. Or, cet objectif ne peut être atteint que si l'élève devient acteur dans l'absorption et l'application des éléments qu'on entend lui dispenser. Il doit une nouvelle fois « s'engager », non plus dans une acception passive, mais bien dans celle que l'on assimilerait au fait (littéralement) de « donner de sa personne ».

Pour parvenir à cette finalité, la manipulation semble toute indiquée, spécifiquement dans le domaine des mathématiques où elle est pratiquée, autant que faire se peut, dès les classes de maternelle et primaire en Belgique et en France. Dans son travail de fin de concours, Karine Palleau (2005) affirme en effet que : « le recours au matériel est fortement conseillé dans une situation d'apprentissage en mathématiques car il induit un passage par du concret, des mises en situations « naturelles », autre chose que de l'écrit qui peut paraître toujours un peu abstrait et rébarbatif, souvent ces situations sont organisées sous forme ludique. Par le biais de la manipulation, on peut faire verbaliser les élèves. Cette phase de communication entre les élèves ou d'un élève à l'enseignant est très importante pour progresser dans les apprentissages ».

3.2 Une pratique bénéfique pour tous

Opter pour une stratégie de ce type, c'est donc maximiser les chances d'une meilleure assimilation de la matière tout en lissant quelque peu les intelligences de tout un chacun. Il est acquis que toute personne développe, en fonction de son vécu, une sensibilité particulière qui se marquera au sein de sa faculté d'apprentissage : c'est pourquoi on distingue généralement, à la suite d'Antoine de la Garanderie, différents profils pédagogiques (Fayt, 2019) au sein desquels on retrouve les élèves dits « visuels », ceux « auditifs », ou encore les apprenants qualifiés de « kinesthésiques » (= sensibles au toucher). Or, dans l'enseignement traditionnel tel qu'on le connait encore de nos jours, la transmission se base quasiment exclusivement sur le biais oral, l'aspect visuel étant souvent convoqué en arrière-plan. Cette méthode, nécessaire pour assurer une didactique de masse, laisse donc une partie de son public de côté pour cause d'inadéquation. Or, la manipulation présente l'intérêt de concilier le meilleur des trois approches précitées : premièrement, le visuel par la chromatique du matériel, par les images mentales que l'élève se crée au fur et à mesure du scénario et évidemment par le résultat à obtenir. Deuxièmement, l'auditif via le cadre qui est imposé par l'intermédiaire d'une consigne ou lorsque l'exercice de manipulation exige une collaboration entre différents acteurs ainsi que durant les mises en commun essentielles. Enfin, les « tactiles » pour des raisons évidentes[15]. Bien organisée et orchestrée, elle pourrait se révéler l'un des moyens pour réduire les fractures sociales et cognitives présentes en classe. Elle confère un goût à l'effort ainsi qu'un aspect ludique à notre branche tant décriée. De la bouche même d'Isabelle Wettendorf, chercheuse à l'ULB et ancienne professeure de mathématiques dans le secondaire : « la manipulation perturbe les idées et force les élèves à aller plus loin […].On n'amène pas les résultats « tout cuits ». Il y a alors un réel plaisir de l'effort, quand on laisse le temps à l'élève de construire quelque chose. » (Chamaraud, 2006).

[15]Cette dimension du toucher peut, en outre, être bénéfique pour des élèves du spécialisé souffrant, par exemple, de dyspraxie puisque la manipulation entraine *de facto* leur motricité fine. On pourrait par exemple imaginer pour ce public de différencier la phase de manipulation en différenciant, dans un premier temps, les structures (octroyer plus d'espace, de temps, etc.). Si les difficultés persistent, les processus pourraient être différenciés en proposant un matériel plus ergonomique. Ce n'est donc pas uniquement une stratégie qui cible la compréhension d'apprenants n'ayant aucun problème de cet ordre.

En effet, manipuler induit qu'on prenne des éléments qui n'ont à rien à voir et qu'on les regarde, qu'on les transforme pour leur donner du sens. De cette façon se crée une nouvelle dimension : la manipulation de l'environnement. On peut trouver un exemple de cette pratique chez le street-artiste Aakash Nihalani (Annexe 32) qui recourt aux possibilités du scotch et du sticker pour intégrer dans la ville l'illusion de solides en perspective cavalière (Heckenbenner, 2013). Ce travail nous a permis de prendre conscience que le verbe « manipuler » pouvait posséder une double sémantique en regard de notre objectif didactique : « faire fonctionner avec les mains » d'une part mais aussi « agir sur quelqu'un par des moyens détournés pour l'amener à ce que l'on souhaite » (TLF, 2004). Ce sera notamment le cas dans le dispositif sur les angles que nous avons mis en place lors de notre stage à l'Athénée Royal Uccle 1. Le concept de départ était inspiré indirectement par le street-art : comment par des moyens simplistes, obliger les élèves à jouer avec un environnement donné pour accéder au message mathématique ? Nous ne pouvions évidemment pas recourir aux techniques traditionnelles et spontanées du mouvement même si, au final, l'ensemble de ces moyens d'expression étaient, *de facto*, accessibles aux élèves sans réel prérequis au départ. De surcroit, nous étions devant un défi de taille : une classe n'est pas un environnement propice à l'expression artistique, que ce soit pour la disposition, le matériel disponible, le nombre élevé d'apprenants (en général) ou leur humeur (particulièrement dans le spécialisé de type 3). Ces deux derniers facteurs impliquaient obligatoirement de délimiter un cadre pour éviter que l'activité ne termine dans le chaos. C'est en prenant tous ces éléments en compte qu'il nous est venu l'idée de créer un environnement très basique (pour ne pas rebuter le public) dans lequel les apprenants pourraient évoluer et s'investir afin de mieux comprendre quasiment *ex-nihilo* la notion mathématique abordée. Il s'agira de la salle circulaire dont nous parlerons plus en détails dans notre partie pratique.

Reste encore une fois que malgré l'appropriation du contexte, le savoir ne viendra pas de lui-même : c'est une véritable énigme qui est proposée à l'apprenant et ce dernier doit la résoudre par la manipulation. Un aspect ludique jugé nécessaire par Isabelle Wettendorf (Chamaraud, 2006) car elle estime que les savoirs mathématiques de base dont une personne a besoin pour évoluer au quotidien s'arrêtent à la troisième année du secondaire (car axés sur le perfectionnement des quatre opérations de base, sur les pourcentages, les fractions, les proportions, les grandeurs, etc.). Pour éviter le désintérêt, l'apport de sens par la manipulation parait tout à fait légitime.

C'est cette propriété – que nous jugeons décisive – qui nous a poussée à évoquer la manipulation au sein de la décontextualisation, particulièrement en introduction à cette dernière. Il va de soi que la même pratique pourrait s'envisager en contextualisation afin d'initier nos apprenants à des notions a priori peu attrayantes. Néanmoins, nous avons choisi délibérément de concevoir nos dispositifs de manipulation en décontextualisation pour les trois raisons suivantes : premièrement, introduire cette stratégie à ce moment de la leçon permet de récupérer plus facilement les élèves qui seraient passés à coté de l'introduction et qui n'auraient, par conséquent, pas assimilé les ferments des nouvelles notions. En effet, de la dimension « ludique » de la manipulation nait une situation « adidactique », c'est-à-dire « une situation où la connaissance du sujet se manifeste seulement par des décisions, par des actions régulières et efficaces sur le milieu et où il est sans importance […] que l'actant puisse ou non identifier, expliciter ou expliquer la connaissance nécessaire. » (Pelay, 2012). En clair, dans ce genre de phase, le côté anxiogène de l'apprentissage disparait au profit d'une envie désintéressée qui prend de plus en plus corps au fil du temps pour aboutir au final à l'investissement de l'élève. Néanmoins, pour que cela fonctionne, l'assentiment des destinataires est nécessaire à un moment donné. Si ces derniers ne veulent pas participer à l'activité parce qu'ils jugent la tâche impossible à effectuer, notamment dans le cas de l'étude de matières complexes, le dispositif tombera à l'eau. C'est pourquoi l'aspect ludique peut aider à obtenir un tel accord car comme l'explique Pelay (2012), incorporer une telle dimension permet d'allier les sensations de liberté (pas d'environnement restrictif, on peut donc oser se dépasser ou en faire davantage qu'attendu), d'implication (si on ne s'investit pas un minimum alors le plaisir à retirer de l'activité est impossible) mais aussi de responsabilité (si l'apprenant fait une erreur ou prend une décision adéquate, le mérite/l'opprobre lui revient/incombe entièrement). En résumé, la manipulation dépasse la simple observation du quotidien, la simple adjonction de réel au sein d'une leçon puisqu'elle offre la possibilité à l'apprenant d'agir au sein de cette dernière, en s'amusant. En outre, pour que cette stratégie donne son plein essor, il faut que cette dimension ludique soit la plus déployée possible : il y a certes le cadre qui aide en ce sens mais le matériel mis en œuvre peut également agir de façon similaire par les couleurs choisies ou les possibilités de toucher qu'il propose.

Deuxièmement, utiliser la manipulation en décontextualisation rend aussi plus significatives et concrètes les notions préalablement abordées pour les étudiants qui ont su les saisir au vol. Ces derniers se voient confortés dans leur compréhension, ce qui génère de la motivation à poursuivre l'apprentissage.

Troisièmement, le matériel proposé a été, dans certaines séquences, utilisé tout au long de la phase de décontextualisation, notamment lors des exercices.

Enfin, les caractéristiques du public-cible auquel nous serons confrontée en tant que professeur peuvent jouer un rôle-clé dans l'intérêt scolaire de la manipulation, que ses membres soient issus de l'enseignement général ou spécialisé. Pourquoi ? Parce que si l'on se réfère à l'étude menée par les spécialistes de l'adolescent que sont M. Devernay & S. Viaux- Savelon (2014), les individus entre 13 et 16 ans voient leur développement cognitif s'axer sur l'« intérêt pour le raisonnement intellectuel et sociétal », tout en ressentant une « importance de réussite de l'intégration dans un groupe de pairs couplée à une phase d'expérimentation et de prise de risque dans tous les domaines afin d'accéder à la construction de l'identité ». D'un point de vue psychologique donc, les jeunes hommes et femmes contiennent en eux tous les enjeux du bon déroulement d'une manipulation. Alors, pourquoi ne pas utiliser ces ferments en les épanouissant dans le cadre scolaire ?

3.3 Les obstacles à la généralisation de cette pratique

Pourquoi la manipulation n'est-elle pas davantage institutionnalisée au sein du programme de mathématiques du secondaire inférieur ? Pourtant, elle est explicitement mentionnée dans les socles de compétences du primaire en certification et en entretien au premier degré, comme l'attestent les exemples suivants : « on manipule des objets, des solides. Le dénombrement de faces, d'arêtes, de sommets conduit aux plans, aux droites, aux points et à l'étude de leurs relations. Apprendre à passer d'un solide à ses représentations planes et inversement, contribue à l'éducation de la vision dans l'espace » (section « solides et figures ») ou encore « la manipulation et l'utilisation d'étalons variés permettent des comparaisons et des opérations » (section « grandeurs ») (FW-B, 2013). Au sein de l'enseignement spécialisé, si l'on se réfère aux compétences-seuils de la Fédération Wallonie-Bruxelles (traditionnellement aussi valables pour le réseau CPEONS), on remarque que le mot « manipulation » n'apparait jamais dans les acquis exigés. Et pour cause, ceux-ci étant toujours rédigés de façon injonctive[16], ils apparaissent davantage comme des objectifs à atteindre, la méthodologie pour y parvenir n'étant pas précisée et étant donc du ressort de l'enseignant.

Pour expliquer cette absence patente au sein du secondaire, Froidmont (2016) avance un problème d'ordre financier : tous les établissements ne disposeraient pas des ressources nécessaires pour introduire cette approche au sein de leurs classes. Il faut, à notre sens, remettre cet argument en contexte. Si les ressources sont assimilées à l'acquisition d'un TBI, on peut comprendre que le coût soit trop élevé. En revanche, s'il s'agit d'un dispositif conçu par le professeur à destination de son public cible, la raison avancée devient caduque. En effet, l'exigence d'accessibilité et de compréhension qui sous-tend de telles créations induit un faible coût qui pourrait facilement être amorti par un budget scolaire classique. En outre, il serait possible d'obtenir ces fonds grâce à un appel à projet de la Fédération Wallonie-Bruxelles voire, mais il faudrait dans ce cas-ci vérifier le cadre légal, les récupérer par le biais du NTPP de l'école (dont une part significative est investie dans des dispositifs d'accrochage et autres remédiations). Par ailleurs, la création d'outils pédagogiques façonnés à partir de matériel et d'éléments concrets (sous-plats, scoubidous, perles à repasser, etc.) n'est-elle pas préférable, pour rattacher la

[16] Par exemple, si on se base sur la géométrie, on y retrouve des mentions du genre « G.108 Reconnaître un rectangle », « G 208 En utilisant une latte et une équerre, construire : - un rectangle dont on donne la mesure des dimensions - un carré dont on donne la mesure de la longueur du côté » ou encore « G 303 Représenter une figure simple à une échelle donnée » (FW-B, 2005)

compréhension des élèves au quotidien et au réel, au recours à un subterfuge numérique ancré dans le virtuel ?

Des facteurs organisationnels peuvent aussi empêcher la bonne mise en place d'instants de manipulation au sein des établissements scolaires. Le trop grand nombre d'élèves par classe est l'un d'eux, de même que la qualité très variable des infrastructures (un local trop petit limite fortement les interactions).

Un autre obstacle à la généralisation de la manipulation a trait au bon vouloir des professeurs qui souhaitent instaurer ce temps d'apprentissage dans leurs classes. En effet, les programmes – notamment ceux de l'enseignement général – sont tellement fournis qu'ils ne laissent que peu de place pour opérer une différenciation des apprentissages. De plus, certains enseignants pourraient être réticents à user d'une telle approche car elle leur demande de sortir de leur zone de confort, outre un investissement considérable en termes de préparation. Enfin, une telle stratégie implique une collaboration entre collègues pour pouvoir fonctionner de façon optimale, ce qui n'est pas toujours possible au sein de certains établissements.

La réputation de ce genre de moment qu'est la manipulation, joue aussi énormément, surtout dans l'enseignement secondaire. Souvent, on considère que le danger est grand de connecter directement la manipulation à un moment purement récréatif dont on ne pourrait tirer que de petits éléments qui devraient être nourris d'une assise théorique solide. Il n'est d'ailleurs pas rare que des enseignants utilisent la manipulation en phase de contextualisation afin de s'accorder au prescrit du sens exigé par les différents programmes de la Fédération Wallonie-Bruxelles avant d'embrayer systématiquement sur un cours plus traditionnel par la suite. L'enseignement spécialisé semble, lui aussi, suivre une direction similaire si l'on se réfère, par exemple, aux observations méthodologiques édictées par la Fédération Wallonie-Bruxelles (2005) quant à l'acquisition des compétences-seuils en mathématiques. On y retrouve notamment, dans les conseils en matière d'activités d'apprentissage, des suggestions telles qu'utiliser une expérience pour comprendre un concept (ou recourir à la résolution graduelle d'un problème pour arriver au même objectif).

En ce qui nous concerne, lorsque nous avons présenté nos supports à notre maitre de stage de l'Athénée bruxelloise citée plus haut, elle les a directement qualifiés de « bricolages ». Derrière cet adjectif peu enthousiasmant, nous ne pouvons nous empêcher de voir un désamour assez révélateur par rapport à la pratique de la manipulation en mathématiques. Une préconception que l'on peut retrouver dans la littérature scientifique où la plupart des travaux consacrés à ce sujet sont centrés sur les niveaux maternelle et primaire mais finalement très peu sur des niveaux d'apprentissage plus élevés. Dans la même veine, lorsque la renommée maison d'édition française Nathan publie en mars 2019 un manuel de mathématiques dédié exclusivement à la manipulation (et dénommé « Manipuler pour comprendre »), il ne concerne que les années du primaire dans l'Hexagone (Giauffret, Herblain & Le Dantec, 2019). Cela voudrait-il dire qu'une fois leur CEB en poche, les apprenants n'auraient plus besoin d'expérimenter pour comprendre ? Nous ne le pensons pas mais les causes émises plus haut expliquent sans doute pourquoi cette pratique ne s'est pas transmise lors du passage vers le secondaire…

D'autres raisons pourraient expliquer cette incompatibilité avec la réalité de l'enseignement secondaire classique, surtout en regard des recommandations que Palleau (2005) formule en primaire pour que la manipulation donne sa pleine mesure. Par exemple, le fait de « reconnaître que les élèves peuvent utiliser le matériel de manipulation de différentes manières dans leur exploration des mathématiques » (aspect peu envisagé puisque le matériel est souvent conçu à une fin bien précise et délimitée), « permettre aux élèves d'utiliser le matériel de manipulation pour résoudre le problème et pour justifier leur solution » (le matériel est souvent vu comme un facilitateur d'apprentissage sur une ou deux leçons et non comme un support dont l'élève doit apprendre à se détacher sur le long terme) ou encore « prendre le temps de se familiariser avec le matériel de manipulation choisi »

Ce dernier point est sans conteste un autre obstacle à l'organisation régulière de moments de manipulation. Cela ne concerne pas particulièrement le spécialisé qui dispose d'une latitude assez large en termes de temps d'apprentissage avec son système individualisé de validation par compétences. La réalité dans le général est, en revanche, tout autre : les programmes en mathématiques y sont beaucoup plus denses, en particulier en troisième secondaire où aborder les notions exigées s'apparente davantage à un contre-la-montre qu'à un enseignement didactique bienveillant. Coincés par cet impératif, les professeurs font face à un dilemme apparemment insoluble.

D'une part, céder aux prescrits et pratiquer une transmission de masse dans le sens le plus strict du terme. Cela reviendrait à créer des séquences avec peu de phases d'individualisation destinées à pallier certains problèmes que les apprenants rencontreraient ou à remettre à flot d'éventuels « laissés-pour-compte ». Ces derniers seraient dès lors obligés de se tourner vers des dispositifs d'accrochage, des écoles de devoirs ou des professeurs particuliers pour entrevoir une éclaircie.

D'autre part, tenter une approche plus alternative et susceptible de s'adapter un maximum aux disparités du public auquel on s'adresse. Cette option génère cependant la hantise de ne pas avoir abordé l'ensemble des points de matière nécessaires au passage à l'année supérieure et la possibilité d'être responsable, en partie, d'éventuelles lacunes ultérieures. Il apparait dès lors évident d'opter pour une position médiane sur la question. Plus que du bon sens, c'est avant tout une nécessité pour Froidmont (2016): « Cependant, il ne faut tout de même pas oublier que la manipulation ne fait pas comprendre les mathématiques par magie même si elle apporte une aide, une vision plus précise des concepts vus en cours. Elle ne se suffit pas à elle-même, il faut l'intégrer dans diverses activités d'apprentissage. ». Une complémentarité qui implique, à notre sens, une institutionnalisation au sein des séquences. Ainsi, la manipulation pourra prendre place à tous les instants classiques de l'apprentissage :

- pour les activités introductives afin d'accrocher l'élève aux savoirs à maitriser en recourant à un contexte concret qui lui donnera envie de s'investir dans l'apprentissage ;
- pendant l'apprentissage : la nécessité des phases d'individualisation / de travail collectif lors de points de matière particulièrement complexes : certains savoirs sont parfois difficiles à enseigner en raison de leur caractère exclusivement théorique, comme une démonstration par

exemple. Il a été en effet prouvé que le passage du primaire au secondaire provoque énormément de difficultés en mathématiques car cette matière devient conceptuelle ou abstraite, ce qu'elle n'était pas auparavant. Une situation qui peut parfois être vécue comme traumatisante par l'élève, surtout en troisième secondaire. C'est ce qui pousse Isabelle Wettendorff à insister, par exemple, sur l'ineptie de la démonstration pour des adolescents dont le cerveau n'est pas encore mûr pour ce genre d'attente (Chamaraud, 2006). Ainsi, devant un axiome dont ils peinent à recouvrer le sens, les élèves auront plus que tout envie de baisser les bras. Toutefois, la manipulation peut faciliter ce passage obligé : en effet, le coté ludique et le caractère visuel d'un dispositif sont susceptibles d'aider les apprenants qui ne comprennent pas, tout en laissant la liberté à ceux qui seraient plus avancés de continuer à progresser. Il appartient donc au professeur, pendant ces instants spécifiques, de déceler les obstacles au sens et de les lever en offrant une solution qui pourra convenir à « tout un chacun » si pas « au plus grand nombre ». Il est à noter que ce type d'initiative consistant à laisser les élèves seuls avec un dispositif dont ils doivent trouver le sens et l'utilité sous la tutelle du professeur peut très bien s'envisager en groupe. Dans cette situation, les élèves collaborent entre eux pour abattre un à un leurs obstacles par le biais de l'outil de manipulation et/ou avec le concours de l'un de leurs camarades qui aurait mieux assimilé les exigences de la matière ;

- en fin de séquence, lors de remédiation ou de révision par exemple. L'impulsion de la manipulation ne doit pas simplement être le fait du professeur. On pourrait aussi imaginer de donner l'initiative aux élèves qui, à leur tour, devraient inventer un nouveau matériel ou utiliser différemment le matériel déjà existant afin de le présenter à leurs condisciples et ainsi donner corps et sens à leurs nouveaux acquis en mathématiques.

Au vu du déroulement de l'année, le professeur pourra ainsi recourir à l'un de ces trois moments-clés, à deux d'entre eux ou même aux trois à la fois en fonction de son inspiration, de la matière abordée et des besoins du public-cible. En régulant les possibilités, l'enseignant limitera ainsi l'impact du temps perdu en ne multipliant pas une méthode qui irait jusqu'à l'écœurement. Il l'emploiera, au contraire, judicieusement, afin de permettre à la classe de se familiariser davantage avec cette approche jusqu'à ce qu'elle devienne intuitive (gain de temps également !). D'autant que l'objectif restera sensiblement le même quelle que soit la combinaison : montrer l'efficacité de l'outil proposé et surtout donner du sens en toutes circonstances.

4. La complémentarité entre les arts et les mathématiques en phase de recontextualisation

Le recours à l'art au sein des mathématiques peut donc permettre à un éventail assez large de stratégies pédagogiques de se déployer dans le but d'une meilleure compréhension, que ce soit pour introduire un nouveau savoir ou pour découvrir ce dernier de façon détournée. Mais ce serait dommage de limiter cette fusion à ce simple rôle de vecteur. En clair, il est tout à fait possible d'assigner une autre visée à la perspective qui est la nôtre, à savoir faire évoluer le potentiel créatif de chaque élève dont nous aurons la charge.

Cette ambition paraitra alambiquée puisqu'on se base sur le cliché qu'un élève doté d'une sensibilité artistique n'aurait pas l'intuition nécessaire pour se conformer à la rigueur et la précision des mathématiques. L'inverse s'avère également vrai comme l'expose la théorie des huit intelligences d'Howard Gardner : il est clair qu'un élève développant en priorité une intelligence « logico-mathématique » voire « naturaliste-écologique » aura a priori plus de difficultés qu'un « visuo-spatial » à mettre en place un concept que l'on pourra qualifier de « créatif » (Partoune, 2014).

4.1 Le concept de créativité : une notion difficile à cerner.

Cependant, qualifier une production par cet adjectif demande déjà de s'accorder sur ce que l'on entend par « créativité » et surtout quelles seraient ses caractéristiques principales. Sur sa définition, force est de constater que la littérature scientifique n'est pas unanime: ainsi, la créativité peut être vue comme la capacité à générer des idées nouvelles (selon un contexte donné ou non), une acception qui prend surtout le résultat comme échelle de valeur (Capron Puozzo, 2016). D'autres spécialistes se focalisent davantage sur l'émetteur de cette création et sur la posture qu'un individu peut prendre pour parvenir à un résultat novateur : cette option est privilégiée par les chercheurs Romero & Lille (2017) qui préfèrent, quant à eux, parler de « créattitude ». Derrière ce mot-valise se cache une nouvelle façon d'évoluer dans la société où l'individu (ou le groupe, si c'est un travail collaboratif) serait capable d' « entreprendre une démarche ou proposer une solution efficiente jugée valable par un groupe de référence » et ce, sans abuser des moyens disponibles. En d'autres termes, la créattitude place au firmament la capacité de pouvoir apporter quelque chose de nouveau, après essai et erreur, un quelque chose qui ne serait pas de l'imitation servile, de la simple amplification ou de la simple transposition comme l'exigent les programmes actuels en Belgique. Un troisième point de vue peut être conceptualisé, celui de la créativité comme processus avec un début, un milieu et une fin.

4.2 Le modèle des 5P de Suzanne Filteau

Suggérée par Isabelle Capron Puozzo (2013), cette façon de voir les choses nous parait mieux maitrisée par la chercheuse québécoise Suzanne Filteau (2012). Celle-ci entend proposer une véritable méthode pour cerner et appliquer la créativité dans divers domaines, dépassant par là le flottement sémantique qui rend l'application de ce concept beaucoup trop libre. Il en résulte le modèle des « 5P » élaboré par ses soins, chaque « P » correspondant à une instance impliquée au moment de la création.

Premièrement, la création est un processus qui peut s'apparenter à une sorte de démarche scientifique : sur base du canevas, des idées (hypothèses) fusent selon le principe des pensées convergentes et divergentes. Ensuite, ces résultats sont, soit conservés car pertinents, soit rejetés pour leur côté trop farfelu. Chaque concept retenu est alors analysé pour en retirer les forces et les faiblesses avant d'arriver, au terme de la phase d'échange et de réflexion, à un consensus pouvant être mis en œuvre.

Deuxièmement, Filteau accorde une attention particulière à la personne qui s'investit dans l'acte de création. Sera considéré comme « créatif » un individu qui parviendra, selon sa personnalité propre, à associer les quatre aptitudes suivantes. Il y a d'abord l'habileté cognitive (on ne peut être créatif dans un domaine que l'on ne connait pas ou sans expérience/observation préalable qui éviterait certaines erreurs, par exemple). L'habileté conative, ensuite, revient, peu ou prou, à la motivation de la personne initiée par sa volonté propre (par exemple, réussir un défi par une manipulation) ou par un facteur extérieur comme une récompense voire une juste régulation des contraintes (par exemple, le fait de pouvoir changer les couleurs d'un Space Invader sans dénaturer les objectifs de l'exercice)[17]. Les deux dernières aptitudes, c'est-à-dire les habiletés sensorielles et affectives, doivent être envisagées ensemble car elles sont constamment en interaction.

Il va de soi que ces quatre compétences ne sont pas présentes de façon égale et équilibrée au sein de chaque personne sur Terre : ainsi, il y en aura qui seront plus cognitives, d'autres davantage conatives… Tout dépend du vécu ! Si nous demandons à un professeur de français de travailler avec nous sur l'élaboration d'un jeu pour notre future classe de mathématiques, son habileté cognitive sera plus que probablement limitée si nous prenons un sujet comme la trigonométrie. En revanche, sa volonté de transdisciplinarité ainsi que sa sensibilité artistique personnelle et son sens visuel plus acéré (par la lecture d'œuvres par exemple) pourraient nous être utiles pour envisager des aspects de mon travail auxquels nous n'aurions pas pensé en temps normal. Cette disproportion entre la répartition des habiletés au sein d'une même personne pousse l'auteure à établir une autre catégorisation, celle des profils « créatifs ». Elle recense ainsi « l'émotif » qui sera centré sur le relationnel dans le sens large du terme et la gestion des émotions ; le « terre à terre » qui se caractérisera par sa rigueur, son organisation et le respect des procédures ; l' « intellectuel » qui se révélera par sa logique et son esprit d'analyse et enfin, l' « artiste » vivant dans un autre univers que le réel (Filteau, 2010).

En troisième lieu, Filteau aborde le concept de « produit » dans son modèle. Qu'entend-t-elle par là ? Il s'agit du résultat du travail de création et de son jugement en tant que tel. Évaluer le coté créatif d'un tel aboutissement est sans conteste difficile : sans citer de critères bien précis, Capron Puozzo (2013) appelait avant tout à la flexibilité. Romero et Lille (2017) pointent eux un enjeu contextuel car la production créative sera « définie en lien aux relations entre le contexte, le sujet créatif et le groupe de référence qui juge de la créativité ». La proposition de Filteau (2012) précise le modèle précédent, sur base de quatre critères : pour elle, « si le produit est qualifié de nouveau, d'original, d'utile, de

[17]Ces deux moteurs sont nommés par Filteau « motivation intrinsèque » et « motivation extrinsèque ».

valable (ou de fonctionnel), d'adapté au contexte et s'il est accepté par la clientèle visée on peut parler d'un produit créatif. Si seulement quelques-unes des qualités sont réunies, on peut tout de même parler d'un produit créatif, car il peut y avoir une compensation entre les qualités : une qualité forte peut contrebalancer une qualité plus faible ».

La période est le quatrième principe du modèle, cela consiste à simplement rappeler qu'un processus de création peut se produire à court (inspiration directe) ou à long terme en fonction du travail à effectuer, des enjeux et du temps à disposition.

Enfin, la place est la dernière composante de cette théorie. Filteau y expose des facteurs pouvant influencer positivement ou non les créateurs au sein de leur environnement de travail (le lieu même de création) et au niveau de leur environnement personnel[18] (c'est-à-dire les traditions des individus, leurs valeurs personnelles, les rapports humains qu'ils entretiennent entre eux, etc.).

Ce modèle permet de mettre des mots sur le concept de créativité tout en donnant une base que nous jugeons exploitable dans le domaine mathématique, voire dans d'autres domaines selon Filteau (2010). On constatera qu'il est fort proche de celui des « 7C » résumé par Capron Puozzo (2013) dans son article. Cette dernière ajoute les deux dimensions suivantes, la consumption, c'est-à-dire l'appréciation du produit par le public concerné (aspect déjà mis en exergue par Romero, par exemple) et le *curriculum* qui transforme la « créativité » en une compétence que l'enseignant doit absolument transmettre à ses classes quelle que soit sa discipline, de façon à former un parcours transversal dans la scolarité de l'individu.

Nous choisirons cependant de garder le modèle de Filteau comme base parce qu'il nous semble plus intuitif à appliquer et qu'il offre une dimension humaine qui est peu présente dans l'acception de Capron Puozzo. En outre, les deux dimensions ajoutées par cette dernière nous paraissent peu utiles dans le contexte qui nous occupe car soit elles sont déjà intégrées autrement dans le

[18] Dans le cadre de ce travail de fin d'études, nous nous concentrerons uniquement sur l'influence des infrastructures dans le déroulement de la création. En effet, nous estimons ne pas avoir connu suffisamment nos élèves pour nous permettre d'analyser des composantes subjectives qui ne sont pas de notre ressort.

concept (c'est le cas de la consumption que l'on pourrait intégrer dans le produit), soit elles coulent de source dans n'importe quelle situation d'apprentissage.

4.3 La créativité en milieu scolaire : des appréhensions qui ne devraient pas être.

Le flou que la plupart des enseignants attribuent à la créativité contribue sans doute à sa mauvaise presse. En effet, certains professeurs déprécient ce processus en l'assimilant à un moment sans valeur didactique puisque totalement libre. Un stéréotype qui semble confirmé par les recherches de Schumacher Coen et Steiner (2010) qui pointent que ce sont les champs lexicaux de liberté, d'imaginaire (et… de plaisir, nous y reviendrons) qui ressortent le plus fréquemment des réponses d'enseignants quand on leur demande de définir la créativité. Rien qui paraisse scientifiquement acceptable en termes d'apprentissage pur et dur : en effet, il est difficile d'expliquer théoriquement à une personne comment elle pourrait devenir créative *ex nihilo* !

Pour Capron Puozzo (2016), d'autres facteurs doivent être invoqués pour donner un panorama complet de ce désamour. Elle cite, par exemple, le strict confinement historique de cette initiative aux matières artistiques ou à des situations extra-scolaires. Elle poursuit en référant à l'incompatibilité presque naturelle de la créativité avec d'autres disciplines plus classiques (constat également partagé par J. Schumacher et consorts). Elle évoque également la méfiance que l'on peut éprouver face à un concept qui ne peut reposer sur aucune base théorique mais aussi le préjugé selon lequel seules les personnes bien dotées intellectuellement seraient capables de le mettre en pratique. Elle mentionne enfin l'impossible adaptation d'un système encore trop axé sur l'enseignement de masse (où l'horizon d'attente conçoit les élèves comme des êtres possédant une pensée unique et un comportement conforme aux attentes) qui perçoit la créativité comme une porte d'entrée vers la transgression des règles établies. Créer implique de devoir donner une liberté au sein d'une situation d'apprentissage, balisée par un cadre et des consignes, afin d'éviter de valider tout et n'importe quoi. En effet, il n'y a plus une « bonne réponse » mais des « bonnes réponses », ce qui exige une souplesse d'appréciation dont ne sont pas capables tous les professeurs.

Comment convaincre alors que la créativité peut devenir un véritable rouage dans la mécanique de l'apprentissage, plutôt qu'une pièce rapportée faussement ludique ? À la suite de Filteau (2012), un premier argument consisterait à voir la créativité comme un liant capable de donner du sens à toutes les matières du cursus imposé à l'élève, quels que soient son orientation et son niveau. En effet, et le modèle de Filteau le met bien évidence, la créativité est un tout qui ne se limite pas au champ artistique stricto sensu. Ainsi, on n'imagine pas un architecte élaborer une construction innovante sans connaitre quelques principes de base comme le théorème de Pythagore pour la pente d'un toit, les théories de poids et forces en physique pour la résistance des matériaux ou encore quelques notions de communication pour exposer clairement son projet à son client et ainsi être convaincant.

Le deuxième argument tiendrait dans le discours de Romero & Lille (2017) qui rappelle qu'user de la créativité dans une situation didactique ne rend pas obsolète une manière d'enseigner plus classique pour la bonne et simple raison qu'avec la meilleure volonté du monde, certaines matières ne s'y prêtent pas (comme, par exemple, les règles de calcul des polynômes, même si de petites astuces peuvent encore être trouvées ça et là). En outre, il ne faut pas oublier que les professeurs sont tenus de suivre un programme dont la flexibilité est plus au moins limitée selon les branches (assez large en français mais terriblement restrictive en mathématiques selon notre propre expérience !). Si nous reprenons l'objection de la pédagogie de masse soulevée par Capron Puozzo, on remarque dès lors que les deux chercheurs français plaident pour une situation médiane quant au statut de la créativité dans les apprentissages. Pour arriver à un tel résultat, ils comptent sur l'expertise de l'enseignant qui, au sein de ses leçons, insère des savoirs possédant une « marge de créativité » qu'il convoquera au moment adéquat (Romero & Lille, 2017). Toutefois, cette pratique ne pourra réellement être organisée que si deux prérequis sont rencontrés. D'une part, il est nécessaire de déterminer quel type d'enseignement il faudra mettre en valeur au cours des moments accordés à la créativité. Citant les travaux de Craft, Jurkiewicz et Schmidely (2016) mentionnent dans leur mémoire trois catégories de pédagogies pouvant favoriser la créativité, à savoir : «

- L'enseignement créatif. Il s'agit de concevoir un enseignement sortant de l'ordinaire. Il se développe autour d'un matériel attractif – mise en scène artistique, multimédia, etc.
- L'enseignement pour développer la créativité. L'objectif est ici transversal à l'apprentissage dans une volonté de développer la pensée créative des élèves […].
- L'apprentissage créatif. Ici, les élèves sont les constructeurs de leurs propres apprentissages, la pensée créative jouant un rôle explicite sur l'assimilation de nouvelles connaissances »

D'autre part, les activités devront être bien balisées pour être qualifiées de créatives : elles devront ainsi proposer un aspect novateur au sein de la séquence (il ne s'agit pas de rabâcher quelque notion qui aurait été abordée antérieurement sinon cela risquerait d'ennuyer l'élève), contenir un certain niveau de difficulté tant dans la réflexion que dans l'exécution (pour donner un aspect de « défi » à la tâche), être présentées de façon ludique afin de réduire au maximum le contexte prescriptif inhérent au champ scolaire et le stress généré par ce dernier et enfin, offrir la possibilité d'être réalisées en autonomie (Capron Puozzo, 2013)

Un troisième argument en faveur de l'utilisation de la créativité au sein des apprentissages scolaires serait relatif à la confiance en soi et donc à l'émergence d'une posture plus positive de l'élève face aux contenus qui lui sont transmis. C'est là une facette à ne pas négliger compte tenu du public adolescent auquel nous serons confrontée: est-il d'ailleurs nécessaire de rappeler à quel point ce groupe est souvent caractérisé pour les émotions extrêmes qu'il peut ressentir à tout moment dans une situation anxiogène, le panel pouvant aller du déraisonnement stupide à la sensation d'être un moins que rien (Devernay & Viaux-Savelon, 2014). Au sein de ce développement, l'école peut jouer le rôle d'un facteur clivant en faveur de l'une ou l'autre tendance. Et comme le souligne à juste titre Isabelle Capron Puozzo (2013), en reprenant la théorie de l'efficacité personnelle du canadien Albert Bandura, les émotions d'un apprenant peuvent influencer considérablement son engagement dans une tâche et donc la qualité de son apprentissage. En clair, si l'étudiant estime qu'il est capable de réaliser ce qu'on lui demande alors il s'y engagera totalement, d'où la motivation et un résultat de bon augure à la clé. Dans le cas contraire, la situation sera vécue comme un échec, avec toutes les souffrances que cela peut impliquer. Si, bien sûr, l'enseignant ne peut influencer directement l'état psychologique de ses élèves, il peut néanmoins favoriser positivement ce dernier dans sa démarche didactique en utilisant sa marge de créativité. Or, quand on connait la place de l'émotion et de l'investissement dans le modèle présenté de Filteau, nul doute que la créativité peut réellement venir en aide aux apprenants, tant dans leurs connaissances que dans leur bien-être.

Ce n'est sans doute pas un hasard si, en 2012, la Fédération Wallonie-Bruxelles, par la voie du Conseil de l'Éducation et de la Formation, a publié un vaste dossier d'instruction intitulé *Innovation, créativité et emploi… une interpellation à l'enseignement et à la formation* (Conseil, 2012). Dans celui-ci, le Conseil pointe l'absence d'adéquation entre l'institution scolaire et les progrès actuels : cette dernière reste cantonnée à des dispositifs qui ont fait leur temps et qui doivent impérativement évoluer afin de permettre aux jeunes de ne pas passer à côté des enjeux fondamentaux que la créativité fait peser sur le marché de l'emploi. Il en résulte une volonté d'aborder l'enseignement autrement : « Nous avancerons donc qu'apprendre à apprendre - apprendre à synthétiser les informations, à tester les connaissances, à collaborer, à faire et à accepter la critique, à communiquer clairement des idées au moyen de tous les outils disponibles, à prendre des initiatives, à oser prendre des risques et à se montrer créatif – tout cela devrait faire partie des programmes scolaires » (Conseil, 2012)[19].

Une rapide consultation du programme de mathématiques du deuxième degré édité par la Fédération Wallonie-Bruxelles (2014b) peut toutefois laisser dubitatif quant à ces recommandations. En effet, le verbe « créer » n'y apparait que trois fois et est principalement adressé au professeur. Le terme

[19]Notons avec amusement que l'institution qui plaide pour cette nouvelle approche émane du même groupe qui écrit et coordonne… les programmes scolaires.

« créativité » n'est mentionné que comme un synonyme d'originalité lors d'une phase de résolution de problème. Quant à la « création », elle y est totalement absente ! Au premier degré, on ne relève aucune occurrence des trois dérivés du verbe « créer » (FW-B, 2000), sans doute parce que le programme est très antérieur aux conseils évoqués plus haut.

Le cas de l'enseignement spécialisé ne sera pas plus clair du fait de l'absence totale de programme dans les matières comme le stipule la circulaire n°7724 de 2019 (FW-B, 2019). Toutefois, un rapide coup d'œil aux compétences-seuils à atteindre nous démontre que la créativité n'est clairement pas une visée primordiale en mathématiques. Cela peut sans doute s'expliquer par les exigences même de ce type d'enseignement qui privilégie une fondation durable des bases avant toute autre forme d'exploitation « hors-cadre ».

II. Partie pratique

5. Brève exposition de la méthodologie employée et présentation des écoles où elle a été testée.

5.1 Présentation de la structure à venir

Dans les pages suivantes, nous allons mobiliser l'ensemble de l'apport théorique exposé précédemment afin de décrire, analyser et interpréter les différents dispositifs que nous avons utilisés lors de nos stages à l'Athénée Royal Uccle 1 ainsi qu'à l'EEPSIS d'Horrues. Ce commentaire sera sous-tendu par le recours aux trois étapes de l'apprentissage telles que définies par Désilets et Tardif (1993)

Notre objectif sera de souligner le bien-fondé de l'apport de ces concepts dans la construction du sens en mathématiques, quel que soit le milieu scolaire où cette branche est dispensée. Pour ce faire, nous utiliserons essentiellement un enseignement créatif ainsi qu'un enseignement pour développer la créativité.

En effet, nos publics de stage se caractérisent par leur aspect très diversifié au sein du spectre scolaire. D'un côté, nous avons l'enseignement général qui, comme nous aurons l'occasion de le voir ci-dessous, est davantage axé sur un apprentissage théorique de masse. Ainsi, a priori, il ne serait pas demandeur de notre approche. À l'opposé, l'enseignement spécialisé qui a fait de la validation des compétences et de l'individualisation, ses chevaux de bataille. Il semblerait donc, par définition, plus sensible à notre cause. Mais avant de rentrer dans le vif du sujet, il convient de présenter les établissements dans lesquels nous avons testé notre approche artistico-mathématique ainsi que de décrire le profil des classes qui nous ont été assignées.

5.2 Présentation de l'Athénée Royal Uccle 1 et de nos classes de stage

L'Athénée Royal Uccle 1 est une école d'enseignement général se trouvant, comme son nom l'indique, à Uccle, dans le quartier de l'Observatoire. Elle jouit, depuis sa fondation en 1930, d'une assez bonne réputation au sein du tissu scolaire bruxellois.

L'enseignement de l'ARU1 se veut inspiré de l'humanisme et entend proposer une formation où le respect, l'esprit critique par l'acquisition de connaissances ainsi que la solidarité sont les valeurs cardinales. L'Athénée offre à ses élèves un programme classique d'humanités générales dont le but avoué est la préparation aux études supérieures. Les degrés et options sont donc organisés en fonction.

Sous la supervision de madame Bruynbroeck, nous avons élaboré un dispositif dans le cadre d'une leçon sur les propriétés des angles dans un cercle, à destination de trois classes de troisième année. Malgré la disparité de ces dernières, nous en parlerons de façon globale au sein de notre partie pratique car nous avons rencontré majoritairement des avantages et des inconvénients similaires chez tous nos groupes, qu'ils soient issus de la 3A, classe de latin où les niveaux sont drastiquement opposés (globalement des apprenants très bons mais quelques-uns extrêmement faibles), de la 3C, classe plus homogène ou encore de la 3E, classe d'option scientifique et laboratoire, réputée pour son caractère ascolaire et ses lacunes récurrentes. À titre indicatif, ces trois classes comptaient vingt-cinq élèves en moyenne.

5.3 Présentation de l'EEPSIS et de nos classes de stage

L'EEPSIS (acronyme d'École d'Enseignement Professionnel Secondaire Inférieur Spécialisé) est un établissement dont l'objectif principal est de former autant d'un point de vue humain que qualificatif, des élèves atteints de handicaps de type 2 et 3. L'école est située dans un cadre verdoyant à Horrues, près de Soignies.

L'enseignement de l'EEPSIS se cristallise autour de la notion de « formation continuée ». En d'autres termes, l'établissement propose une prise en charge individuelle à l'élève qui a alors la possibilité d'évoluer à son rythme dans chacune des matières prévues par le projet d'établissement. Cela ne signifie pas cependant que l'étudiant est solitaire durant son apprentissage : ainsi, une attention particulière est portée par l'équipe éducative à l'intégration des différents étudiants au sein de leur classe, avec pour mots d'ordre la collaboration, l'épanouissement et la tolérance.

La pédagogie est bien entendu adaptée à ces volontés : elle est entièrement axée sur le ludique comme support de la réconciliation de l'enfant avec l'apprentissage. En effet, l'EEPSIS recueille fréquemment des élèves qui ont été écartés d'autres établissements et qui, par conséquent, ressentent un dégoût total vis-à-vis de toute forme de scolarité. Cette étape de « réhabilitation » est essentielle – pour ne pas dire cruciale - puisqu'elle conditionne l'acquisition des compétences en savoirs et savoirs-être jugées indispensables pour l'apprentissage de toute profession. Elle peut aussi être la porte ouverte vers un retour vers l'enseignement dit « ordinaire » avec l'accord de l'équipe pédagogique.

En outre, il faut garder en mémoire que l'EEPSIS mène avant tout à un métier : elle organise ainsi la formation des ouvriers jardiniers, ouvriers horticoles, maçons, monteurs en sanitaire et en chauffage, commis de cuisine et aides logistiques en collectivité. On comprendra facilement pourquoi l'école a choisi de proposer du CEFA (c'est-à-dire deux jours d'apprentissage à l'école et trois jours sur le terrain, sous le patronage d'un professionnel du métier, lors d'un stage de longue durée et rémunéré). Durant cette initiation puis ce perfectionnement, les évaluateurs sont particulièrement attentifs à la maitrise technique et comportementale qu'exige la voie que les élèves ont choisie mais aussi à l'autonomie de ces derniers face au travail à fournir.

C'est dans ce contexte que nous avons enseigné cette année à des élèves de type 3 sous la direction de mesdames Visée et De Valck. Il s'agit d'un groupe comprenant des élèves atteints de troubles du comportement, que ceux-ci soient de nature physique ou affectif. Concrètement, ces apprenants éprouvent intellectuellement des difficultés à se concentrer. Ce frein les rend, d'une certaine façon, inaptes à mobiliser des savoirs, procédures ou concepts sur une longue durée ou de façon répétée comme l'exige par exemple le niveau général du secondaire. Cette situation peut mener à des ressentis anxiogènes chez les élèves et faire obstacle durablement à toute forme de réussite pédagogique. D'un point de vue purement affectif, ces problèmes, s'ils n'ont pas été pris en charge tôt dans le parcours scolaire et expliqués à l'élève, peuvent générer en lui une estime de soi déplorable. Cette dernière grève encore davantage toute espérance de réussite tant d'un point de vue des exigences de l'école que de l'épanouissement. Dans son mémoire consacré à la question, Audrit (2016) identifie plusieurs facteurs qui expliqueraient le déclin progressif de l'enfant et nécessiteraient une prise en charge plus adaptée. Premièrement, la dimension « invisible » du trouble qui serait source de diverses moqueries de la part des condisciples avec les conséquences que cela implique (harcèlement). Deuxièmement, le sentiment d'échec qui provoque chez le jeune un sentiment de découragement et de honte qu'il ne parvient pas à dépasser. Troisièmement, l'impression d'incompréhension qui peut survenir, à la fois chez l'élève et chez le professeur, à cause d'une pédagogie qui est déficiente par rapport aux spécificités de l'individu auquel on enseigne. Si l'intégration peut évidemment aider à renverser complètement cette tendance, force est de constater qu'entretemps, ces apprenants doivent être stimulés d'une façon complètement novatrice afin de garder un lien avec l'institution scolaire, perçue souvent comme un refuge bienveillant face à un contexte familial désastreux (comme c'était le cas pour énormément d'élèves de nos classes).

Au sein de l'EEPSIS, nous allions enseigner les matières suivantes à deux niveaux de type 3. D'une part, la symétrie orthogonale avec la phase 2 (qui correspond au deuxième palier d'apprentissage qui, dans tous les types, en compte trois). C'est avec les classes de cette phase 2 que nous allions recourir aux carreaux de ciment pour faciliter l'acquisition des savoirs. Malheureusement, la crise sanitaire, combinée à la nécessité formulée par notre maitre de stage de revoir certaines bases avant de commencer, ne nous a pas permis de tester le dispositif que nous avions prévu au départ. Cette partie du travail mélangera donc hypothèses théoriques et observations relevées sur le terrain.

D'autre part, nous avons dispensé les échelles aux phases 3, c'est-à-dire aux élèves qui sont dans leur dernière année d'apprentissage avant la qualification. Ici, nous avons imaginé un dispositif inspiré du street-art et du travail de Space Invader que nous avons pu presque mener à terme.

6. Analyse du dispositif utilisé dans la séquence sur les angles dans un cercle, dispensée en troisième générale à l'Athénée Royal Uccle 1.

6.1 Phase de contextualisation

En guise d'introduction, nous avons opté pour des exercices de révision sur les propriétés des angles formés par deux droites parallèles coupées par une sécante. En effet, cet apprentissage était au programme du cours de mathématiques en première et deux années du secondaire. Parmi les exercices choisis figuraient des énoncés directement tirés des épreuves de CE1D et donc familiers aux élèves. On pourrait cependant arguer que ces exercices de révision ne constituent pas une situation significative de contextualisation pour les élèves, comme le préconisent Tardif et Meirieu (1996). Nous estimons, au contraire, que le fait de replonger les élèves au sein d'une situation dans laquelle ils ont appris (à savoir un cours de mathématiques tout à fait traditionnel) peut se révéler primordial. En effet, en proposant un environnement familier et quotidien, nous repartons de leur zone de confort pour aller vers la décontextualisation : c'est donc une stratégie mûrement réfléchie qui va s'axer sur la mise en confiance pour permettre à l'élève de s'engager dans l'apprentissage. Par ailleurs, il nous paraissait peu pertinent d'élaborer une porte d'entrée innovante dans cette matière car en s'ajoutant au manque de repères qu'induit la décontextualisation, elle aurait plus que probablement brouillé les pistes, morcelé l'apprentissage et rendu toute intention didactique insignifiante.

On mentionnera par ailleurs le fait que ce corpus de révision s'est révélé plus que nécessaire en regard du niveau des classes qui nous ont été confiées, en plus d'être une demande expresse de notre maitre de stage qui connaissait naturellement mieux les prérequis de ses élèves que nous à ce moment de notre formation. C'est pourquoi notre dispositif de manipulation conçu pour étudier l'inscription dans un cercle doit être considéré ici comme de la décontextualisation puisque le prisme artistique génère un contexte nouveau dans lequel les bases précédemment actualisées seront utiles pour parvenir à l'assimilation du savoir nouveau.

En revanche, imaginons que les connaissances supposées de nos classes sur notre sujet (à savoir les angles), étaient acquises et ne nécessitaient pas de rappel préalable. Dans ce cas-là, nous aurions pu aborder les nouvelles propriétés en recourant au même biais artistique, ce dernier permettant de contextualiser l'inscription dans un cercle avant d'enchainer sur une série d'énoncés d'application.

6.2 Phase de décontextualisation

6.2.1 Situation-problème initiale

Dans chacune des situations-problèmes évoquées ci-dessous, nous avons constitué des binômes afin de maximiser les bienfaits de la collaboration et de l'échange tels que Pelay (2012) & Palleau (2005) les ont décrits précédemment : la verbalisation, la collaboration, l'implication et la valorisation personnelle.

Pour cette leçon, nous avons imaginé, en guise d'accroche, une situation plausible où l'art urbain pourrait servir de vecteur pour découvrir (et plus tard assimiler) les propriétés des angles à l'intérieur d'un cercle et particulièrement les suivantes : « dans tout cercle, des angles inscrits interceptant le même arc ont même amplitude » ainsi que « dans un cercle, si un angle inscrit et un angle au centre interceptent le même arc de cercle, alors l'amplitude de l'angle au centre vaut le double de celle de l'angle inscrit ».

Compte tenu des particularités de ces dernières, nous avons d'abord placé notre situation-problème (Annexe 33) au sein d'une salle circulaire, en pensant que nos élèves pourraient sans trop de difficulté s'y projeter pour peu qu'ils aient déjà visité un amphithéâtre, une tour de château ou encore vu une représentation au Théâtre Royal du Parc ou au Cirque Royal de Bruxelles. À l'extrémité de la pièce était posée une toile immense. À partir de cette disposition, nos apprenants devaient déterminer la position stratégique la plus efficace pour que l'artiste Jackson Pollock (Annexe 34)[20] touche la toile en y projetant des jets de peinture et ce, indépendamment de sa force. Deux cas de figure étaient proposés, à savoir soit opter pour un emplacement contre un mur de la pièce, soit partir de son centre-même. En tenant compte de ces consignes, les élèves devaient construire trois positions potentielles (celle du centre imposée et deux sur les bords de la pièce qu'ils devaient déterminer) et sélectionner la plus efficace (exemple du résultat attendu dans l'Annexe 35).

6.2.2 Matériel mis à disposition[21]

Pour représenter la pièce circulaire dans laquelle les élèves allaient devoir tester l'efficacité des différents angles d'attaque de l'artiste, nous avions remis à nos apprenants un sous-plat en liège. Ce dernier symbolisait donc le sol de ladite pièce et était muni d'un système d'accrochage pour rendre les essais plus aisés à effectuer par les étudiants, tout en nous prévenant de toute perte inutile de temps. À cette fin, le système se composait de « crochets » élaborés à partir d'agrafes et enfoncés sur le contour du liège ainsi qu'au centre afin que les élèves puissent travailler sur les deux faces du support. Un trait était tracé entre deux de ces attaches pour marquer la toile.

Le dispositif comprenait également des fils amovibles de « scoubidou » pour que les élèves puissent représenter concrètement sur leur support les diverses trajectoires possibles de la peinture. En effet, les scoubidous s'avèrent être assez rigides pour limiter les difficultés de manipulation et d'emmêlement, tout en offrant un panel de couleurs suffisamment large pour envisager un éventail de solutions. Pour ne pas ruiner l'objectif de cette manipulation, le dispositif ne comprenait aucune mesure d'amplitude. Néanmoins, afin que nos apprenants

---

[20] Du point de vue strict de l'histoire de l'art, notre choix de recourir à Pollock paraitra contestable car il s'agit d'un anachronisme par rapport au mouvement du street-art (l'artiste décède en 1956 soit une bonne vingtaine d'années avant l'avènement de l'art urbain). Pourtant, Pollock est sans conteste un précurseur de cette tendance. D'une part, parce qu'il rejetait la peinture verticale sur toile sur chevalet qu'il assimilait à un vestige du passé au profit d'un art qui se matérialise désormais sur les sols, aspect que l'on peut retrouver dans l'art urbain qui a fait de la pluralité de ses supports fixes ou mobiles l'une de ses lignes de force. D'autre part, parce que la technique du « dripping », qu'il a largement contribué à populariser, n'est finalement qu'un ancêtre légitimé de la cruciale bombe de peinture urbaine, si chère aux graffitis et autres pochoirs. De surcroit, il va sans dire que cette méthode correspondait en tous points à nos intentions pédagogiques.

[21] L'ensemble du matériel est visible dans l'Annexe 36

ne soient pas bloqués trop rapidement, nous avons confectionné des gabarits de diverses amplitudes (neuf au total : 15-30-45-60-75-90-120-150-180 degrés, chacun étant symbolisé par une couleur propre).

Enfin, l'aspect tactile de notre « invention » avait été particulièrement étudié grâce à une variation des textures et des matières (le liège du sous-plat, le métal des agrafes, le plastique des scoubidous et le papier cartonné des gabarits d'angles)

Dans sa liste de facteurs empêchant la manipulation de devenir une norme au sein de l'enseignement - tous types confondus – Froidmont (2016) épinglait notamment la difficulté de dépasser le cadre de l'usage unique vis-à-vis du matériel construit ou des processus organisés. Cette critique, en regard de nos propos, doit être tempérée car nous avons utilisé notre matériel tout au long de la séquence de la découverte des propriétés des angles au milieu de la séquence, à une tâche finale en fin de parcours (développée dans la partie création) en passant par des exercices de démonstration. De plus, nous pensons qu'avec un peu d'ingéniosité un continuum - même transversal - peut s'envisager, à condition que le support soit conçu comme flexible dès le départ. C'est par exemple le cas pour ce matériel (support en liège et scoubidous) qui pourrait être adapté pour découvrir le cercle trigonométrique et le tableau des valeurs des sinus et cosinus. En outre, les gabarits d'angles seraient, eux aussi, toujours cohérents pour cette nouvelle matière puisqu'on y utilisera les amplitudes $\frac{\Pi}{6}, \frac{\Pi}{4}, \frac{\Pi}{3}, \frac{\Pi}{2}, \frac{2\Pi}{3}, \frac{3\Pi}{4}, \frac{5\Pi}{6}$ et Π radian.

Si la manipulation a certainement des avantages dans de nombreuses situations, elle doit, comme beaucoup de choses, être utilisée avec sagesse pour éviter une lassitude par l'excès.

6.2.3 Analyse après déroulement

Après avoir testé ce dispositif dans trois classes différentes, nous pouvons tirer comme premier enseignement que ce matériel pédagogique sur les angles a été davantage utile dans des classes de niveau moyen voire faible et possédant une perception de compétence assez négative (ici, la 3C et la 3E). Un constat qui ne nous étonne qu'à moitié en regard des types d'apprenants de ce genre de classe qui regroupe, malgré la réputation de l'école, des profils fréquemment jugés ascolaires et dotés d'une perception de valeur quasi-nulle en ce qui concerne la majorité de leur cursus. Ce sont aussi des étudiants qui assimilent l'école à un environnement pénitentiaire où la coercition comportementale et pédagogique est la norme. Par conséquent, en leur proposant une situation adidactique, nous pensions offrir à ces élèves la possibilité de s'affranchir raisonnablement de cette chape de plomb anxiogène qui grève leur estime de soi pour aborder les notions avec un regard neuf et une confiance nouvelle.

Pour ce qui est de l'autre classe (la 3A), elle présentait une maitrise globalement supérieure des prérequis attendus, ce qui n'est sans doute pas étranger à son enthousiasme limité pour ce genre de démarche. Sans généraliser, on peut raisonnablement penser que certains apprenants aient considéré notre approche comme « infantilisante », refusant par là de sortir d'une zone de confort dans l'abstraction qui leur réussit bien jusqu'à présent.

Nous avons pu également prendre conscience d'une dimension qui est assez peu traitée dans la littérature que nous avons relevée, à savoir l'influence de l'heure où la manipulation prend effectivement place. Quand on conçoit une leçon au niveau de sa chronologie (par exemple, une séquence d'une vingtaine d'heures), la préparation se fait toujours indépendamment de l'horaire du professeur. Ainsi, on ne sait jamais à quel moment précis ce nouveau chapitre va débuter. Pour résumer de façon un peu naïve, on imagine toujours commencer à l'heure une, en compagnie d'apprenants hyper motivés, et à la valence d'attention optimale. Or, la réalité est souvent tout autre et nous l'avons appris à nos dépens. En effet, notre phase de manipulation a pris place, calendrier oblige, avant les vacances de Toussaint, ce qui n'était certainement pas le moment le plus opportun. Malgré le coté ludique, nos classes ont été difficiles à mettre en route, surtout à cinquante minutes de l'issue d'une éreintante période de huit semaines de cours !

Ce contexte a, en tous cas, mis en lumière un aspect du dispositif auquel nous n'avions pas vraiment pensé, à savoir le cadrage des opérations pour éviter une perte de contrôle des apprenants. Bien sûr, nous avions anticipé le déroulement et les questions éventuelles lors de la rédaction de notre méthodologie mais avec le recul, nous nous sommes rendue compte qu'en inventant un dispositif, nous étions également, comme les élèves, soumise à la loi de l'essai et de l'erreur. Ainsi, dans la première classe où le support a été présenté, nous avions décidé de laisser les élèves totalement libres de manipuler l'outil sans aucune autre explication, si ce n'est la consigne de départ. Résultat des courses : ceux-ci sont partis dans tous les sens (exemple d'une mauvaise manipulation dans l'Annexe 37) et nous nous sommes épuisée à essayer de les guider individuellement. Ce n'était certainement pas la bonne démarche à suivre sur le moment même vu le nombre élevé de personnes par classe. L'individualisation ne peut fonctionner dans de telles conditions : lorsque l'enseignant s'occupe d'un cas particulier, le public, bien souvent, en profite pour faire autre chose en attendant son tour. Pour rectifier le tir dans les deux autres classes, nous avons pointé trois écueils :

- premièrement, des élèves ne parvenaient pas à conceptualiser la situation qui, rappelons-le, concernait Jackson Pollock voulant créer une œuvre sur le mur du fond d'une salle circulaire en ayant le moins de perte de peinture possible. Pour pallier cette difficulté, nous avons simulé la projection d'un jet de peinture à l'aide d'un vaporisateur rempli d'un mélange d'eau et d'acrylique sur feuille blanche (Annexe 38) ;
- deuxièmement, des élèves n'avaient pas compris l'objectif de l'exercice. Nous avons alors insisté plusieurs fois sur le but poursuivi qui était de minimiser les pertes de peinture. De cette manière, les élèves ont été contraints de se concentrer sur l'arc de cercle déterminé ;
- troisièmement, des élèves ne comprenaient pas la fonction des scoubidous. Nous leur avons alors réexpliqué l'utilité de ceux-ci en mettant l'accent sur la zone de déplacement de la peinture pour qu'elle parvienne à atteindre un maximum d'espace sur la toile. Nous avons aussi demandé que les apprenants se concentrent sur une couleur de scoubidous pour chaque position de manière à rendre les différents angles plus distincts.

Outre l'aspect pédagogique de l'exercice, ce recours à l'ancêtre du street-art nous a permis d'établir une porte d'entrée vers une culture « classique » dont nous avons mentionné le peu de réception au sein des générations actuelles. Si étudier Pollock dans un cours de mathématique n'est pas conventionnel tant ses productions sont aléatoires et informelles, évoquer son nom, son approche et les techniques qu'il a développées, permettait aussi d'ouvrir une réflexion sur les origines du courant. Par ce biais, on puise dans le passé artistique pour enrichir le présent tout en mobilisant des connaissances et des compétences mathématiques apprises antérieurement et qui seront nécessaires dans l'élaboration d'un raisonnement.

Les propriétés d'angles inscrits et d'angles au centre interceptant le même arc étant découvertes, il restait donc à passer aux exercices d'application plus traditionnels tels que le calcul d'une amplitude à partir de celle d'un angle inscrit ou d'un angle au centre interceptant le même arc ainsi qu'à l'initiation à la démonstration. Dans l'acquisition de cette nouvelle compétence et, ce, particulièrement dans les phases de travail individuel, nous avons pris conscience que certains élèves ne travaillaient pas parce qu'ils étaient, à un moment ou à un autre, bloqués dans le processus. Pourquoi nos apprenants n'arrivaient-ils donc pas à poursuivre la phase de décontextualisation, c'est-à-dire utiliser ce que la manipulation leur avait transmis dans cette situation à la fois inédite et familière ? Sans doute l'abstraction de ces exercices, axés sur la démonstration, constituait-elle un obstacle difficile à franchir. En effet, pour démontrer, il faut que l'élève soit capable de discriminer chacune des figures géométriques présentes dans un ensemble. Or, beaucoup d'élèves éprouvent de terribles difficultés face à cette consigne apparemment très simple.

Nous remémorant les propos d'Isabelle Wettendorf qui considérait que la démonstration était un exercice difficile à appréhender mentalement pour notre public adolescent, nous avons alors fourni à ce dernier une assistance en nous basant sur notre dispositif pour bâtir une représentation en 3D[22] (exemple d'utilisation du dispositif dans la résolution d'un exercice dans l'Annexe 39). Si notre création ne permettait pas de rencontrer tous les cas de figure, toujours est-il qu'elle aidait, à notre sens, dans la représentation mentale des différents

[22] En évoquant la 3D, nous soulignons surtout le coté matériel de notre dispositif. En effet, ce dernier ne peut être considéré comme de la 2D sinon notre matériel se serait résumé à un croquis sur une feuille de papier voire une simple photographie. Or, dans ce cas-ci, les objets sont physiquement manipulables et déplaçables.

éléments attendus. Bien que nous n'ayons pas disposé d'un laps de temps assez large pour vérifier la réelle consolidation de cette compréhension, il est clair que cette méthodologie a convenu aux apprenants qui parvenaient à mieux distinguer les différents angles et donc à mieux cerner les hypothèses et la thèse. Le tout en parfaite autonomie. Toutefois, nous le concevons bien volontiers, cette séquence doit être perfectionnée. Ainsi, nous prévoirons à l'avenir une progression dans l'agencement des énoncés : les premiers seront réalisables avec le support au contraire des derniers qui ne nécessiteront plus son utilisation, de façon à rendre les élèves de plus en plus indépendants au fil de leur apprentissage.

Outre l'abstraction, nous avons aussi pointé que l'assimilation du vocabulaire et des propriétés, même si ces dernières ont été distillées petit à petit, était rédhibitoire pour les élèves. Pour y remédier, nous avons conçu des fiches[23] (Annexe 40) de couleur sur lesquelles le schéma et le dessin d'un objet (par exemple, les angles opposés par le sommet) puis l'énonciation de la propriété les concernant sur le verso (« des angles opposés par le sommet ont la même amplitude ») étaient imprimés. Pas d'informations superflues, juste l'essentiel. Le but était, à nouveau, que les élèves utilisent cette aide durant la réalisation des exercices afin de les rendre autonomes et, qu'à terme, ils puissent s'en passer. Avec le recul, le choix d'utiliser un anneau de farde a été judicieux car nos classes clipsaient ce dispositif sur leur plumier, dans leur farde ou l'utilisaient comme porte-clés : ils l'avaient donc toujours sous la main et c'était plus facilement consultable, plus fun, plus ludique qu'une synthèse classique de cours. Cette omniprésence nous a permis de remarquer une amélioration sensible dans la fixation des savoirs par ce simple procédé de manipulation et de consultation. Cette progression peut aussi trouver sa source dans sa correspondance à tous les types d'apprenants évoqués plus haut : en effet, tant ceux oraux (qui s'entendent lire), que visuels (par la couleur et les schémas) ou kinesthésiques (par l'action de tourner les pages qui permet la concentration et

[23] Nous avons pris le parti de mentionner ce dispositif au sein de la phase de décontextualisation pour les raisons suivantes : déjà, ce dernier prend place dans les exercices d'application qui font partie intégrante de la phase de décontextualisation. En outre, même si nous avons conscience que ce n'est pas à proprement parler de la manipulation didactique, ces fiches regroupent, néanmoins, une bonne partie des caractéristiques sémantiques et d'apprentissage de la manipulation *stricto sensu* telle que nous l'avons définie plus haut via le TLF.

par la mémorisation par le geste) trouveront un profit à tirer de ce support, diminuant ainsi les avantages des uns et les inconvénients des autres. Enfin, notons que les étudiants pouvaient aussi retirer les fiches qu'ils estimaient désormais inutiles pour ne garder que celles qui n'étaient pas encore acquises, avec, à la clé, un sentiment de valorisation bien légitime. L'acte d'ajouter ou de retrancher appartient en effet à la décision de l'apprenant qui se responsabilise dans son acquisition de la matière. Cette indépendance témoigne d'une implication qui devrait lui permettre d'augmenter sa perception de compétence et, sans doute, celle de valeur.

6.3 Recontextualisation [24]

Nous allons maintenant analyser la tâche finale créative conçue pour les élèves de l'Athénée Royal Uccle 1 en utilisant le système établi par Filteau en matière de création.[25]

6.3.1 Le processus

L'objectif de la tâche finale du chapitre prenait racine dans une perspective artistico-mathématique : nous allions, en effet, demander aux élèves de développer une démonstration non abordée en cours et de l'illustrer de façon originale en vue de l'intégrer dans une œuvre collective. Celle-ci serait exposée dans un lieu de passage de l'école. Pour ce faire, le processus de création comportait deux phases délimitées comme suit. La première demandait à l'élève d'effectuer une démonstration parmi un choix de plusieurs énoncés (Annexe 41). Une fois la thèse démontrée, l'étudiant devait d'une part, transposer artistiquement l'esquisse de la construction sur un sous-plat en liège fourni par le professeur. D'autre part, il était tenu d'intégrer au sein de son œuvre, le développement complet de sa démonstration, également de manière originale et « artistique » (par exemple, via le recours à un polaroid, à des

[24] Toute la méthodologie décrite ci-dessous n'a pu être exploitée en classe et restera donc malheureusement purement théorique. En effet, notre maitre de stage, réfractaire à ce genre d'initiative, nous a imposé d'avancer dans la matière plutôt que de nous donner la latitude nécessaire à la concrétisation de ce genre de projet.
[25] Nous ferons de même avec les autres finalités créatives exposées dans les pages suivantes.

polices différentes pour les différents passages obligés de l'exercice, etc.) (simulation d'exemples de transposition artistique dans l'Annexe 42)

L'art permettrait donc de rendre plus attractive, plus ludique, plus intuitive, une compétence mathématique qui n'est appréciée en temps normal que des initiés. Mais quelles sont les techniques dont pourrait user un apprenant pour arriver à un résultat artistico-mathématique acceptable (originalité mise à part) ? Pour notre part, nous aurions pu proposer la peinture (qui, alliée au scotch, permettrait des tracés relativement propres et précis), le dessin avec des marqueurs-peinture de type Posca, le collage avec des formes en carton ou en mousse et - pourquoi pas ? - l'utilisation de fils et d'épingles pour reprendre l'idée du dispositif. D'autres manières de réaliser cette tâche de création auraient pu être envisagées sur proposition des apprenants, si et seulement si, dans un cas comme dans un autre, la précision était de mise.

Outre les étapes de sélection du « sujet » et de la technique, on pointera que ce genre d'exercice travaille à nouveau la personnalité et l'autonomie de l'élève qui doit procéder par essai et par erreur pour trouver la combinaison adéquate.

6.3.2 La personne

Si l'on reprend à nouveau les caractéristiques du modèle de Filteau, on remarquera que l'habileté cognitive est bien évidemment convoquée puisque les étudiants ont eu l'occasion de s'exercer à plusieurs reprises sur des démonstrations au cours de la séquence. Ils ont donc pris l'habitude de jongler avec le dessin ainsi que le raisonnement classique en trois étapes. Par ailleurs, ils ont également pu déjà se familiariser avec les caractéristiques du liège durant la phase de décontextualisation.

L'habileté conative a aussi été pratiquée grâce aux nombreux défis inhérents à cette production finale. En effet, l'aspect artistique est peu exploité dans les cours généraux, hormis dans certaines options bien spécifiques. Proposer un travail de cette envergure représente donc une réelle difficulté pour des apprenants qui déplorent souvent manquer d'imagination dans pareilles circonstances. Tout l'enjeu sera donc de trouver un équilibre subtil entre réalisation facilitée et rendu correct. Sans oublier que cette harmonie est sous-tendue par une volonté didactique. En effet, l'enjeu est de montrer la démonstration autrement. Celle-ci est donc, en quelque sorte, sortie de son contexte pour le public sans que son contenu ne soit dénaturé. Dans le même temps, pour l'apprenant, c'est l'occasion de donner du sens à un exercice jugé traditionnellement comme l'essence même de l'abstraction mathématique. À cela s'ajoute enfin un soupçon d'émulation car à cet âge-là, on a souvent envie de se démarquer des condisciples (Devernay & Viaux-Savelon, 2014) mais aussi de responsabilisation puisque la production s'intégrera, au final, dans une œuvre collective à laquelle tout le monde aura accès.

Les habiletés sensorielles et affectives seront, quant à elles, illustrées par les choix esthétiques opérés par l'élève par rapport à l'agencement du support en liège et à la technique exploitée.

Au niveau des profils créatifs présents dans nos classes, nous pouvons globalement opérer une dichotomie entre les 3A et les 3C-E. Comme nous l'avions mentionné plus haut, les premiers possédant davantage de bases ainsi qu'une logique accrue, ils correspondraient davantage à un profil plutôt terre à terre voire intellectuel. Dans le même temps, nous catégoriserions plutôt nos deux autres groupes d'élèves au sein des profils émotifs car ils ont une perception de valeur et de compétence particulièrement basse, ce qui induit chez eux un esprit de compétition. En effet, en accomplissant la tâche finale demandée, ils ont la possibilité de démontrer qu'ils ne sont pas aussi faibles qu'on le pense parce que l'on convoque désormais une facette de leur personnalité qui leur convient mieux.

6.3.3 Le produit

La tâche finale comportait une création individuelle injectée par la suite dans une création commune (Annexe 43). Cette dernière rassemblerait donc les œuvres individuelles accrochées au mur de façon à créer une œuvre murale à la manière du street-art. Elle serait, par exemple, localisée dans une classe de mathématiques ou dans un lieu de passage comme une salle commune ou un couloir. Sa mise en place aurait été organisée par nos soins avec les différentes classes dont nous avions la charge, pendant une heure de cours.

En ce qui concerne l'évaluation proprement dite, seule l'œuvre personnelle est susceptible d'être jugée sur base des critères suivants :

- la maitrise du principe de la démonstration : dessin en adéquation avec l'énoncé, respect du raisonnement en trois étapes (rédaction des hypothèses, de la thèse et de la démonstration) et qualité de l'intégration de cette réflexion au sein de l'œuvre ;
- utilisation du vocabulaire mathématique adéquat ;
- application correcte des propriétés des angles inscrits et angles au centre dans un cercle (afin que la création soit pertinente et valable) mais aussi de façon novatrice ;

Aucune note par rapport à l'esthétique n'interviendra et pour cause, nous restons dans le domaine mathématique en priorité (c'est donc ce dernier qui prime). Par ailleurs, notre objectif est de libérer les élèves par le biais de la créativité : par conséquent, les confronter à un attendu (par définition « meilleur ») serait contre-productif.

Enfin, le coté kaléidoscopique de l'œuvre collective, quant à lui, n'aura comme unique critère de réussite que la fierté des élèves d'avoir participé à cette réalisation.

6.3.4 La période

Vu que la recontextualisation intervient en dernier lieu, toute la séquence de cours doit être abordée en amont (environ 3-4 semaines) afin que la production finale puisse se concrétiser en aval.

6.3.5 La place

Contrairement à nos exigences dans l'enseignement spécialisé, il nous parait plus intéressant que des élèves, et particulièrement ceux de 3ème générale, réalisent ce travail à domicile. D'une part, parce la création nécessite un environnement calme et serein, ce qui n'est pas forcément le cas d'un local de cours avec une moyenne de 25 étudiants. D'autre part, le programme de mathématiques étant relativement dense dans cette année, ce choix permet aussi de minimiser la « perte » de temps provoquée par cette activité annexe. On ajoutera que les élèves de troisième sont d'ailleurs censés être suffisamment autonomes pour mener à bien un projet individuel.

7. Séquence portant sur les échelles, dispensée en phase 3 à l'E.E.P.S.I.S.

7.1 Contextualisation

Dans un tout autre contexte, l'art urbain nous a également inspirée lors de la conception de notre parcours sur la notion d'échelle. L'approche était cependant différente puisque, ici, nos apprenants se trouvaient en phase finale d'acquisition de leur profession (maçonnerie, plomberie et horticulture) et non à l'aube de la découverte d'une nouvelle matière. Par conséquent, habitués à observer des plans, nos élèves possédaient déjà quelques bases utiles dans la matière que nous devions enseigner. Il nous paraissait donc légitime de nous appuyer sur l'idée que la contextualisation avait déjà été réalisée lors de ces cours pratiques. C'est pourquoi contextualiser à nouveau, même à travers le prisme de l'art, se serait apparenté à un entêtement de notre part qui risquait de nous desservir. En effet, certains apprenants auraient pu considérer cette énième introduction comme une perte de temps, la ressentir comme une tentative d'infantilisation voire induire chez eux une perte de compréhension à cause de l'approche nouvelle. Pour éviter ces écueils potentiels, nous avons directement commencé, avec ces classes, par une phase de décontextualisation sous la forme d'un atelier de manipulation à vocation artistique. Basé sur la figure de Space Invader (Annexe 44), il avait pour objectif de rappeler la notion étudiée ainsi que sa terminologie.

Imaginons maintenant la situation inverse : en clair, qu'aurions-nous pu mettre en place si nos étudiants ne connaissaient pas cette même notion d'échelle au début de notre stage ? Compte tenu de ce paramètre, une phase de contextualisation s'imposerait naturellement, mais là encore, comment devrait-elle être conçue ? Pour répondre à cette question, nous aurions pu proposer le processus suivant, en gardant bien à l'esprit que ce dernier n'est que purement théorique.

Dans un premier temps, nous aurions apporté en classe une série d'objets publicitaires connus reproduisant une œuvre d'art (des bics, des magnets, des cartes postales, des porte-clés, des trousses, des parapluies, etc.). Pour constituer ce corpus, nous aurions uniquement proposé du merchandising axé sur l'œuvre d'un artiste qui sera étudié ultérieurement au sein du cours ou ayant été récemment sous le feu des projecteurs (à l'instar de Banksy et de sa toile autodétruite dans le domaine de l'art urbain ou la banane collée de Maurizio Cattelan dans celui de l'art contemporain), ou encore un artiste qui aura été l'objet d'une visite scolaire. On pourrait, dans cette dernière perspective, penser à la récente rétrospective sur Keith Haring à BOZAR qui a été un franc succès tant auprès du public que des groupes scolaires.

Une fois qu'ils auraient pris connaissance des éléments devant eux, les élèves pourraient - seuls ou en petit groupe - travailler sur l'un des objets fournis. La consigne demanderait de lister toutes les étapes nécessaires à la conception et à la fabrication du produit. Après le temps imparti, nous espérerions dégager, lors d'une mise en commun, le recours à la réduction ou à l'agrandissement sans déformation comme constante. À partir de là, on amènerait le vocabulaire spécifique aux échelles et on pourrait aussi comparer, dans le même temps, les différentes productions aux dimensions de base des œuvres initiales pour évaluer les différents rapports et ainsi introduire le système de notation puis les exercices proprement dits. Comme pour le cas de Pollock, ce début de séquence serait à nouveau l'occasion, pour un public défavorisé à cet égard, de littéralement faire connaissance avec l'univers de l'art légitimé (ou celui de l'art urbain en passe de l'être). Cet échange entre l'apprenant et l'art apporterait une touche ludique et culturelle qui atténuerait l'aspect sérieux et monolithique d'un cours classique.

7.2 Décontextualisation

7.2.1 Situation-problème initiale

La méthode, testée ici en classe, a été élaborée différemment par rapport au dispositif utilisé dans le général. En effet, notre visée première consistait à ce que nos élèves s'exercent de façon presque systématique à la conception d'une échelle. Cette tâche se révèle parfois très complexe dans certaines classes du général. Toutefois, il s'agissait là d'une ambition nécessaire en regard de la pratique professionnelle de nos apprenants. Mais, comment réussir à rendre ce concept « manipulable » autrement que par un biais artificiel qui voudrait, par exemple, que les élèves reproduisent le trajet de leur domicile à l'école à une proportion donnée ? Si nous recourions à cette mise en situation classique, on détruirait de facto la perception de valeur de l'élève, ce dernier ne trouvant que peu d'intérêt pour un quotidien qui, au mieux l'indiffère, au pire lui donne envie de fuir. De surcroit, la notion de défi ou de ludique qui, à elle seule, entrainerait la verbalisation et la motivation serait totalement absente. Le résultat empirerait si, d'aventure et par souci de sympathie, nous aurions voulu calculer directement avec nos apprenants des échelles pour des tuyauteries, des paysages jardiniers voire des murs… Ce serait une erreur dans la mesure où le public du spécialisé, par sa nature même, est l'antinomie de celui que l'on retrouve dans les bancs de l'enseignement général. Comme nous l'avons déjà mentionné plus haut, le premier est à la recherche d'imaginaire et d'évasion dans un cursus déjà axé sur le concret. En clair, les élèves du spécialisé ont envie que leurs cours généraux se différencient de leurs cours pratiques, même si des notions sont conjointes, car ils pourraient ressentir une forme de lassitude.

Quant aux apprenants du général, ils sont souvent abreuvés de concepts perçus comme abstraits, à tel point qu'ils se révèlent être en demande de quelque chose de plus « pratique », même quand le dispositif ne s'affranchit pas totalement d'une dimension culturelle légitimée comme c'est le cas pour Jackson Pollock.

Pour introduire la manipulation d'échelle dans un contexte un peu fantastique - tout en restant réaliste quant à la maitrise attendue de la compétence - nous avons fini par opter pour une reproduction des œuvres colorées de Space Invader. Ce street-artiste reprend les petits personnages caractéristiques du jeu d'arcade éponyme et les esquisse sous forme de mosaïque pour les coller un peu partout dans le monde, et notamment dans divers endroits de Bruxelles. Voilà une production qui s'avère finalement être un motif en 2D aisément déclinable, possédant des dimensions variables mais réalistes et, surtout, susceptible de plaire à des adolescents ! Partant de ces caractéristiques, nous avons ainsi proposé à nos apprenants de reproduire des exemplaires de Space

Invader en respectant la seule consigne suivante : « en utilisant le matériel mis à disposition, réduis le Space Invader qui t'a été attribué ». Dans les faits, il n'était possible de reproduire la créature qu'à l'échelle $\frac{1}{2}$, étant donné que chaque carré de mosaïque était représenté par un carré de 2 perles de repassage sur 2 (cf. la section « matériel »). De cette façon, si on voulait utiliser une autre échelle, il aurait fallu découper des perles !

7.2.2 Matériel mis à disposition

Nous avons pris soin de prévoir une version différente de Space Invader (Annexe 45) par groupe de deux élèves mais toujours basée sur le même modèle (Annexe 46). L'aspect mosaïque de l'œuvre originale était ici conservé grâce à la technique du Pixel Art fondée sur l'usage de perles à repasser. Une option qui nous évitait de perdre un temps précieux en découpage et collage, tout en offrant les avantages suivants : d'une part, les perles ne peuvent s'enfiler que sur des supports carrés (Annexe 47) avant fixation, un dispositif qui aiderait les élèves dans la manipulation tant par son côté rassurant que par le contraste rugueux qu'il offre en comparaison avec les perles d'aspect plus lisse. D'autre part, la diversité desdites perles colorées rendrait ces dernières attractives pour notre public, tout en lui faisant découvrir une petite créature aux formes très comiques (ce qui dissiperait le cadre normatif scolaire).

7.2.3 Analyse après déroulement

Tenant compte du besoin de régulation de l'activité constaté lors de notre premier essai à l'Athénée Royal Uccle 1, et pour anticiper un éventuel blocage de nos élèves (ainsi que la potentielle frustration qui pourrait en découler), nous avions fabriqué sur le côté des modèles miniatures en perles (Annexe 48). Par conséquent, si des étudiants étaient complètement perdus durant l'activité, nous leur aurions remis une réduction issue d'une autre variation que la leur, de manière à ce qu'ils puissent comprendre le procédé par simple observation (représentation du cheminement dans l'Annexe 49). Pour ce faire, ils auraient dû se référer à un repère sur la figure comme par exemple l'espace entre les deux yeux. Leur constat aurait pu être le suivant : « l'espace entre les deux yeux du grand Space Invader est constitué de 3 carrés de deux perles sur deux tandis que celui du petit Space Invader est formé de seulement 3 perles, ce qui signifie que je dois diviser chaque dimension par deux ». Une fois ce procédé décodé, nos apprenants ne devaient plus qu'appliquer la recette à leur spécimen.

Dans les faits, nous n'avons pas eu besoin de passer par cette étape, toutes classes confondues. Pourtant, il nous apparait fondamental de penser à combler chacun des obstacles que notre public pourrait rencontrer afin de s'assurer qu'il soit constamment occupé. L'action continue est primordiale pour que la manipulation n'échoue pas : s'il devait y avoir un obstacle à franchir jugé trop haut par l'élève, ce dernier perdrait la motivation nécessaire dans la situation adidactique telle que la concevait Pelay (2012). De même, la dimension ludique qui sous-tendait notre apprentissage s'effondrerait. Heureusement pour nous et pour les classes, cette activité a été un réel succès et une véritable source d'amusement pour les apprenants. Fait intéressant à souligner : dans l'une de nos classes, un élève ne voulait pas travailler en binôme, ce qui n'était pas dérangeant dans la mesure où le groupe se trouvait être en nombre impair. Cet imprévu nous a cependant permis de comparer en temps réel l'efficacité du travail en équipe par rapport à celui en individuel. La première configuration est très clairement beaucoup plus productive que la seconde car elle favorise l'échange des idées par la verbalisation, le passage de témoin en cas de difficulté récurrente (ce qui peut se révéler valorisant lorsque cela va dans les deux sens) mais aussi la rapidité d'exécution des tâches plus laborieuses comme le tri des perles.

En ce qui concerne l'apprenant en individuel, ce dernier s'est rapidement retrouvé dépassé par les évènements et nous avons alors recouru au tutorat de classe afin qu'il puisse bénéficier, lui, aussi des richesses du travail en groupe. Un résultat qui nous a convaincue d'imposer des groupes de trois en cas de nombre impair si nous étions amenée à reproduire cette expérience.

Cette activité nous a aussi démontré que si le cadre était primordial, cela ne signifiait pas forcément qu'on ne pouvait pas y distiller un peu de souplesse dans des cas spécifiques. Nous pensons notamment à ce binôme qui voulait modifier les couleurs du Space Invader d'origine dans leur mise à l'échelle (Annexe 50). De prime abord, nous avons accepté, pensant que ce changement n'aurait aucun impact sur le déroulement de l'activité. Et pourtant, avec le recul, nous estimons que cette modification a rendu les choses plus complexes puisqu'elle a insufflé une nouvelle étape cognitive dans le raisonnement. Un autre groupe désirait, quant à lui, se détacher de la version reçue pour en créer une variation différente mais qui respecterait la forme du modèle imposé. Nous avons là aussi accepté mais avec certaines conditions, que nous développerons plus bas, car cette faveur ne l'empêchait pas de découvrir la bonne échelle : tout juste y parviendrait-il avec un peu plus de difficulté.

Lorsqu'on lit ces lignes, on pourrait avoir l'impression que les décisions que nous avons prises l'ont été en âme et conscience. Dans les faits, nous avons dû surtout composer avec notre méconnaissance totale du niveau de chacun de nos élèves vu que c'était notre premier contact avec eux. Si nous avions pu « obtenir » ces informations, sans doute aurions-nous tranché de façon plus nette et plus précise, le dilemme étant le suivant : en disant non, nous risquions de diminuer leur enthousiasme et leur motivation à mener à bien la tâche. Mais en donnant accès à toutes leurs demandes, nous pouvions compromettre le déroulement de l'activité si le niveau requis n'était pas présent. C'est pourquoi il nous a paru important que nous assujettissions nos feux verts à certaines conditions parmi lesquelles le respect du prototype pour en réaliser la première partie (Annexe 51). Par cette position médiane, nous sommes parvenue de façon indirecte, à doubler les bénéfices de l'activité puisque à la résolution du défi s'ajoutait la liberté de créer. Ces paramètres ont, en tous cas, révélé le potentiel de certains de nos apprenants qui ont même eu le temps de produire une variation qui leur était propre (Annexe 52).

Durant cette séance de manipulation, nous n'avons que rarement dû revenir à des phases de travail collectif alors que cela a été plus que nécessaire dans les classes de général. Comment expliquer une telle différence ? Nous pourrions avancer, en toute modestie, que nos différents réflexes acquis depuis lors dans ce genre d'activité ont porté leurs fruits. Mais ce serait mentir que de ne pas mentionner en premier lieu à quel point le nombre réduit d'élèves a grandement facilité les choses. Cette spécificité nous a donné le temps nécessaire pour aiguiller chacun des binômes, sans lasser les autres par une trop longue attente. Nous n'avons émis des remarques plus globales que dans le cas où plusieurs groupes commettaient la même erreur, comme par exemple celle de réduire le nombre de perles par ligne et non par colonne (exemples de réalisations d'élèves dans l'Annexe 53).

Méthodologiquement parlant, l'activité s'est close par une synthèse des observations et l'introduction de la notion d'échelle. À travers ces instants aux allures récréatives, les élèves sont arrivés au constat qu'ils avaient divisé par deux le nombre de perles pour aboutir au résultat souhaité. Pourtant, ils avaient auparavant essayé d'appliquer une soustraction car pour eux, réduire le personnage impliquait logiquement de lui enlever des perles. Très vite, ils se sont néanmoins aperçus que cette approche n'apportait rien de concluant, au contraire de la division… Encore fallait-il appliquer celle-ci tant aux lignes qu'aux colonnes car une utilisation hétérogène de cette opération aurait généré un Space Invader disproportionné par rapport à l'original.

L'introduction de la notion d'échelle s'est faite assez naturellement, dans la mesure où les élèves avaient l'habitude d'être confrontés à ce concept dans leurs cours de pratique professionnelle. Mais cette étape ne marquait pas leurs adieux avec les Space Invader puisque ceux-ci sont réapparus dans les exercices de drill qui ont suivi l'activité, soit à nouveau sous forme de coloriage sur papier millimétré en Pixel Art (Annexe 54), soit au travers d'exercices à thème (Annexe 55). Il nous a semblé important de les convoquer à nouveau dans notre leçon afin de ne pas reléguer la manipulation au rang d'artifice conçu pour l'occasion et ainsi garantir la présence d'un fil rouge tout au long de notre séquence. Cerise sur le gâteau, nos apprenants ont été enchantés de revoir ces petits monstres auxquels ils avaient pris tant de plaisir à donner vie, une rencontre qui leur a octroyé le courage nécessaire pour avancer au sein du corpus d'énoncés.

7.2.4 Le cas de la remédiation

Comme nous l'avons expliqué ailleurs, on peut aussi recourir à la manipulation lors de remédiations. S'il est vrai que ces dernières ont généralement lieu en marge des cours dans l'enseignement général, elles sont davantage intégrées au sein des leçons dans l'enseignement spécialisé. Nous allons pour cela nous appuyer sur une situation à laquelle nous avons fait face en classe. Elle nous permettra d'inclure une réciprocité dans le paradigme évoqué par Palleau (2005) qui affirmait que la manipulation ne pouvait prendre sens dans un apprentissage sans une continuité théorique. En effet, pour nous, l'inverse est également possible grâce à l'aspect protéiforme de la manipulation qui l'autorise à intervenir à n'importe quel moment d'une séquence si et seulement si le groupe-cible s'avère réduit (un paramètre impossible dans les classes surpeuplées du général).

Ainsi, pendant l'activité de réduction des Space Invader, nous avons été confrontée à un cas de figure que nous n'avions absolument pas anticipé, à savoir que deux de nos élèves ne comprenaient absolument pas le concept de division. Notre perplexité a laissé place à une énorme frustration face à notre impossibilité à expliquer correctement cette opération. Nous avons alors décidé de profiter du lendemain pour laisser passer l'effet de surprise et changer de stratégie. Réutilisant les perles de repassage, nous avons alors fabriqué des réglettes (Annexe 56) en respectant la chromatique du jeu Cuisenaire (Annexe 57). À l'instar du dispositif en liège, nous dépassions à nouveau le cadre de l'usage unique du matériel. De plus, ce type de support fonctionne de façon très intuitive : pour identifier la valeur d'une réglette, il suffit de compter le nombre de perles (par exemple « 1 » est représenté par une réglette d'une perle blanche, « 2 » par une réglette de deux perles rouges et ainsi de suite). Pour accompagner ce dispositif, nous avons conçu un petit référentiel (Annexe 58) dans lequel nous avions collé la réglette correspondante à coté de chaque chiffre ou nombre ainsi que quelques exercices classiques de division. La manipulation était donc très simple : l'élève prenait ou composait une réglette illustrant le dividende. Ensuite, il devait trouver la réglette qui répondait au partage. Par exemple (Annexe 59), pour le calcul 12 : 4, l'étudiant composait une réglette correspondant à 12 (le dividende) et la plaçait au dessus de l'arbre du partage. Après, il traçait 4 branches (le diviseur) et devait alors choisir la réglette qui pourrait venir compléter chaque branche de l'arbre.

Nous avons pu remarquer qu'après trois heures de manipulation/exercices, les élèves maitrisaient déjà des opérations de division simple, ce qui nous permet de penser que les fondements du concept étaient en passe d'être acquis et que notre dispositif était donc prometteur. Malheureusement, le Covid 19 nous a empêchée de tester ce système sur le long terme et de tirer des conclusions plus certaines.

Enfin, outre son apport didactique, nous avons aussi voulu utiliser la manipulation pour tenter de travailler sur certains problèmes de notre public comme la dyspraxie. Ainsi, en ne triant volontairement pas les différentes couleurs des perles, nous avons favorisé une certaine précision du geste étant donné la petite taille de ces éléments. Il ne faut pas croire cependant que cette réorganisation liminaire était inutile pour les élèves non-concernés : faut-il rappeler en effet que la patience, la rigueur et la précision sont des qualités essentielles dans toute profession manuelle ? De surcroit, un tel dispositif exerçait aussi l'autonomie de chacun de nos groupes, aptitude cruciale dans toute forme d'enseignement spécialisé, quelle que soit la matière.

7.3 Recontextualisation

7.3.1 Le processus

Si nous avions pu mettre en pratique notre phase de recontextualisation au sein de notre chapitre sur les échelles, nous n'aurions pu faire l'impasse sur le retour du Space Invader dans notre séquence, tant pour les raisons évoquées plus haut que pour l'engouement qu'il a provoqué auprès de notre public. Toutefois, le danger de cette proposition consistait à élaborer notre tâche finale comme une sorte de redite de la phase de décontextualisation avec une légère difficulté supplémentaire au niveau des consignes. C'est pourquoi, nous avions décidé d'emblée de nous affranchir des perles de repassage pour proposer des supports plus concrets mais non moins dénués de potentiel créatif.

Ainsi, la première étape aurait demandé aux élèves de concevoir un Space Invader inédit sur une feuille quadrillée. L'avantage de ce support est son maillage de carreaux d'un centimètre sur un qui évoque brièvement la physionomie des perles de repassage et de leur dispositif de fixation. L'idéal aurait été que chaque élève propose une production différente du modèle que nous avions présenté auparavant, en respectant la contrainte du carreau de la feuille. Néanmoins, nous avions conscience qu'une telle proposition aurait pu rebuter certains apprenants. C'est pourquoi nous aurions esquissé, préalablement, à leur intention, plusieurs modèles de Space Invader (Annexe 60) auxquels les élèves auraient dû ajouter ou retrancher des « carreaux » afin de les modifier selon leurs goûts. La création aurait quand même été de mise, sans passer pour un obstacle infranchissable.

Une fois toutes les productions réalisées, ces dernières auraient été présentées à la classe et chacun des élèves aurait dû énoncer au moins une qualité et un défaut de chacune des œuvres soumises. Ceci, afin de valoriser chacun des apprenants qui se serait investi dans la tâche. Cette mise en commun se serait conclue par un vote secret où les étudiants auraient élu leur Space Invader préféré qui serait devenu, de ce fait, le modèle de référence de la classe.

Ce gabarit de base aurait alors dû être reproduit à l'échelle $\frac{10}{1}$ (Annexe 61), par exemple sur une plaque de mdf suffisamment solide pour qu'elle puisse recevoir les carreaux de ciment élaborés par les élèves de phase 2. Une autre possibilité aurait été de permettre de reproduire les créatures sur le mur de la classe (cette dernière se prenant dès lors un peu pour un vecteur de street-art). Bien entendu, la mise en œuvre d'un tel projet présuppose une réflexion commune sur la signification de l'échelle $\frac{10}{1}$. Les élèves doivent ainsi se souvenir qu'il s'agit d'un agrandissement, ce qui induit que chacune des mesures sera multipliée par 10. Par cette opération, chaque carré de 1cm de côté deviendra un carré de 10 cm de côté.

En ce qui concerne le déroulement proprement dit de la concrétisation, on pourrait mettre en place un système de tournante où plusieurs étudiants réaliseraient leur œuvre pendant que les autres s'attèleraient à un nouveau chapitre. Ce système collant parfaitement à la prise en charge individualisée des apprentissages, il minimiserait le risque que l'élève travaillant sur la fresque soit désavantagé par rapport aux autres dans sa progression dans la matière.

7.3.2 La personne

Si l'on applique le concept d'habileté cognitive tel que théorisé par Filteau (2012), on remarquera que les élèves auraient évidemment exploité la silhouette du Space Invader, tant pendant le chapitre que lors des exercices à thème, ou encore par le biais des photographies des œuvres originales distillées ça et là dans les feuilles de cours. De plus, le principe des échelles, déjà découvert dans les cours de pratique professionnelle, aurait été renforcé lors des trois temps forts de la séquence en ce qui concerne le savoir-faire, c'est-à-dire le calcul de dimensions sur plan, le calcul d'échelles et le calcul de dimensions réelles. Pour être vraiment complète, nous pointerons que le mdf étant complètement vierge, il aurait demandé aux apprenants de se rappeler comment tracer un carré. Une compétence acquise en phase 2 mais cruciale ici pour que le support soit utilisé à bon escient.

L'habileté conative aurait également été invoquée tout au long des stratégies didactiques que nous aurions mises en place, notamment dans le challenge que nous proposions en phase de création. En effet, on peut avancer sans trop se tromper que ce genre de défi aurait plus que probablement donné envie aux membres de la classe de se dépasser afin d'être l'auteur du Space Invader gagnant. Ce faisant, la tâche ne se serait pas limitée à l'agrandissement ou au rétrécissement d'une créature mais aurait gagné une dimension supplémentaire symbolisée par le sentiment d'enfin donner de sa personne, de travailler littéralement pour soi. Un ressenti qui est, indubitablement, un puissant agent de motivation, comme en témoignent les quelques élèves qui ont voulu, dès le début de l'étape de manipulation, s'affranchir du modèle de base proposé. Cet effet a sans conteste été amplifié par le facteur récompense initié par la réalisation de l'œuvre d'art collective.

Quant aux habiletés sensorielles et affectives, elles sont, par définition, extrêmement versatiles en regard de la nature de la séquence. Au lieu d'énumérer toutes les combinaisons esthétiques que nous aurions pu voir apparaitre au cours de l'apprentissage, nous évoquerons simplement qu'à partir des modèles donnés, les élèves auraient effectué des choix artistiques différents, suivant par là leurs propres affinités et leurs propres goûts. C'est bien là l'essentiel.

Le panel de profils créatifs est nettement plus limité en phase 3 qu'en phase 2 et pour cause, les élèves concernés ont acquis de la maturité et sont entrés dans l'âge adulte grâce notamment à leurs stages en entreprise. De ce fait, on pourrait les considérer davantage comme étant « terre à terre » puisqu'ils ont l'habitude des contraintes de la vie professionnelle quotidienne. Toutefois, des nuances pourraient encore apparaitre selon les individus car certains de ceux-ci seraient susceptibles, par exemple, d'être considérés comme émotifs, de par leur grand sens de l'entraide.

7.3.3 Le produit

Deux produits auraient dû être réalisés durant ce chapitre : d'une part, la création individuelle (le Space Invader unique) et d'autre part, la création collective où les carreaux de ciment réalisés par les phases 2 viendraient prendre place à l'intérieur de la silhouette agrandie du Space Invader. Dans les deux cas, nous ne comptions pas aboutir à une évaluation. Premièrement, l'échelle qui présiderait à l'élaboration d'un Space Invader unique serait déterminée de façon collégiale (cela n'aurait donc pas de sens d'évaluer une réponse commune). Deuxièmement, parce que nous estimons que la cotation d'une œuvre collective n'aurait que peu d'intérêt car seule la dimension esthétique serait notée. Or, il s'agit d'un paramètre extrêmement subjectif (nous privilégierions plutôt des remarques orales). Par ailleurs, la compétence « tracer des carrés » avait déjà été validée en phase 2, donc une redite s'avérait inutile.

7.3.4 La période

Le processus créatif est le résultat d'un travail sur le long terme puisque toute la séquence de cours doit être abordée (environ 6 semaines) afin d'atteindre l'objectif final. Ce laps de temps se justifie par la faible plage horaire destinée aux mathématiques (3 heures/semaine) mais aussi par le nombre de compétences à aborder. Celles-ci, en outre, ont été complexifiées pour coller à la réalité professionnelle de nos apprenants[26].

7.3.5 La place

La réalisation en classe était ici nécessaire compte tenu de la situation de nos apprenants. Ceux-ci vivent fréquemment dans des environnements familiaux compliqués quand ils ne sont pas placés dans des homes. Au vu de ce contexte, il nous apparaissait primordial que la création reste une source de plaisir et non d'anxiété ou de stress. On notera enfin que vu le temps considérable accordé à la production, on pourrait envisager qu'une réflexion de l'élève quant à sa production en cours puisse s'élaborer en-dehors du cadre scolaire mais cela est évidemment difficile à vérifier.

[26] À la simple compétence centrée sur les échelles (« G303 : reproduire une figure simple à une échelle donnée »), nous avons, nos maitres de stage et nous-mêmes, ajouté les trois autres compétences suivantes : « calculer les dimensions sur plan », « calculer les dimensions réelles », « calculer une échelle ».

8. Séquence portant sur les notions de géométrie, dispensée en phase 2 à l'E.E.P.S.I.S.

8.1 Contextualisation

Les compétences visées par notre séquence étaient les suivantes : construire la médiatrice d'un segment, tracer une droite parallèle ou perpendiculaire à une autre droite passant par un point donné, construire un carré et un rectangle dont les dimensions sont données, dessiner un cercle de rayon donné et enfin, construire le symétrique d'une figure simple par symétrie orthogonale sur papier quadrillé. Pour ce faire, nous avons, en guise de préambule, montré aux élèves des carreaux de ciment d'époque (Annexe 62), pour la plupart dénichés dans une entreprise de récupération de matériaux anciens à Haine-Saint-Pierre. Bien entendu, nous n'avions expressément pas mentionné le sujet de la leçon lors de ce moment d'observation et ce, afin de ne pas compromettre notre introduction par des préjugés négatifs.

Nous avons ensuite débuté notre chapitre. Un commencement que nous avons structuré en trois phases. La première est liée aux réactions des élèves face aux carreaux de ciment, nous l'appellerons donc phase d'identification ou de découverte. Durant celle-ci, la classe a pu s'exprimer face à cet art décoratif ancien revenu depuis à la mode. Pourtant, nombreuses ont été les interrogations ainsi que les hypothèses face au réel usage de ces carreaux aux motifs caractéristiques ! Un des élèves a fini par comprendre qu'il s'agissait d'un élément de carrelage. Une fois l'objet identifié, certains camarades de classe ont reconnu en avoir déjà aperçu dans des magasins de bricolage ou au domicile de proches, souvent des grands-parents.

Après cette démystification, nous avons pu ensuite embrayer sur la seconde étape, à savoir une phase d'observation. La classe devait d'abord donner un bref jugement de goût quant au coté esthétique des motifs. Comme attendu dans ce genre d'exercice, la classe s'est rapidement divisée en deux groupes, l'un reconnaissant les dessins comme « beaux » et l'autre soutenant évidemment le contraire. Cependant, certains élèves, pour soutenir leur thèse, avaient déjà remarqué des couleurs et des formes suffisamment significatives pour qu'elles servent d'arguments. Une fois passée cette joute verbale, nous avons demandé à nos apprenants de préciser leur pensée sur l'ornementation des différents carreaux présentés, quitte à prendre ces derniers en main et à les manipuler. Pour le carreau numéro un par exemple, l'étoile et les fleurs, puis le losange, ont immédiatement été relevés par un petit nombre d'élèves. En revanche, seul un membre de la classe a reconnu les quatre triangles extérieurs tandis que l'octogone est resté invisible. En ce qui concerne le cinquième carreau, là aussi des éléments ont directement été pointés, à l'instar des carrés bleu et du carré noir central (le blanc ayant réussi à passer inaperçu…) et du « rond » qui a rapidement été corrigé par « disque ». Certains élèves ont identifié les triangles. Le reste n'a pas été découvert. Enfin, dans le septième carreau, le « rond » (devenu, de façon plus correcte un « cercle » par la suite) et les triangles ont été plébiscités par les élèves qui ont cependant, une nouvelle fois, ignoré l'octogone.

Enfin, la troisième et dernière phase s'est focalisée sur le but de ce début un peu spécial. En somme, pour quelle raison leur avions-nous montré des carreaux de ciment au cours de mathématiques ? Les élèves ont répondu très honnêtement qu'ils ignoraient totalement pourquoi, même si certains ont émis l'idée qu'ils en fabriqueraient peut-être en classe (propos qui a paru saugrenu à d'autres, estimant que ce n'est pas le genre de démarche que l'on attend d'une matière comme la nôtre) ! Pour relancer quelque peu le débat, nous avons alors demandé à la classe de détailler les différences entre d'une part, les carreaux 1, 2, 3, 5, 7 et d'autre part, les carreaux 4 et 6. Les réponses que nous avons reçues ne correspondaient pas à ce que nous attendions de prime abord : ainsi, pour la deuxième catégorie de carrelage, les élèves avançaient systématiquement que les deux pièces reprenaient la couleur rouge dans leur motif. Une observation judicieuse… Mais qui aurait pu aussi s'appliquer au carreau 7 de la première catégorie ! Sur quels critères discriminer alors ces deux groupes ? Lequel était un exemple d'Art Nouveau et lequel, par conséquent, appartenait à l'esthétique Art Déco ? Pour aider un peu nos apprenants, nous leur avons demandé de se concentrer davantage sur les formes représentées : ils ont ainsi pointé que les carreaux Art Nouveau paraissaient plus compliqués à exécuter que ceux Art Déco car ces derniers proposaient une iconographie plus « droite », selon leurs termes personnels. Pour les reproduire, ils n'auraient besoin que d'une latte et d'un compas. Après un bref échange, nous leur avons fait deviner que l'équerre pouvait aussi être un bon outil dans la réalisation de ces figures.

À propos de celles-ci, nous validions chacune des bonnes réponses de nos élèves en affirmant que ces formes étaient géométriques. Appartenaient-elles de fait aux mathématiques ? Le consensus, sur ce point, était plus qu'unanime. Une convergence qui, rappelons-le, n'était absolument pas de mise au début de la séquence ! Ce volte-face nous a poussée à interroger les élèves qui s'étaient montrés « réfractaires » à l'idée d'utiliser des carreaux de ciment au cours de mathématiques en leur demandant pourquoi ils avaient eu cette opinion initiale. Grosso modo, leurs justifications se révèlent être de deux types : d'un côté, « parce que c'est du carrelage et que les maths, ce sont des exercices » et de l'autre, « parce que c'est beau, donc ce ne sont pas des maths ». Ces explications sont certes un peu stéréotypées mais elles sont, avant tout, les marqueurs d'une vision extrêmement rigide et systématique de notre matière par les élèves. Pour eux, le constat est sans appel : malgré la difficulté sous-jacente, les mathématiques restent et resteront une matière sérieuse ! Mais loin de nous l'idée de stigmatiser ces propos : nous avons préféré expliquer la pertinence de ceux-ci. Nous avons dès lors développé que les exercices étaient primordiaux car ils permettaient de s'entrainer en vue d'une mise en application utile. Prenant leurs options comme un terreau fertile d'illustrations, nous avons fait remarquer qu'un horticulteur devait être capable de tracer un carré, un rectangle ou un cercle sur une feuille avant de délimiter un parterre. Quant au maçon, la maitrise des perpendiculaires pour la construction de son mur était nécessaire. Le plombier se devait d'utiliser perpendiculaires et parallèles car ces deux concepts sont cruciaux pour la création d'une tuyauterie harmonieuse et efficace. Tous les élèves s'accordaient ainsi à reconnaitre le bien-fondé des enseignements reçus dans cette branche.

À ceux qui niaient que la beauté puisse trouver son origine dans les mathématiques, nous aurions voulu pouvoir leur montrer des toiles de Kandinsky et de Mondrian ou des croquis hyper détaillés de Da Vinci. Nous aurions pu aussi leur parler d'Escher, de Nihalani ou de Venet.

Malheureusement, nous ne disposions pas à ce moment-là des reproductions adéquates (nous ne pouvons pas toujours tout anticiper…) pour leur démontrer la symbiose que ces deux domaines peuvent générer, quel que soit le rapport de force[27].

La phase d'analyse s'est ensuite close en mentionnant le programme des cours ultérieurs : nous allions apprendre à tracer des figures de base : rectangles, cercles et carrés et aussi à déterminer le milieu d'un segment, par exemple pour reproduire l'emplacement d'une figure (cf. la pointe de la croix dans le carreau 3). Une fois que ces compétences seraient maitrisées, nous découvririons aussi un procédé qui nous permettrait de dupliquer la moitié d'un carreau de ciment pour l'obtenir dans son entièreté.

8.2 Décontextualisation

À l'exception de la symétrie orthogonale, la phase de décontextualisation s'est résumée, pour les compétences travaillées, à une série d'exercices d'application aussi variés que possible et qui permettraient aux élèves de se perfectionner jusqu'à l'acquisition de la compétence. Le thème des carreaux de ciment n'a cependant pas été oublié. En effet, nous l'avons inséré, à la fin de chaque chapitre, par le biais d'un défi (appelé « challenge »), conçu à partir du principe des programmes de construction (Annexe 63). Cette perspective autorisait un cadrage suffisamment précis pour être efficace auprès de notre public. De plus, elle offrait également la possibilité de travailler sur la compréhension et le respect d'une consigne, ce qui n'était pas superflu car nous avions déjà eu l'occasion de remarquer que cela était souvent un frein dans le travail des élèves.

Nous avions attribué une couleur à chaque compétence : orange pour la médiatrice, bleue pour les droites parallèles et perpendiculaires, mauve pour les carrés et rectangles ainsi que rose pour les cercles et jaune pour la symétrie orthogonale. La couleur se retrouvait dans le titre de la séquence, dans certains

[27] Bien évidemment, nous aurions pu montrer ces exemples a posteriori aux élèves. Mais ces derniers ayant déjà beaucoup de mal à se remémorer ce qui a été abordé la veille, nous avons fait le choix de ne pas les embrouiller davantage pour qu'ils puissent focaliser leur attention sur l'essentiel.

exercices de découpage et au sein de la feuille d'évaluation. Enfin, le challenge (programme de construction) de chaque compétence était imprimé sur la feuille de couleur correspondante.

Les élèves le réalisaient en autonomie avant de compléter une auto-évaluation qui devait refléter l'acquisition ou non de la compétence travaillée. L'évaluation comportait 3 aspects : le challenge est-il réussi ? Suis-je prêt à valider ma compétence ? Est-ce que je souhaite encore m'entrainer ? Une fois les critères cochés, nous donnions une appréciation verbale sur le contenu présenté et là, l'étudiant avait le choix de maintenir sa décision ou de demander des exercices supplémentaires afin de mieux se préparer à l'épreuve à venir. Une démarche qui s'inscrit parfaitement dans les aptitudes exigées dans l'enseignement spécialisé puisque l'apprenant doit être capable de se responsabiliser par rapport à sa relation avec le savoir.

Par ailleurs, lorsque l'on crée quelque chose, on investit toujours dans le processus une partie significative de sa personnalité. Or, notre but n'était certainement pas de porter atteinte à l'estime de soi des élèves en qualifiant leur dessin de mauvais par rapport à nos attentes ou en comparant une production à celles des autres. Une note finale n'aurait donc eu que peu de sens. De surcroit, nous n'envisagions cette réalisation que comme une transition vers l'évaluation finale.

Les élèves n'avaient évidemment aucune image leur montrant où ils devaient arriver, ceci afin de ne pas les influencer. Ce n'est qu'en fin de challenge que nous leur montrions le carreau auquel ils devaient normalement arriver (Annexe 64). C'est en comparant sa production à l'objectif attendu que l'élève établira sa réussite ou non et ce, en totale autonomie.

En ce qui concerne l'aspect manipulation, outre les quelques aides matérielles[28] que nous proposions à nos élèves lors de la résolution d'exercices, elle aurait dû être davantage présente dans la partie sur la symétrie orthogonale mais le coronavirus nous a amputée des deux semaines nécessaires pour une telle

[28] Par exemple, l'utilisation de crayons pour matérialiser les routes lors d'un exercice sur les droites parallèles, perpendiculaires et sécantes ou encore, dans le même chapitre, le recours à un cube annoté pour aider les élèves à visualiser la 3D dans un exercice en 2D.

application. Nous en sommes donc malheureusement réduite à une émission d'hypothèses didactiques sur base du matériel prévu.

Sachant que les élèves devaient travailler ce point de matière sur papier quadrillé, nous avons créé, dans un premier temps, un support papier qui comporterait une image d'un demi-carreau de ciment (Annexe 65) à compléter avec des pièces, façon Tangram (Annexe 66). Nous entendions leur donner ensuite un véritable carreau de ciment d'un autre modèle afin qu'ils déduisent la symétrie et puissent ainsi reconstituer la seconde partie. Dans cette perspective, il ne nous restait plus qu'à choisir la matière la plus appropriée pour produire les différentes pièces : ce support devrait être coloré pour rappeler l'esthétique de ces sols si particuliers, tout en étant suffisamment adhésif pour que cette mise en situation prenne place comme outil de référence. C'est pourquoi nous avons opté pour de la mousse autocollante (Annexe 67). Celle-ci est utilisable très facilement : on peut la décoller et la recoller sans trop de problème (pas indéfiniment non plus mais cela laisse un confortable droit à l'erreur). Ainsi, une fois leur carreau complété, les élèves devraient colorier la première partie en fonction des couleurs des formes en mousse choisies, de façon à respecter la symétrie (exemple de réalisation dans l'Annexe 68).

Ensuite, nous aurions également proposé des calques préalablement imprimés (Annexe 69) pour aider les élèves dans les exercices de construction du début du cours ainsi que des calques vierges mis à disposition des élèves pour la suite des exercices allant du coloriage sous forme de Pixel Art (Annexe 70) à la construction du symétrique de formes simples.

Enfin, la construction de figures plus complexes telles que les carreaux de ciment aurait réclamé le recours à des gabarits spécifiques (Annexe 71). Ceux-ci auraient eu l'apparence de demi-dalles de carrelage découpées dans du carton plume afin de faciliter la progression des élèves au sein des exercices plus complexes, tout en offrant un toucher inédit. De fil en aiguille, au gré des manipulations, les apprenants auraient dû tracer l'axe de symétrie sur l'un des côtés des rectangles, puis un deuxième et ainsi de suite, de manière à produire l'ensemble du pavage.

8.3 Recontextualisation

8.3.1 Le processus

La phase de recontextualisation se fondait, à l'issue de notre séquence, sur la création d'un motif personnel et inédit de carreau de ciment. Pour arriver à ce résultat, les élèves auraient été tenus de réaliser leur croquis sur papier quadrillé de 10x10cm, à l'instar du carreau en céramique final qui possèderait un quadrillage 0,5x0,5 cm.

Dans un premier temps, nos apprenants commenceraient par dessiner un demi-carreau de ciment. En guise d'illustration et d'aide, nous aurions mis à disposition différentes figures géométriques (Annexe 72) dont ils auraient pu tracer le contour et les superposer pour obtenir, chemin faisant, un dessin inédit. Auraient été privilégiées des figures non abordées en classe comme l'octogone, l'hexagone, le trapèze, le parallélogramme, etc. Par ailleurs, nous comptions laisser une certaine latitude à nos classes sur la question de l'invention d'autres figures, du moment que les consignes de base soient respectées (nous y reviendrons plus loin).

Parallèlement, nous aurions également prévu des étiquettes « challenge » (Annexe 73) à tirer au sort. Il aurait été demandé aux élèves d'en tirer au moins une, mais ils auraient pu en tirer plus s'ils le désiraient. Ces languettes reprenaient les compétences géométriques travaillées, compétences que les élèves seraient obligés d'intégrer dans leur production. Par exemple : « un carré de 2,5 cm de côté, un cercle de rayon, 1,5 cm, un rectangle de 2x 3,5 cm, deux droites parallèles, deux droites sécantes, deux droites perpendiculaires, etc. ».

Une fois que les élèves auraient terminé leurs demi-carreaux, ils colorieraient ces derniers pour ensuite les compléter par une symétrie orthogonale en respectant les couleurs de part et d'autre de l'axe. Ensuite, ils devraient transposer leur motif sur une dalle de carrelage en céramique que nous aurions préalablement quadrillée (Annexe 74) avant de colorier ladite dalle grâce à des feutres Posca (simulation d'exemples de création dans l'Annexe 75).

Cette tâche finale aura à nouveau été basée sur ce principe qui nous est cher, à savoir celui de l'expérimentation par essai et erreur afin d'aboutir à un résultat cohérent et concluant. En outre, elle se doublera aussi d'une dimension purement affective car nous sommes convaincue que l'élaboration de l'œuvre collective (simulation dans l'Annexe 76) pourra apporter un peu d'estime de soi à des élèves souvent livrés à eux-mêmes dans la vie quotidienne. De même, ce travail collégial sera susceptible de générer en eux, même si c'est de façon brève, un sentiment d'appartenance à un groupe qui, au vu de leur contexte familial très difficile, leur fait souvent défaut.

Enfin, nous sommes consciente que ce processus aurait sans doute gagné en profondeur grâce à une visée transdisciplinaire[29] vu que la créativité, à notre sens, a sa place dans tous les cours. Malheureusement, quelques semaines de stage – tronquées de surcroit - ne suffisent pas à mettre sur pied[30], dans un environnement nouveau et sur un si court terme, un dispositif aussi énergivore, même si nous en reconnaissons volontiers les bénéfices.

8.3.2 La personne

Cette situation de création a, bien entendu, demandé le recours aux diverses habiletés précédemment mentionnées, ces dernières s'étant déployées et adaptées en fonction du contexte que nous avions élaboré. Ainsi, le panel de carreaux de ciments présentés aux élèves, l'intégration des compétences étudiées par le biais des languettes ainsi que l'utilisation de la symétrie orthogonale sont autant d'occasions pour nos classes de faire progresser leurs habiletés cognitives.

Dans le même ordre d'idées, les défis inhérents à la production en soi ou à la contrainte issue des languettes ont favorisé durablement l'habileté conative. En effet, les élèves auront probablement été motivés par la satisfaction de l'œuvre

[29] Comme, par exemple, créer un Land Art avec les élèves horticoles ou coller les carrelages avec les élèves maçons sur l'un des murs de la cour de récréation. Toutefois, nous n'avons pas mis ce lien en place car nous ne voulions pas favoriser une option par rapport à une autre dans le temps qui nous était imparti.
[30] Cette remarque est également valable pour les autres dispositifs présentés précédemment.

personnellement conçue, un sentiment amplifié par la réalisation collective, cette dernière étant considérée comme une récompense.

Pourtant, un tel résultat n'aurait pas été gagné d'avance au vu des habiletés sensorielles et affectives de nos apprenants. Ce n'est pas peu dire que le choix du carreau de ciment a été clivant : certains étudiants ont adoré (re)découvrir cet art décoratif atypique quand d'autres sont restés bloqués à un aspect jugé daté. Heureusement, l'un comme l'autre camp aurait eu l'occasion de rectifier le tir selon ses propres affinités soit en créant une illustration dans la veine de ce matériau historique, soit en tentant de s'en démarquer totalement sans le dénaturer.

Par conséquent, en considérant la nature de la tâche, on dira que ce sont les profils créatifs qui ont été privilégiés ici, en partant du principe que cette faculté est disponible chez chacun de nos élèves, soit par imitation, soit par bravade, en tous cas dans ce contexte-ci.

8.3.3 Le produit

Comme précédemment, on distinguera le produit individuel (la création d'un carreau de ciment unique) et le produit commun (la composition collective rassemblant les carreaux de ciment en céramique créés par les phases 2 sous la forme d'un Space Invader réalisé avec les élèves de phase 3). Si cette démarche est similaire à notre autre activité de créativité organisée dans le spécialisé, l'évaluation ne sera cependant pas la même puisque nous y avons inséré un dispositif d'autoévaluation comme celui décrit dans les pages précédentes. Nous laissions l'opportunité aux élèves d'avoir un regard réflexif sur leur création en se posant des questions telles que « est-ce que je considère mon carreau comme réussi ? Pourquoi ? », « mon carreau a-t-il des points communs avec ceux que j'avais eu l'occasion de voir en classe ? Si oui, lesquels? » ou encore « mon carreau est différent de ceux que j'avais observés en classe, pourquoi ? ».

Passé cette dimension, il va de soi que le rôle du professeur n'est évidemment pas de juger la qualité du résultat final individuel. En revanche, il doit s'attacher au respect des prescrits minimums imposés comme la maitrise de la symétrie orthogonale, l'assimilation des compétences nécessaires, l'absence de copie absolue ou de plagiat et enfin la capacité de la production à se fondre au sein du dispositif collectif.

8.3.4 La période

À l'instar de l'activité précédente, le processus créatif est le résultat d'un travail sur le long terme puisque toute la séquence de cours doit être abordée (environ 6 semaines – même si pour être plus confortable, il en aurait fallu compter dix) afin d'atteindre l'objectif final. Ce laps de temps se justifie par la faible plage horaire destinée aux mathématiques (3 heures/semaine) mais aussi par le nombre de compétences à aborder (six au total).

8.3.5 La place

À nouveau, pour les motifs déjà abondamment précisés, nous aurions privilégié la réalisation de la tâche en classe tout en suggérant une réflexion sur le long terme quant au processus de création, ce dernier dépassant largement le cadre de l'unique heure de cours.

9. Conclusion

Nous avions convoqué l'expertise de Bruter (2011) pour ouvrir notre travail de fin d'études et c'est par ce même défenseur du lien entre arts et mathématiques que nous allons désormais clôturer notre réflexion. Rappelons-nous que ce dernier déplorait dans son article que les mathématiciens n'aient pas davantage œuvré à rendre accessible et passionnante leur matière de prédilection, créant par là une « mésintelligence » auprès du public scolaire dont les conséquences anxiogènes ont largement été décrites dans les pages ci-dessus.

À la question de savoir si un retournement de situation est possible, celui-ci répond : « l'outil auquel je fais allusion est l'outil artistique, […].C'est à travers des œuvres de cette nature que les hommes se sont exprimés avec le plus de force de conviction, et finalement de persuasion, car une belle œuvre, par son seul pouvoir esthétique qui est d'abord un pouvoir attractif, se laisse contempler, admirer, entendre, écouter, générations après générations. Aucun effort intellectuel n'est a priori demandé. Le message diffuse pourtant ainsi subtilement auprès du public le plus large, qui finit par en assimiler plus ou moins complètement le contenu ou la signification ». Matérialité – familiarisation – communication par la création : Bruter (2011) a mis d'autres mots sur la démarche qui a sous-tendu toute notre recherche, des termes auxquels nous ajouterons une dimension active quand le spécialiste se cantonne à une posture plutôt contemplative dans l'apprentissage.

C'est que cette dernière approche ne suffit plus en soi. Face à un manque de motivation patent au sein des troupes d'étudiants, situation encore plus marquée à cause de la prétendue complexité des mathématiques, il est devenu urgent que l'apprenant puisse acquérir savoirs et compétences de façon active et en lien avec la réalité, qu'elle soit quotidienne ou culturelle. Si nous avons choisi de combiner la réalité et l'artistique au sein de nos différents dispositifs, c'est que nous sommes convaincue que ce mélange – associé aux phases de contextualisation, décontextualisation et de recontextualisation - peut réellement faciliter l'apprentissage des mathématiques par le biais de la création de motivation. Motivation à percevoir que l'abstrait est en fait terriblement concret et connu depuis longtemps (cf. les carreaux de ciment).

Motivation à essayer, se tromper, jouer parfois pour comprendre de haute lutte un savoir qu'une perception de compétence négative aurait probablement rendu indigeste (cf. les dispositifs sur les angles). Motivation, par le biais de la créativité, à se distinguer, à devenir une personne à part entière, aspect souvent négligé dans l'univers scolaire traditionnel axé sur la collectivité et, par-delà, l'impersonnalité.

Les effets du recours à la créativité de nos dispositifs pédagogiques ne sont pas à négliger. En effet, Winner, Goldstein & Vincent-Lancrin (2014) soulignent dans leur rapport commandé par l'OCDE et intitulé *L'Art pour l'art ?* à quel point le fait d'être créatif est devenu crucial dans les sociétés actuelles. Acquérir une telle capacité est synonyme de flexibilité, d'originalité et donc, de plus-value puisque l'individu pourra « appréhender un seul objet, une seule idée, sous des angles différents » et de « se dégager d'une idée initiale pour explorer de nouvelles pistes » (Capron Puozzo, 2016). Une faculté qui ne peut être assimilée que via l'éducation artistique car celle-ci fait partie d'un champ où l'expression individuelle se libère et où l'apprenant, au même titre que le professeur, joint ses goûts personnels aux impératifs du programme. Dès lors, en laissant l'élève « libre » d'évoluer, on crée chez ce dernier un puissant sentiment de motivation qui l'aidera à assimiler les prérequis nécessaires au sein de son parcours scolaire.

Lier les mathématiques et les arts est donc didactiquement et pédagogiquement pertinent afin de faciliter les apprentissages. Nous écrivons « faciliter » en tout état de cause : il ne s'agit pas de considérer nos réflexions émises ainsi que notre approche comme une panacée qui résoudrait tous les problèmes mentionnés. Néanmoins, nous jugeons nos résultats obtenus comme prometteurs pour ne pas souhaiter que cette méthodologie soit améliorée par les retours d'autrui ou nourrie, dans quelques années, par l'expérience que nous aurons glanée sur le terrain. Il reste tant d'arts à défricher pour les rendre pédagogiquement opérationnels au sein des mathématiques, nous pensons notamment à toutes les nouvelles pratiques contenues au sein des « arts visuels » nouvellement institués dans l'enseignement français : « l'enseignement artistique […] continue à faire pratiquer les opérations traditionnelles comme le dessin, la peinture, le collage, l'assemblage et a le souci de les enrichir par de nouvelles activités qui intègrent désormais la photographie, la vidéo, les arts numériques, le design, les arts décoratifs, l'architecture et le patrimoine. Le passage des arts plastiques aux arts visuels répond à la nécessité de doter les élèves de moyens très diversifiés pour produire et s'exprimer aujourd'hui et poser un regard plus averti sur la création contemporaine » (Doumenc, 2011).

Quelle que soit le type d'art utilisé, l'objectif restera toujours le même : rendre concrets et significatifs les apprentissages. Car ce n'est qu'à partir du moment où les savoirs sont construits de manière logique qu'ils deviennent permanents. Et donc réutilisables à l'infini.

10. Bibliographie

10.1 Articles de périodique papier

Baeck, M. (2013). L'industrie belge des carreaux : une histoire haute en couleurs, *Polycaro*, 42, 32-38

Devernay, M. & Viaux-Savelon, S. (2014). Développement neuropsychique de l'adolescent : les étapes à connaitre, *Réalités pédagogiques*, 187, 1-7

Desilets, M. & Tardif, J. (1993). Un modèle pédagogique pour le développement des compétences, *Pédagogie collégiale*, 2 (7), 19-23

Fourez, G. & Delvaux, B. (2006). Élitisme et vaine culpabilisation, *La Revue Nouvelle*, 9 (septembre 2006), 38-53

Heinich, N. (1990). De l'apparition de l' « artiste » à l'invention des « Beaux-Arts », *Revue d'Histoire Moderne & Contemporaine*, 37 (1), 3-35

Kambouchner, D. (2009). L'autorité pédagogique et la crise du sens des savoirs scolaires, *Télémaque*, 35 (1), 97-112

Schumacher, J., Coen, P.-F. & Steiner, M. (2010). Les futurs enseignants et la créativité : quelles conceptions ?, *Formation et pratiques d'enseignement en questions*, 11, 115-131.

10.2 Articles de périodiques électroniques

Alumni Centrale Lyon (2019). Alex Andrix : rencontre avec un chercheur d'art, *Technica* (en ligne), consulté sur https://www.centraliens-lyon.net/technica/article/alex-andrix-rencontre-avec-un-chercheur-d-art/116

Bruter, C.P. (2011). Les Beaux-Arts au service des mathématiques, *Gazette de la Société Mathématique Française* (en ligne), 1, consulté sur http://www.math-art.eu/Documents/pdfs/Gazette2011.pdf

Capron Puozzo, I. (2013). Pédagogie de la créativité : de l'émotion à l'apprentissage, *Education et sociabilisation*(en ligne), 33, consulté sur https://journals.openedition.org/edso/174

Capron Puozzo, I. (2016). Créativité et apprentissage : dilemme et harmonie, *Revue française de pédagogie* (en ligne), 197, consulté sur https://journals.openedition.org/rfp/5130

Filteau, S. (2012). La créativité sous toutes ses coutures, *Pédagogie collégiale* (en ligne), 25(3), consulté sur http://aqpc.qc.ca/sites/default/files/revue/Filteau-25-3-2012.pdf

Heckenbenner, M. (2013). Aakash Nihalani, du street-art mathématique, *Untitled Magazine* (en ligne), consulté sur http://untitledmag.fr/du-street-art-mathematique/

Joanis, I. (2016). Les stratégies favorables au transfert des apprentissages : une étude sur la perception de nos étudiants, *Pédagogie Collégiale* (en ligne), *29* (4), 9-15, consulté sur http://aqpc.qc.ca/sites/default/files/revue/joanis_vol_29-4.pdf

Leys, J. (2014), MC Escher : maître de symétries, *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège* (en ligne), 83, 103-117, consulté sur https://popups.uliege.be/0037-9565/index.php?id=4487&file=1

Piguet, P. (2001). Bernar Venet, de l'art et des mathématiques, *L'œil, 524*, n.p., consulté sur https://images.math.cnrs.fr/Bernar-Venet-de-l-art-et-des.html

10.3 Monographies et parties de monographies papier

Célestin-Lhopiteau, I. & Wanquet-Thibault, P. (2018). *Guide des pratiques psychocorporelles*, 2e edition, Issy-les-Moulineaux, Elsevier

Diderot, D. & D'Alembert, J. (dirs.) (1751). Art, *Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, Paris, Briasson/David Le Breton/ Durand

Doumenc, E. (2011). *50 activités en arts visuels au cycle* 3, Toulouse, SCEREN – CRDP

Fayt, M. (2019). *Psychologie des apprentissages II*, Braine-le-Comte, HELHa

Giauffret, L., Herblain, D. & Le Dantec, O. (2019). *Manipuler pour comprendre – Fiche cycle 3*, Paris, Nathan (coll. « Maths en atelier »).

Lafortune, L. & Mongeau, P. (2002). *L'Affectivité dans l'apprentissage*, Montréal, PUQ

Lahalle, A. (2006). *Les écoles de dessin au XVIIIe siècle : entre arts libéraux et arts mécaniques*, Rennes, Presses Universitaires de Rennes.

Morin, N. & Bellocq, G. (2002). *Rigueur artistique et/ou flou mathématique ? Math et art : interactions arts visuels et mathématiques, de la maternelle au lycée*, Poitou-Charentes, CRDP

Romero, M. & Lille, B. (2017). La créativité au cœur des apprentissages, In Romero, M., Lille, B. & Patino, A. (Eds.), *Usages créatifs du numérique pour l'apprentissage au XXIe siècle* (Vol. 1). Québec, Presses de l'Université du Québec, 31-41

Winner, E., Goldstein, T. & Vincent-Lancrin, S. (2014). *L'Art pour l'art ? L'impact de l'éducation artistique*, Paris, OECD

10.4 Actes de colloque

Filteau, S. (2010). *Développement de la créativité : proposition d'un modèle, lequel facilite l'apprentissage, l'enseignement et l'évaluation de la créativité au Québec*, Actes du colloque International Congress of University Teaching and Innovation, juin 2010, Barcelone, Espagne.

10.5 Mémoires ou thèses de doctorat

Audrit, G. (2016). *La construction de l'estime de soi scolaire chez les adolescents de l'enseignement spécialisé de type 3* (Mémoire de Master – en ligne), Université Catholique de Louvain, Louvain-La-Neuve, consulté sur https://dial.uclouvain.be/memoire/ucl/en/object/thesis%3A8089

Bricteux, S. (2019). *L'éducation artistique et culturelle dans l'enseignement secondaire. Obstacles et leviers au travers des représentations des enseignants* (Mémoire de Master – en ligne), Liège, Université Libre de Liège, consulté sur https://matheo.uliege.be/bitstream/2268.2/6388/4/S000350BRICTEUX2019.pdf

Courouble, C. (2015). *Comment l'art peut-il aider les élèves en difficulté ?* (Mémoire de Master – en ligne), Lille, École supérieure du professorat et de l'éducation, consulté sur https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01195645/document

Froidmont, I. (2016). *L'Enseignement de la géométrie sans matériel didactique. Mon expérience au Bénin* (travail de fin d'études – en ligne), Louvain-La-Neuve, Haute Ecole Léonard Da Vinci, École Normale Catholique du Brabant Wallon, consulté sur http://tfe.encbw.be/2016/NS/DE_FROIDMONT_Ingrid.pdf

Langrand, M. (2008). *La Décontextualisation au service des apprentissages* (Mémoire de Master – en ligne), Grenoble/ Chambéry, Université de Grenoble-Alpes/ Université de Savoie Mont-Blanc, consulté sur https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01831795/document

Jurkiewicz, C. & Schmidely, L. (2016). *Étude de cas : la créativité et l'estime de soi chez les élèves en difficulté* (Mémoire de Master – en ligne), Lausanne, Haute Ecole pédagogique, consulté sur https://core.ac.uk/download/pdf/130042378.pdf

Palleau, K. (2005). *Les effets de la manipulation dans l'activité mathématique* (Mémoire de Master – en ligne), Bourgogne, IUFM de Bourgogne, consulté sur https://www2.espe.u-bourgogne.fr/doc/memoire/mem2005/05_0361979F.pdf

Pelay, N. (2011). Jeu et apprentissages mathématiques : élaboration du concept de contrat didactique et ludique en contexte d'animation scientifique (thèse de doctorat – en ligne), Lyon, Université Claude Bernard, consulté sur https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00665076/document

10.6 Pages web

APMEP, *Pavages du plan I : Escher*, https://www.apmep.fr/IMG/pdf/I_Pavages_du_plan_ESCHER.pdf, consulté le 14/03/2020

Bois, Y.-A. (2013). *De Stijl*, https://archistart9.files.wordpress.com/2013/03/de-stijl.pdf, consulté le 14/03/2020

Bouckaert, C. (2014). *Nous devenons de plus en plus bêtes*. https://www.levif.be/actualite/sciences/nous-devenons-de-plus-en-plus-betes/article-normal-170685.htm, consulté le 30/10/2019

Brion, L. (2017). *L'Art abstrait (compte-rendu)*, http://web.ac-reims.fr/dsden10/exper/IMG/pdf/art_abstrait.pdf, 14/03/2020

Chamaraux, F. (2006). *Changer l'enseignement des maths, changer l'image du prof aussi* ,https://ligue-enseignement.be/changer-lenseignement-des-maths-changer-limage-du-prof-aussi/ , consulté le 30/11/2019

Delacôte, C. (2016). *Les circuits hypnotiques de Seize Happywallmaker,* https://www.artistup.fr/articles/905/les-circuits-hypnotiques-de-seize-happywallmaker, consulté le 14/03/2020

Desmarets-Pranville, D. (2014). *Art et mathématiques : une vision artistique ou scientifique du monde. Opposition ou complémentarité ?*, http://www.math-art.eu/Documents/pdfs/2014_Conf%C3%A9rence_Lyc%C3%A9e_Lagny_Denise_Demaret-Pranville-1.pdf, consulté le 18/03/2020

Favennec, D. (2013). *La Quadrature du Ciel.*, https://images.math.cnrs.fr/La-quadrature-du-ciel.html, consulté le 14/03/2020

Gay, J.-M. (éd.) (2012). *Sonia Delaunay, artiste simultané (1923-1934)– dossier pédagogique*, http://lesmuseesdeliege.be/wp-content/uploads/2013/06/doss-pedagogique-DELAUNAY.pdf, consulté le 14/03/2020

Grabbe-Randour, C. & Drabbe, J. (2001). *Anamorphoses en cinquième et sixième secondaire*, https://maths.ac-noumea.nc/IMG/pdf/Expe_rience_en_Sixie_me_et_Cinquie_me.pdf, consulté le 14/03/2020

HiSour, *Mathématiques et Art*, https://www.hisour.com/fr/mathematics-and-art-17797/, consulté le 17/03/2020

Lelouard, M. (2014). *La naissance de la perspective*, http://assprouen.free.fr/fichiers/classesP/5-perspective.pdf, consulté le 14/03/2020

Partoune, C. (2014). *Reconnaître et valoriser les intelligences multiples dans votre classe en s'inspirant du modèle d'Howard Gardner.*, http://www.lmg.ulg.ac.be/spip/IMG/IM-synthese.pdf, consulté le 13/03/2020

Philosophia (2017). *Le génie est-il un don de la nature ? Kant vs. Nietzsche*, http://leblogdephilo.eklablog.com/le-genie-est-il-un-don-de-la-nature-kant-vs-nietzsche-a128051844, consulté le 14/03/2020

Renaud, K., Guillemette, F. & Leblanc, C. (2015). *Le soutien au transfert des apprentissages*, https://oraprdnt.uqtr.uquebec.ca/Gsc/Portail-ressources-enseignement-sup/documents/PDF/soutien_transfert_apprentissages.pdf, consulté le 3/11/2019

Rivière, J. (2016). *Vassily Kandinsky : une découverte renversante*, https://www.kazoart.com/blog/vassily-kandinsky-lart-abstrait-une-decouverte-renversante/ , consulté le 14/03/2020

Tardif J. & Meirieu, P. (1996). *Stratégie pour favoriser le transfert des connaissances*, http://w3.uqo.ca/moreau/documents/Tardif1996.pdf, consulté le 12/04/2020.

Tirabi, A. (2019). *Kasimir Malévitch et le Suprématisme*, https://blogs.univ-tlse2.fr/dam-histoire-art/2019/01/29/kasimir-malevitch-et-le-suprematisme/, consulté le 14/03/2020

Trésor de la langue française informatisé (TLF) (2004). *Manipulation*, http://atilf.atilf.fr/dendien/scripts/tlfiv5/advanced.exe?8;s=2640479100, consulté le 3/11/2019

10.7 Documents officiels

Conseil de l'éducation et de la formation (2012). *Innovation, créativité et emploi… Une interpellation à l'enseignement et à la formation. Dossier d'instruction en ligne*, http://www.cef.cfwb.be/index.php?eID=tx_nawsecuredl&u=0&g=0&hash=b4a37abf184443828c5e2a471f8e9759963c3369&file=fileadmin/sites/cef/upload/cef_super_editor/cef_editor/Avis/CEF_Avis_115_DI.pdf

Conseil de l'Enseignement des Communes et Provinces (2020). *Grilles horaires pour l'enseignement spécialisé,* https://www.cecp.be/secondaire-specialise/grilles-horaires/

Fédération de l'enseignement Secondaire Catholique (2020). *Enseignement secondaire ordinaire, de plein exercice et en alternance, enseignement spécialisé de forme 1,2,3 & 4. Dossier de référence*, http://webservices.segec.be/gestdoc/Topix/web/app.php/download/8193

Fédération Wallonie-Bruxelles (2000). *Programme d'études en mathématiques – premier degré*, https://www.wallonie-bruxelles-enseignement.be/progr/10-2000240.pdf

Fédération Wallonie-Bruxelles (2005). *Circulaire n° 1267 : enseignement secondaire spécialisé de forme 3 organisé par la Communauté française. Première, deuxième et troisième phases. Compétences seuils en mathématiques*, https://www.gallilex.cfwb.be/document/pdf/30063_000.pdf

Fédération Wallonie-Bruxelles (2008). *Circulaire n° 2402 : inventaire des programmes d'études disponibles au 1er septembre 2008*, https://www.gallilex.cfwb.be/document/pdf/33574_000.pdf

Fédération Wallonie-Bruxelles (2013). Éducation artistique, *Socles de compétence : enseignement fondamental et premier degré de l'enseignement secondaire*, Bruxelles, Administration générale de l'enseignement

Fédération Wallonie-Bruxelles (2014a). *Décret relatif aux arts plastiques*, http://www.artsplastiques.cfwb.be/index.php?eID=tx_nawsecuredl&u=0&g=0&hash=9811b5afc12fcb3d0ba75616b7cfae02b2e8615c&file=fileadmin/sites/ap/upload/ap_super_editor/ap_editor/documents/Legislation/Decret_relatif_aux_arts_plastiques_20140403_DEF.pdf

Fédération Wallonie-Bruxelles (2014b), *Programme d'études mathématiques : enseignement secondaire ordinaire – humanités générales et technologiques (deuxième degré)*, http://www.wallonie-bruxelles-enseignement.be/progr/467-2015-240.pdf

Fédération Wallonie-Bruxelles (2018), *Programme d'études provisoire : français. Enseignement secondaire de plein exercice – deuxième et troisième degrés*, Bruxelles, Service Général de l'Enseignement de la Fédération Wallonie-Bruxelles, https://www.wallonie-bruxelles-enseignement.be/progr/486-2018-240.pdf

Fédération Wallonie-Bruxelles (2019). *Circulaire n° 7724 : circulaire relative à l'organisation des établissements d'enseignement secondaire spécialisé*, http://www.enseignement.be/upload/circulaires/000000000003/FWB%20-%20Circulaire%207224%20(7468_20190708_105901).pdf

III. Annexes

Annexe 1 : *Le Canon* de Polykleitos

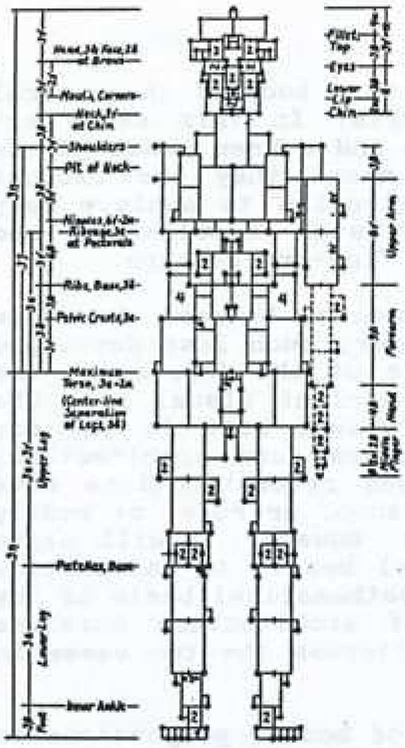


Fig. 2. *Points and Angles of Animation, Frontal Elevation*

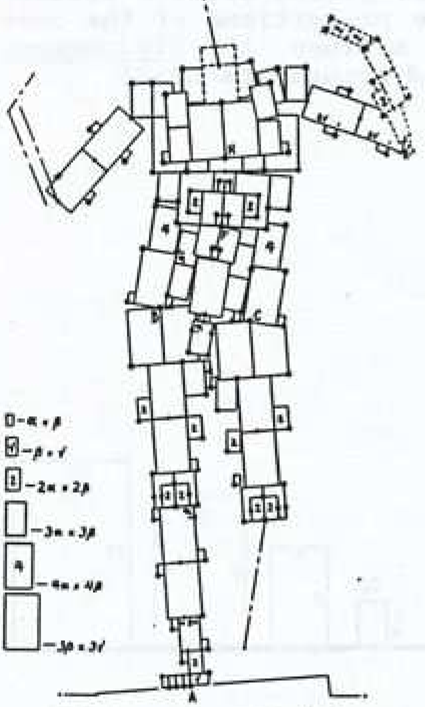


Fig. 7. *Animation Diagram, Frontal Elevation*

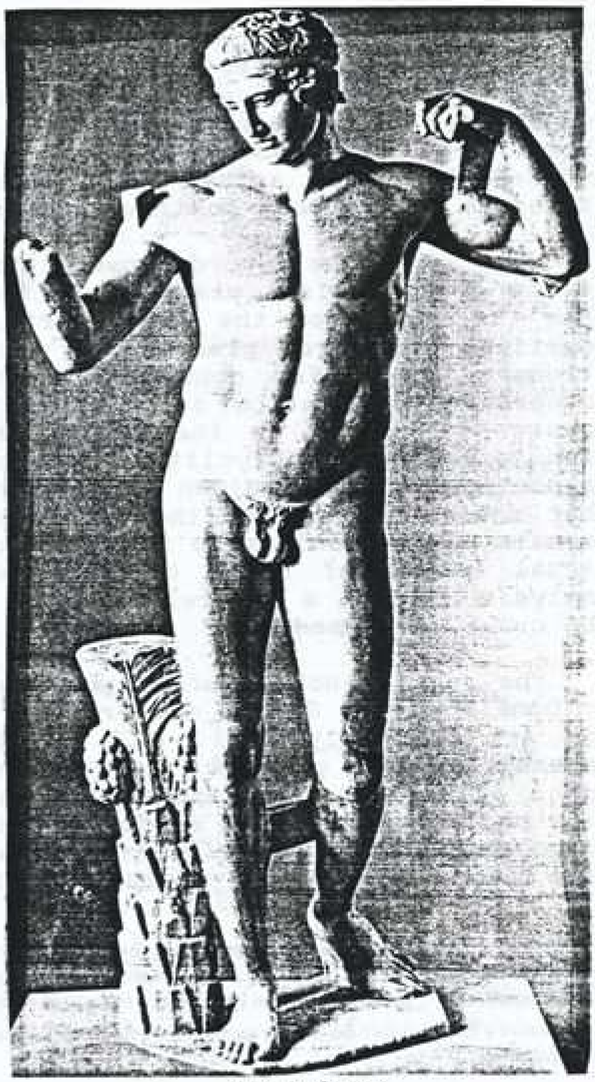


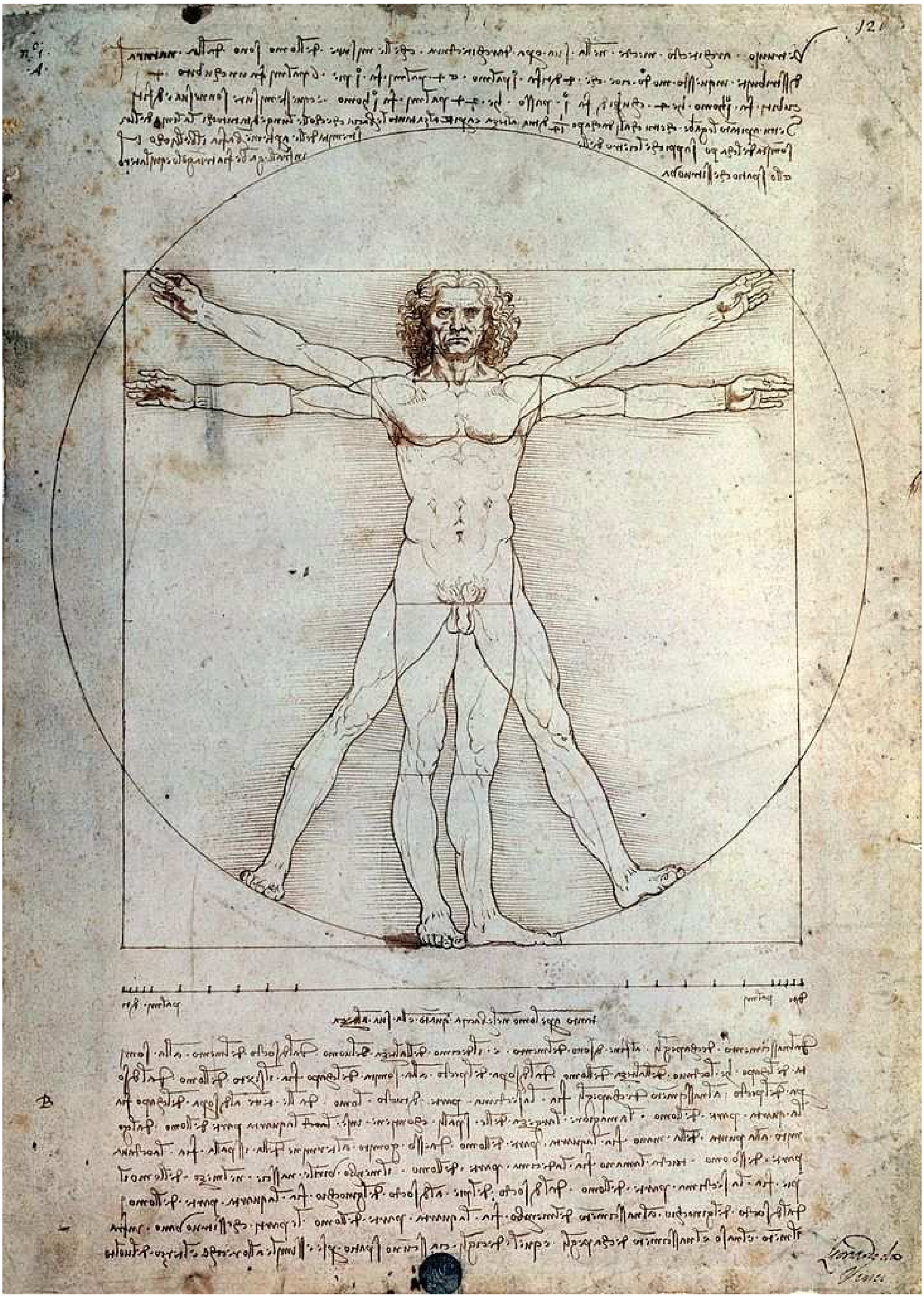
Fig. 1. *Diadoumenos*
New York, The Metropolitan Museum of Art, Fletcher Fund, 1925

TABLE I

Alpha	α	—	.6875
Beta	β	—	1.1124
Gamma	γ	—	1.7999
Delta	δ	—	2.9123
Epsilon	ε	—	4.7122
Zeta	ζ	—	7.6245
Eta	η	—	12.3367

Measurement Scale, in inches, for the *Diadoumenos*, Metropolitan Museum of Art

Annexe 2 : *L'Homme de Vitruve* de Leonardo Da Vinci

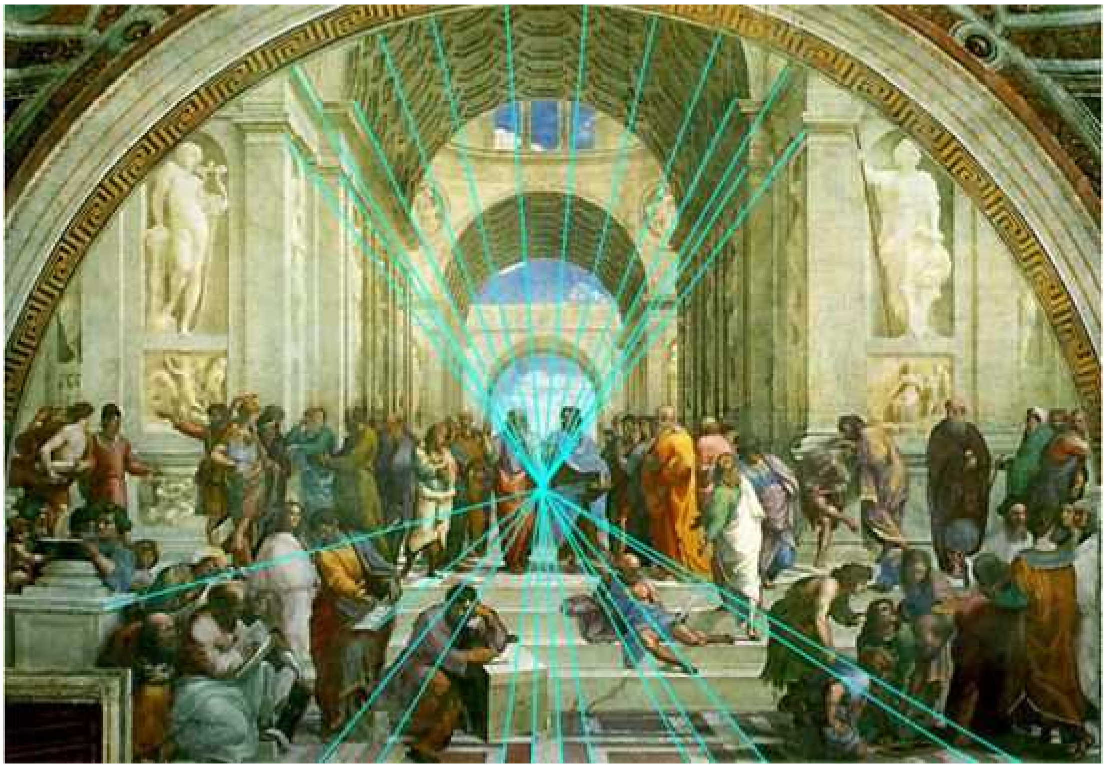


Da Vinci, L. (1490). L'Homme de Vitruve [dessin à la plume et au lavis]. Gallerie dell'Accademia, Venise, Italie.

Annexe 3 : le Parthénon

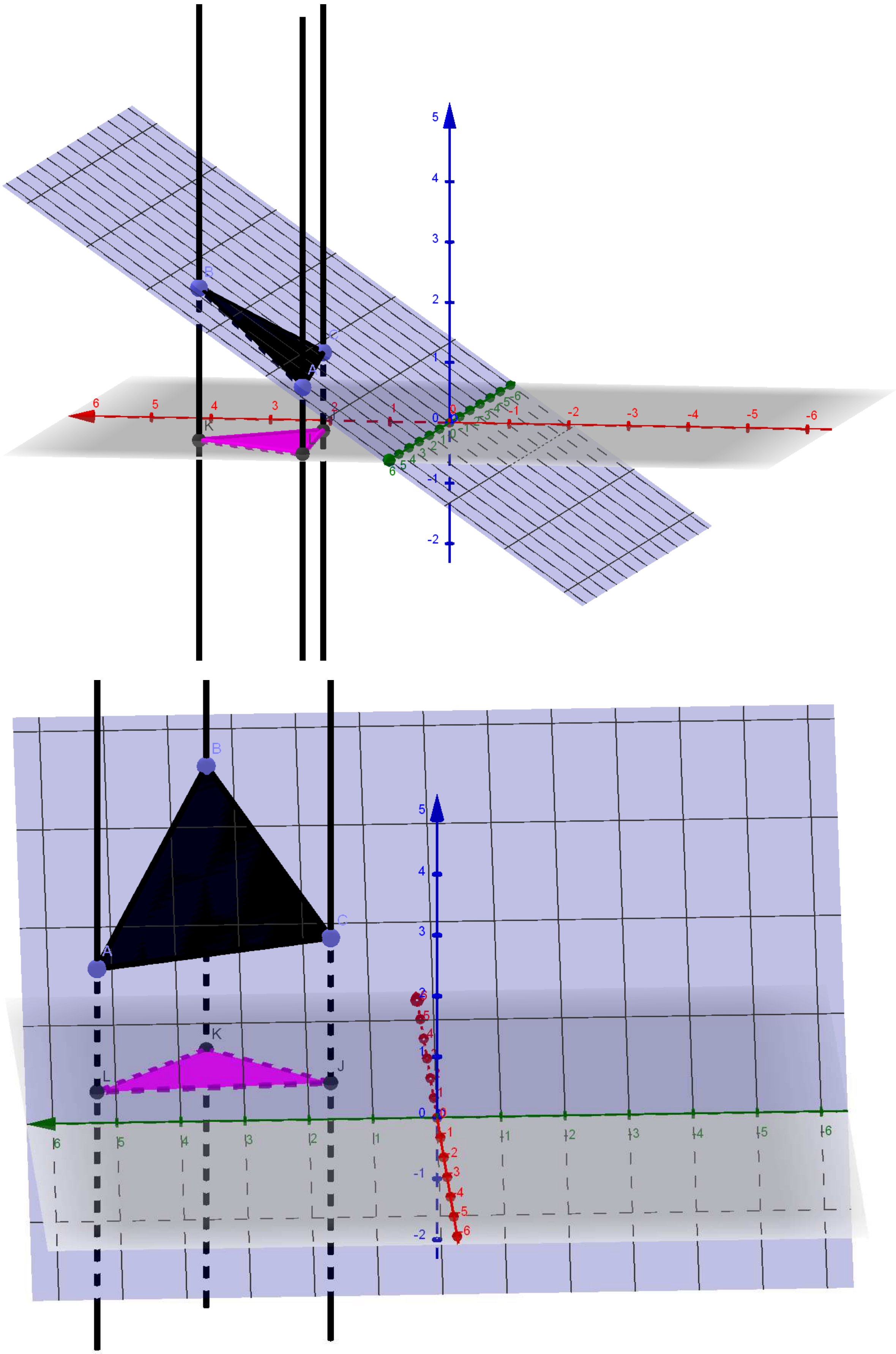
Annexe 4 : *La Pyramide de Khéops*

Annexe 5 : Renaissance et perspective



Santi, R. (1510). L'Ecole d'Athènes [fresque]. Palais du Vatican, Rome, Italie.

Annexe 6 : principe de l’anamorphose.



Annexe 7 : anamorphose artistique

Détail de l'œuvre :

Holbein, H. (1533). Les Ambassadeurs [huile sur panneaux de chêne]. National Gallery, Londres, Royaume-Uni.

Annexe 8 : trompe-l'œil d'Andrea Pozzo sur les plafonds de l'Église Sainte-Ignace de Rome.

Pozzo, A. (1691-1694). Décor de la voûte de l'église Saint-Ignace [fresque]. Eglise Saint-Ignace, Rome, Italie.

Annexe 9 : le Classicisme

Poussin, N. (1649). Le jugement de Salomon [huile sur toile]. Musée du Louvre, Paris, France.

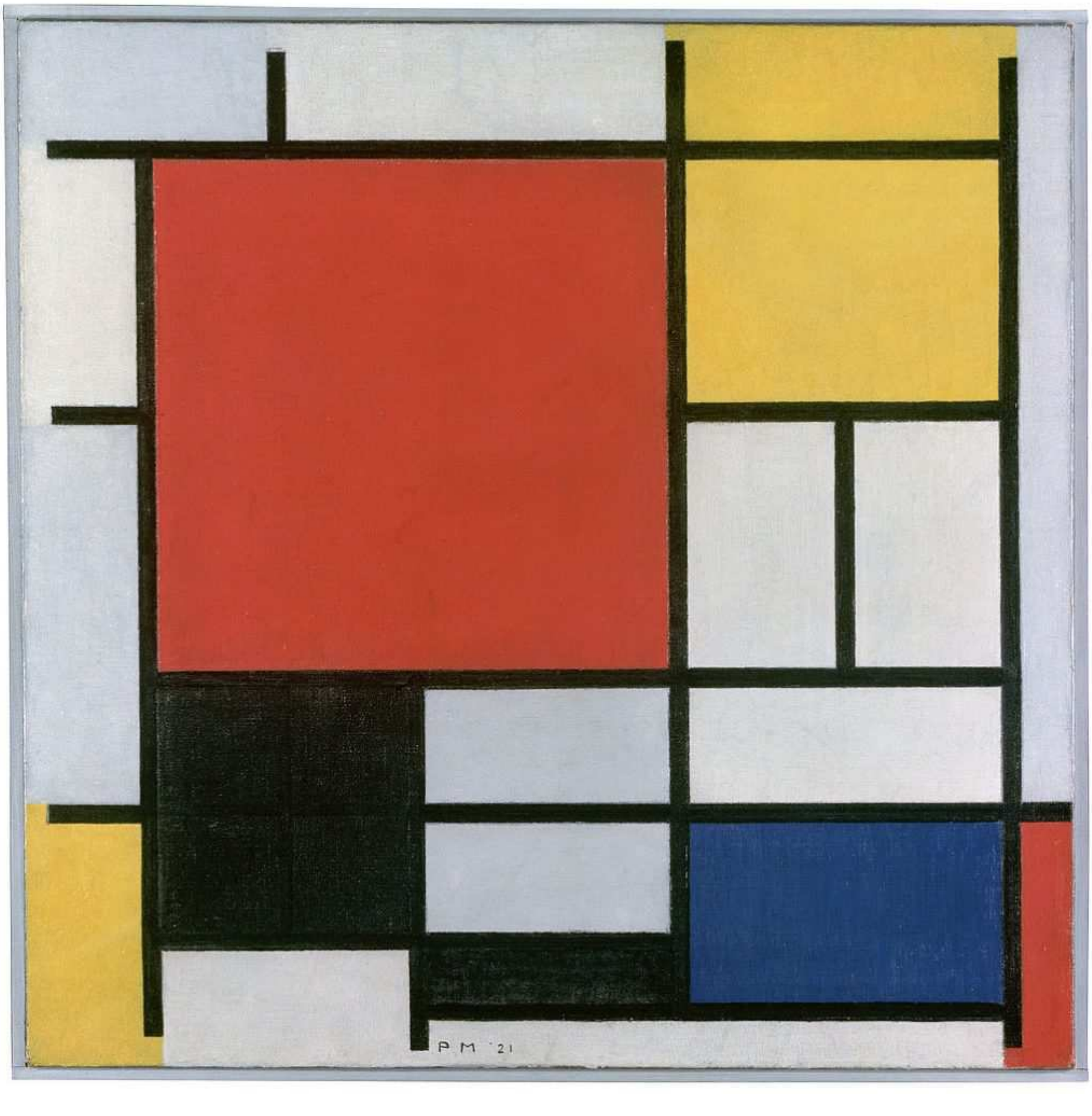
Héré, E. (1751-1755). Hôtel de ville [architecture]. Place Stanislas, Nancy, France.

Le Nôtre, A. (1624). Jardin de Versailles [jardin]. Château de Versailles, Versailles, France.

Annexe 10 : le Cubisme.

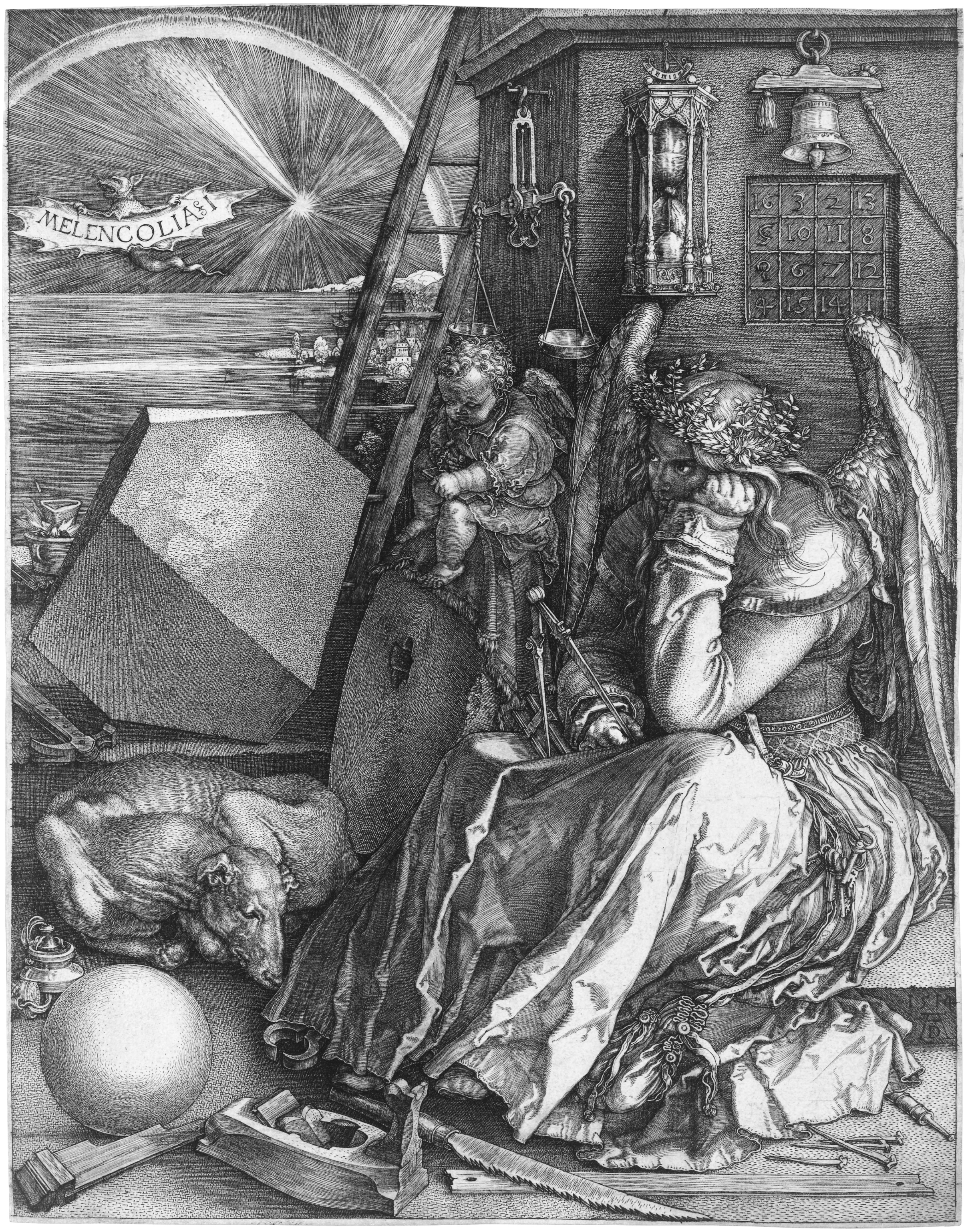
Picasso, P. (1910). Jeune fille à la mandoline [huile sur toile]. Musée d'Art Moderne, New-York, Etats-Unis.

Annexe 11 : Piet Mondrian.



Mondrian, P. (1921). Composition en rouge, jaune, bleu et noir [huile sur toile]. Musée d'Art, La Haye, Pays-Bas.

Annexe 12 : les polyèdres à la Renaissance.

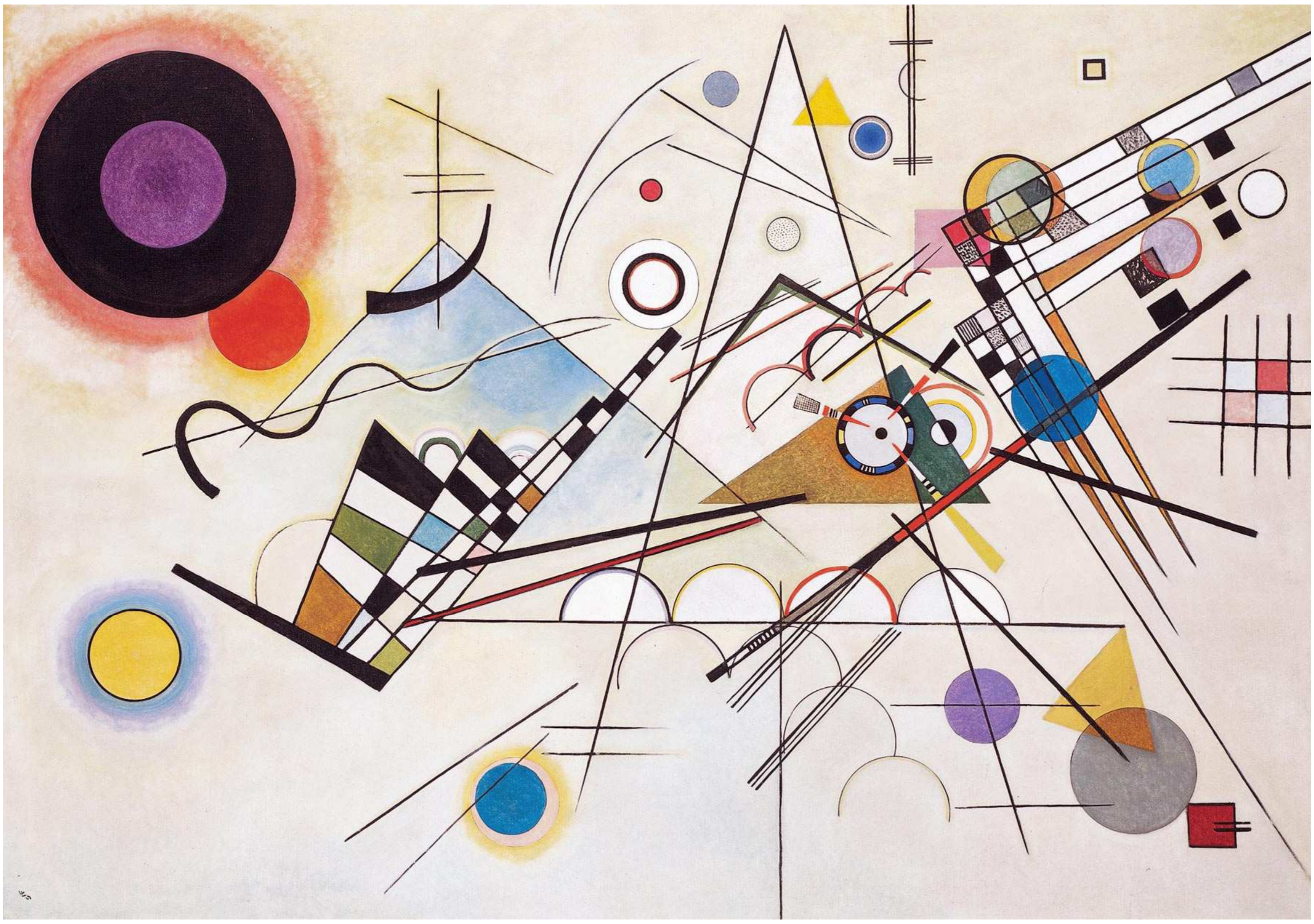


Dürer, A. (1514). Melencolia [gravure sur cuivre]. Musée du Louvre, Paris, France.

Annexe 13 : Malevitch (Suprématisme)

Malevich, K. (1915). Suprematism [huile sur toile]. Musée Russe, Saint-Petersbourg, Russie.

Annexe 14 : Kandinsky (abstraction lyrique)



Kandinsky, V. (1923). Composition VIII [huile sur toile]. Musée Solomon R. Guggenheim, New-York, Etats-Unis.

Annexe 15 : Robert & Sonia Delaunay (orphisme)

Delaunay, R. (1914). Hommage à Blériot [huile sur toile]. Musée d'Art, Bâle, Suisse.

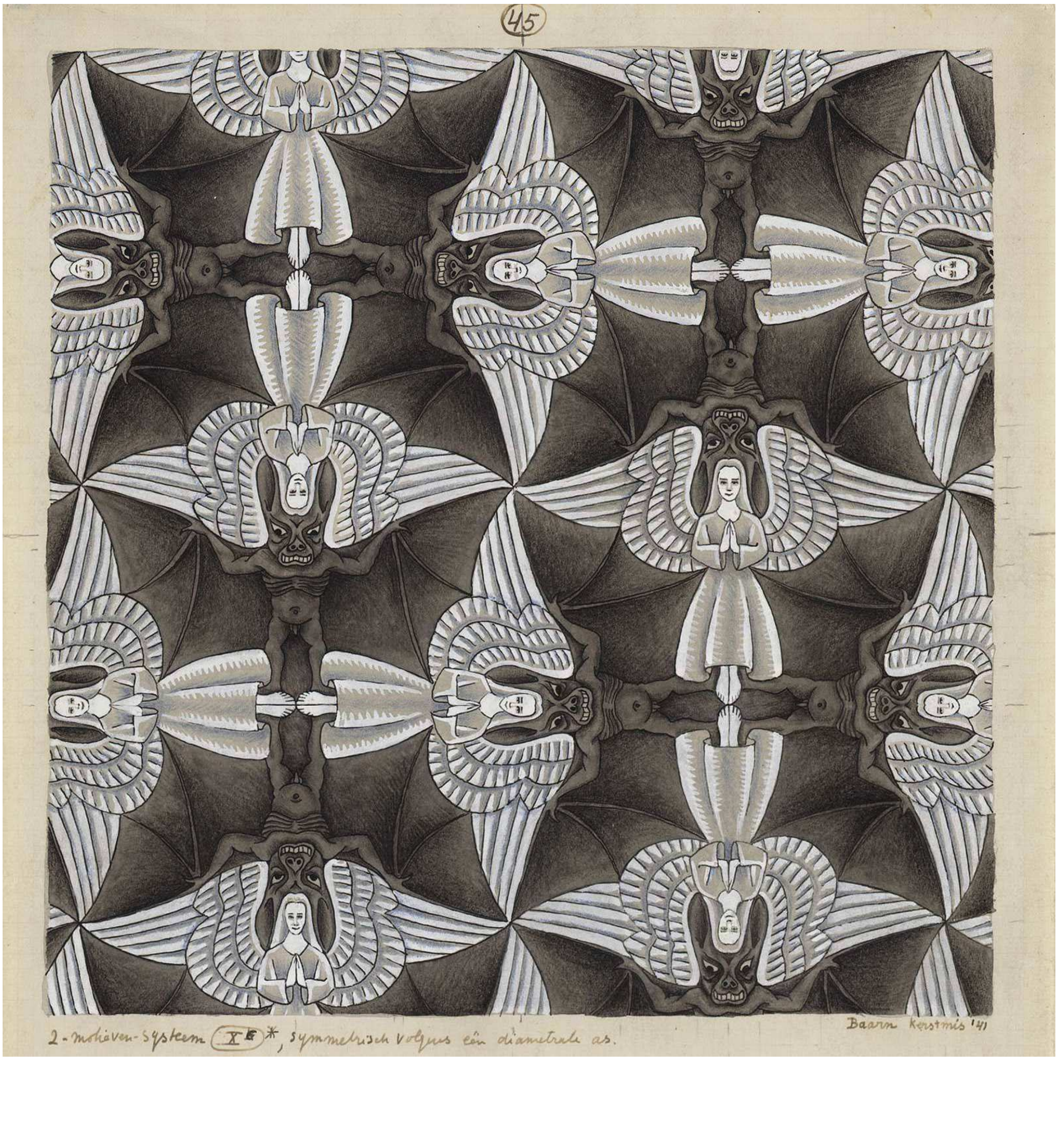
Annexe 16 : Alex Andrix (équations géométriques)

Andrix, A. (2018). Rayonnement [peinture algorithmique]. Ecole Centrale de Lyon, Lyon, France

Annexe 17 : Seize Happywallmaker

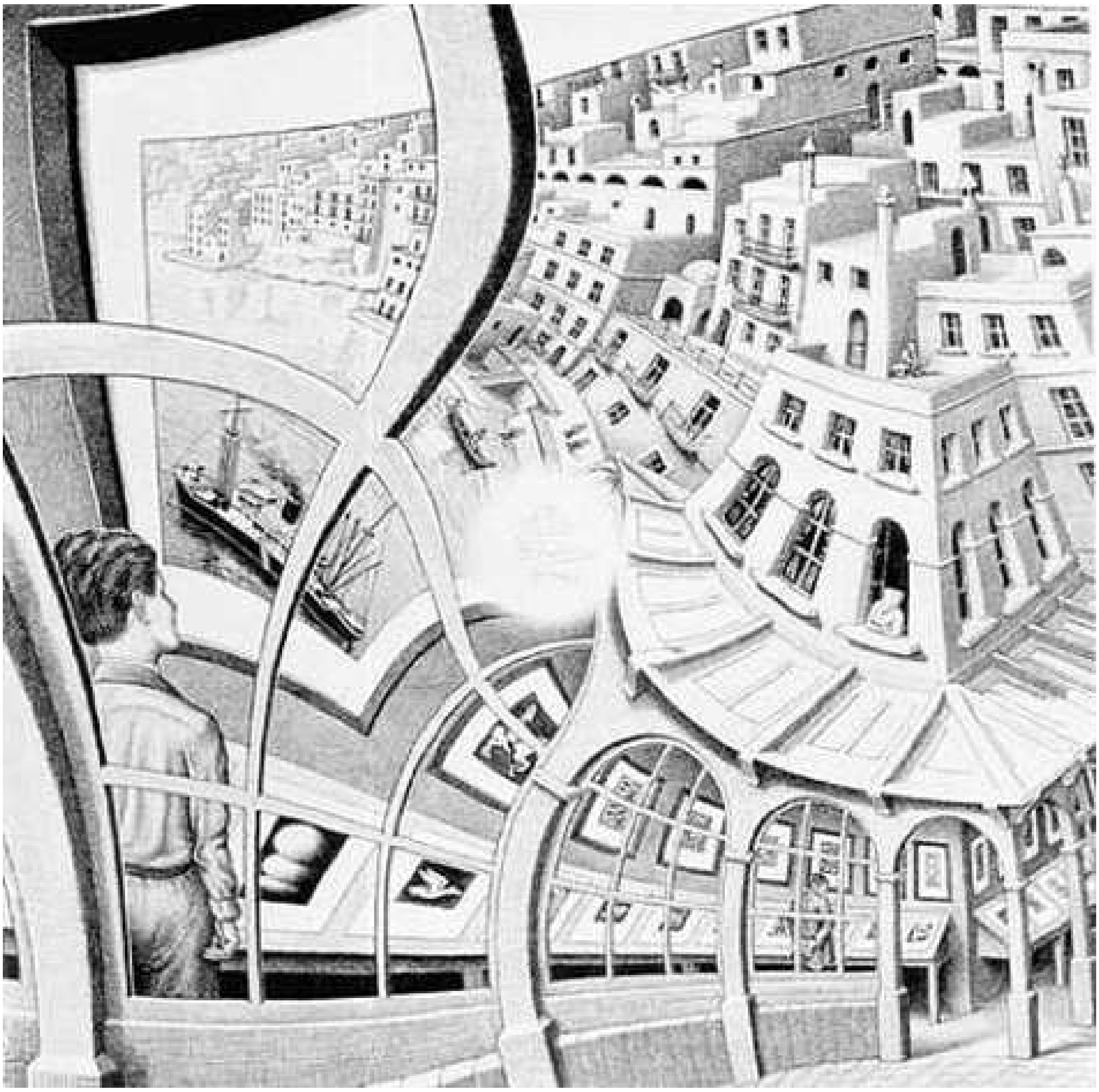
Seize HappyWallmaker (s.d), s.n. [fresque à la bombe], s.l.

Annexe 18 : Pavage d’Escher



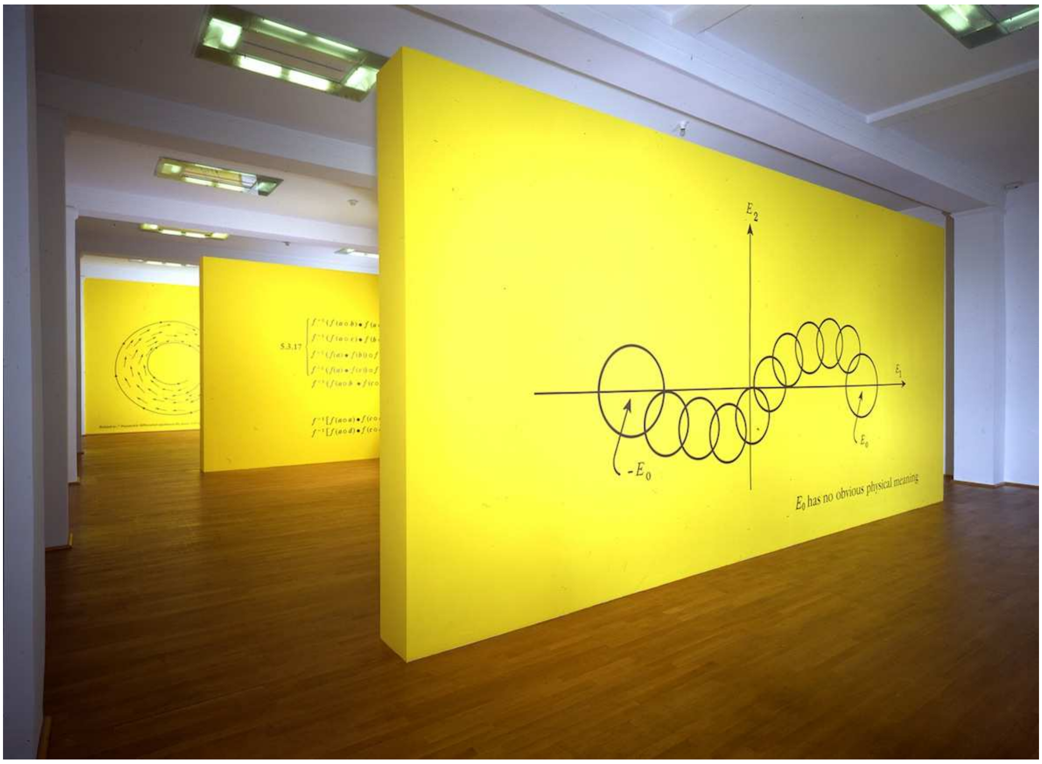
Escher, M.-C. (1960). Cirkellimiet IV (Hemel en Hel) [lithographie], Musée Escher, Den Haag, Pays-Bas

Annexe 19 : Utilisation de l'effet Droste par Escher.

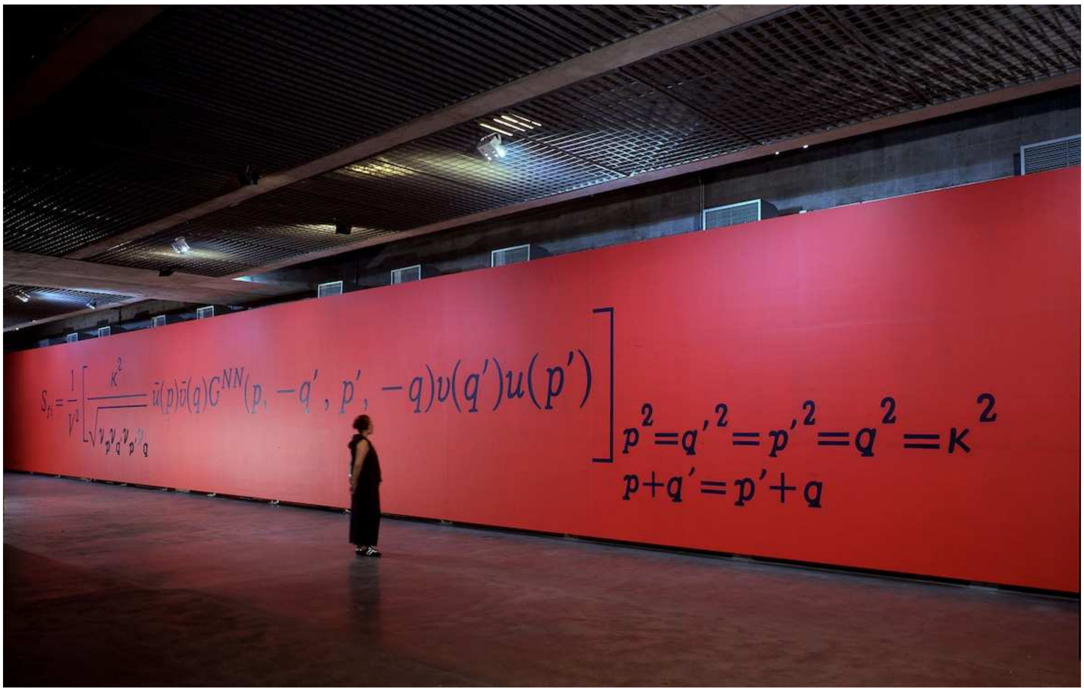


Escher, M.-C. (1956). Prenexpo [lithographie]. Musée Escher, Den Haag, Pays-Bas

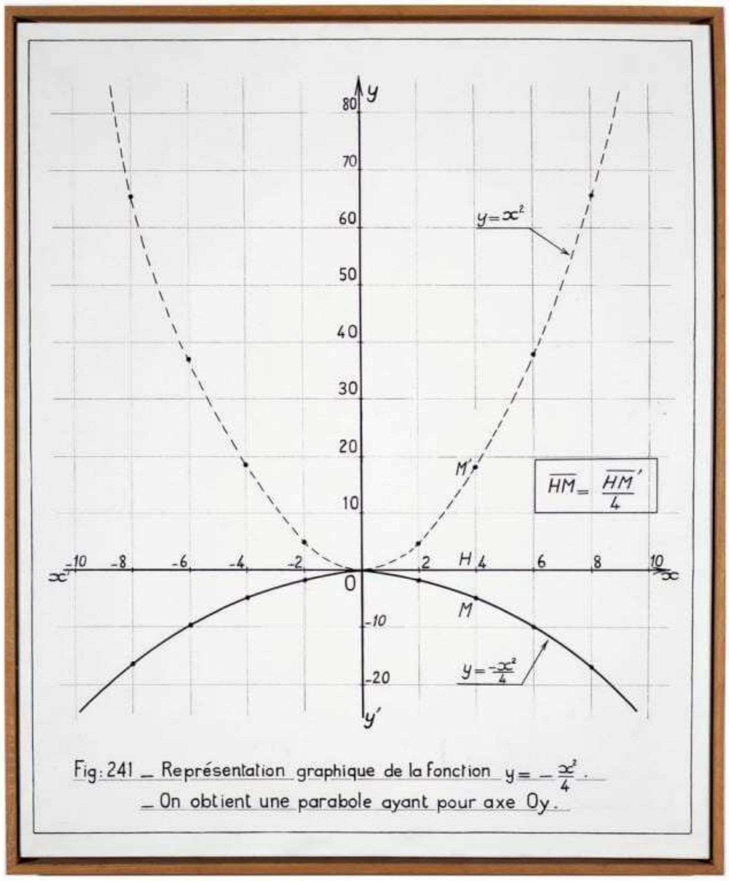
Annexe 20 : Bernar Venet



Venet, B. (2002). Sans titre [acrylique sur mur]. Ludwig Museum, Cologne, Allemagne.

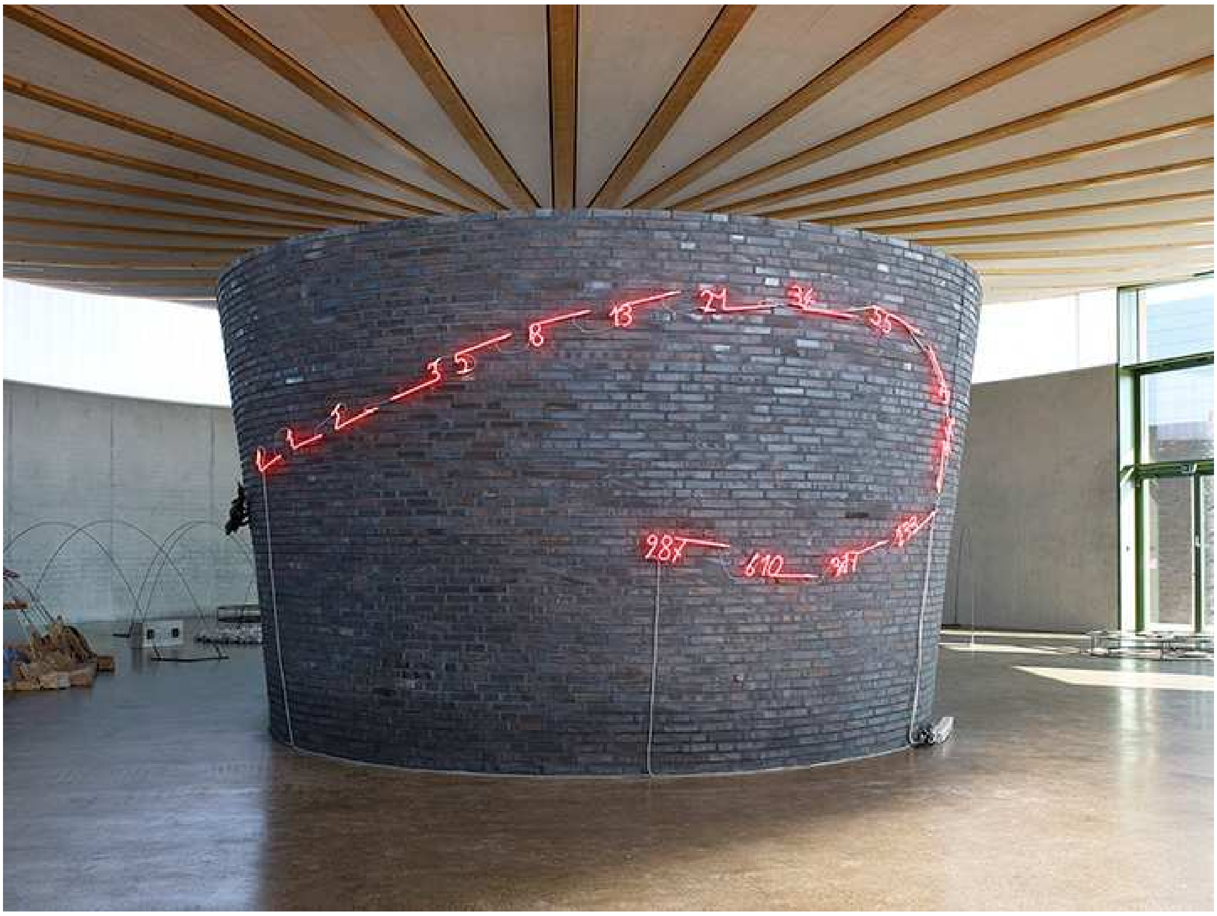


Venet, B. (2001). The S Matrix Element [acrylique sur mur]. Musée brésilien de la culture, Sao Paulo, Brésil.



Venet, B. (1966). Représentation graphique de la fonction y=$\frac{-x^2}{4}$ [acrylique sur toile]. Centre Pompidou, Paris, France.

Annexe 21 : Mario Merz

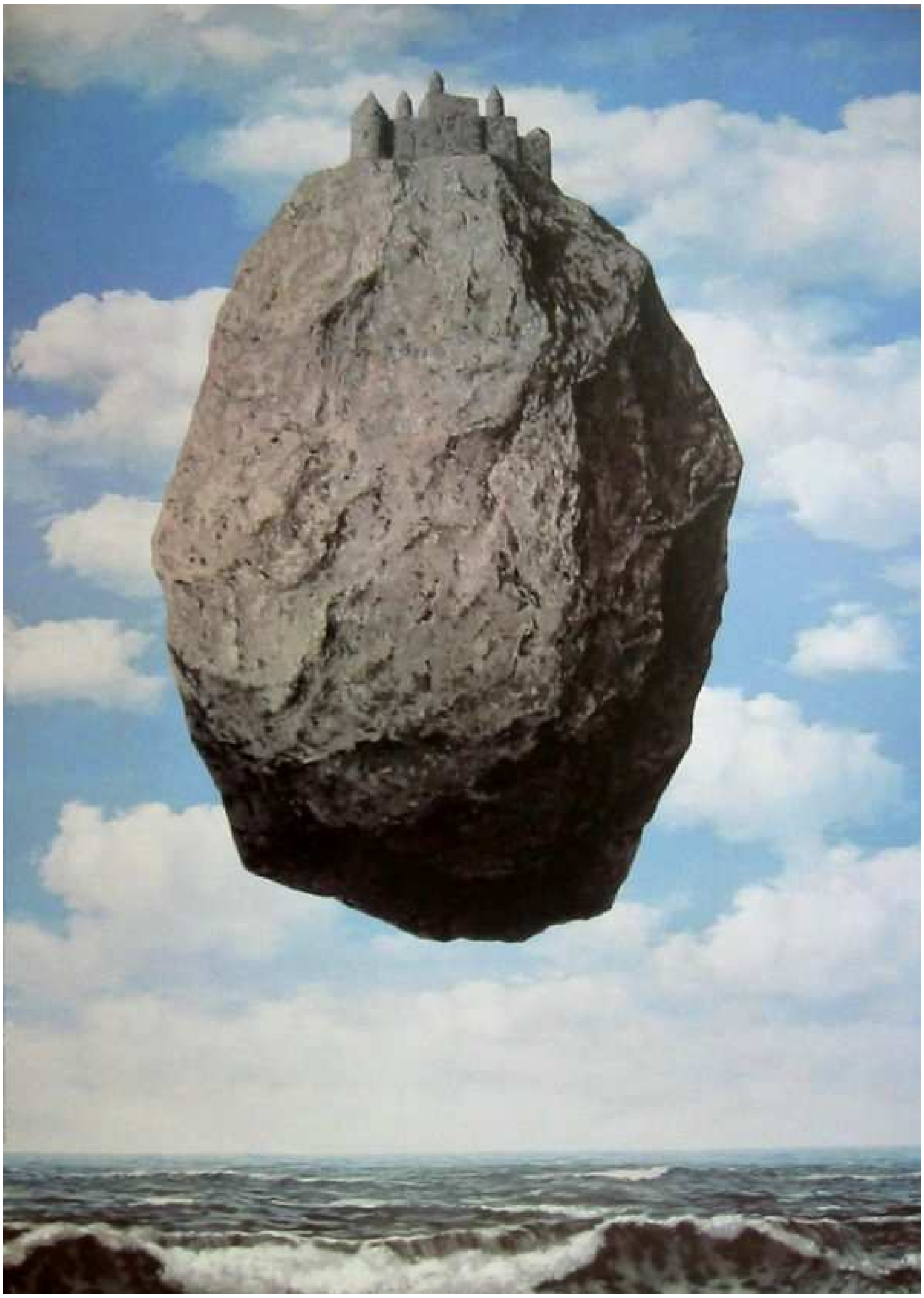


Merz, M. (1989). Crocodilus Fibonacci [néons]. FondationThomas Schütte, Holzheim, France.

Annexe 22 : Kerry Mitchell.

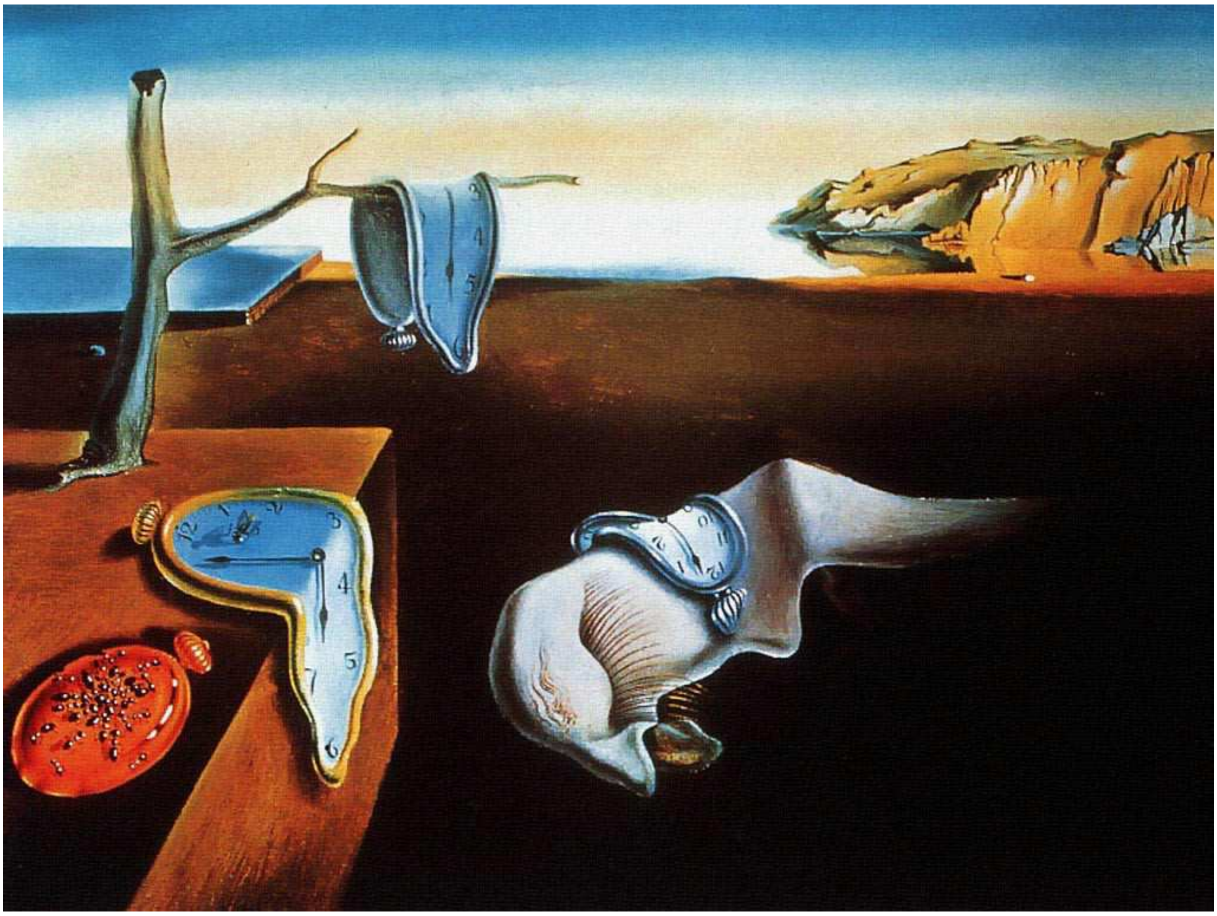
Mitchell, K. (2015). Arctic [Art numérique]. Collection particulière.

Annexe 23 : René Magritte.



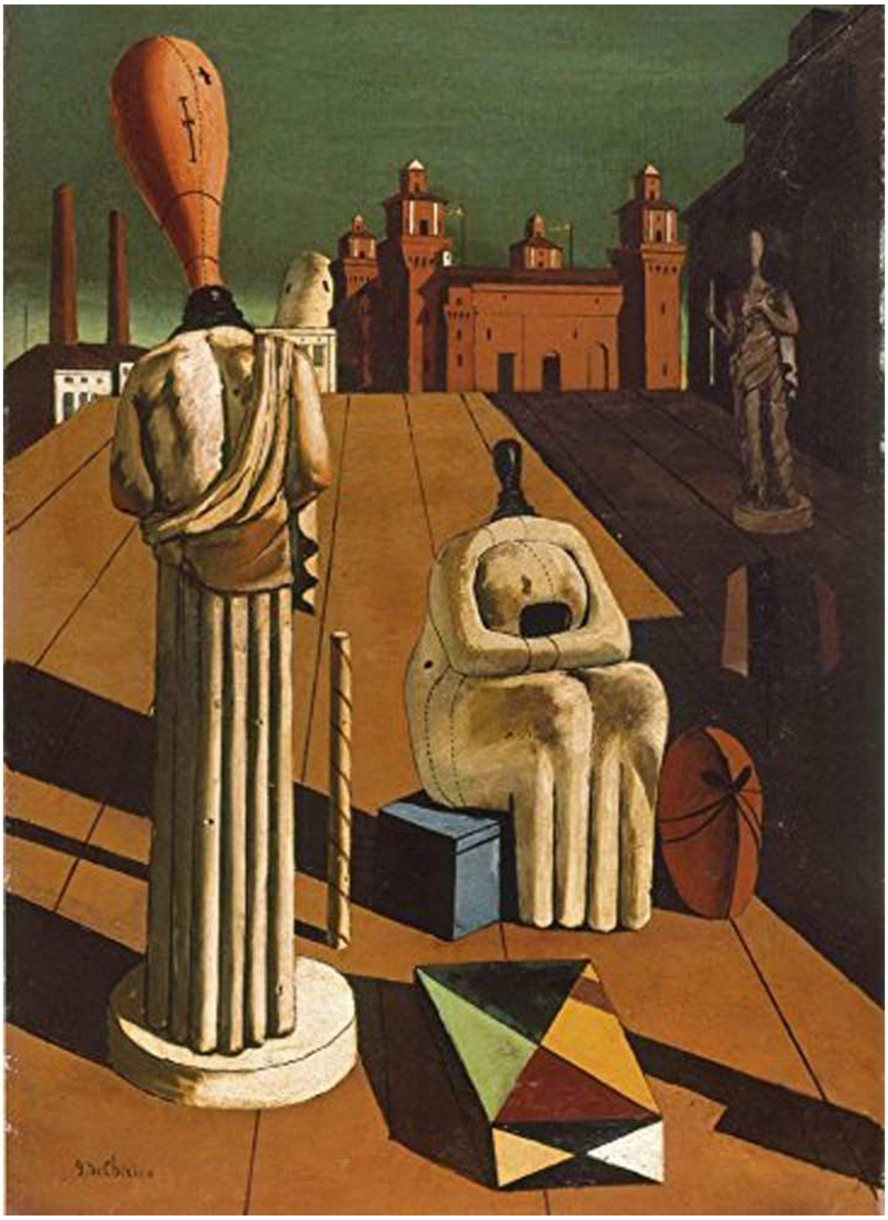
Magritte, R. (1959). Le château des Pyrénées [huile sur toile]. Musée d'Israël, Jérusalem, Israël.

Annexe 24 : Salvator Dali



Dali, S. (1931). Persistance de la mémoire [huile sur toile]. Musée d'Art Moderne, New-York, Etats-Unis.

Annexe 25 : Giorgio De Chirico

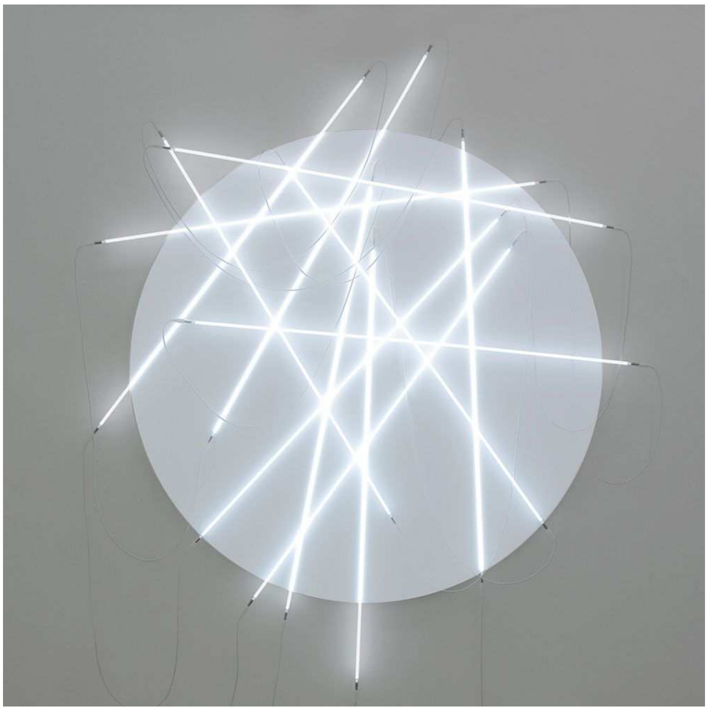


De Chirico, G. (1916). Les muses inquiétantes [huile sur toile]. Collection privée, Milan, Italie.

Annexe 26 : Otto Dix

Dix, O. (1920). Les Joueurs de skat [huile sur toile avec photomontage et collage]. Nouvelle National Galerie, Berlin, Allemagne.

Annexe 27 : François Morellet.



Morellet, F. (2010). Lunatic weeping and neonly n°3 [néons et métal]. Courtesy A Art Studio Invernizzi, Milan, Italie.

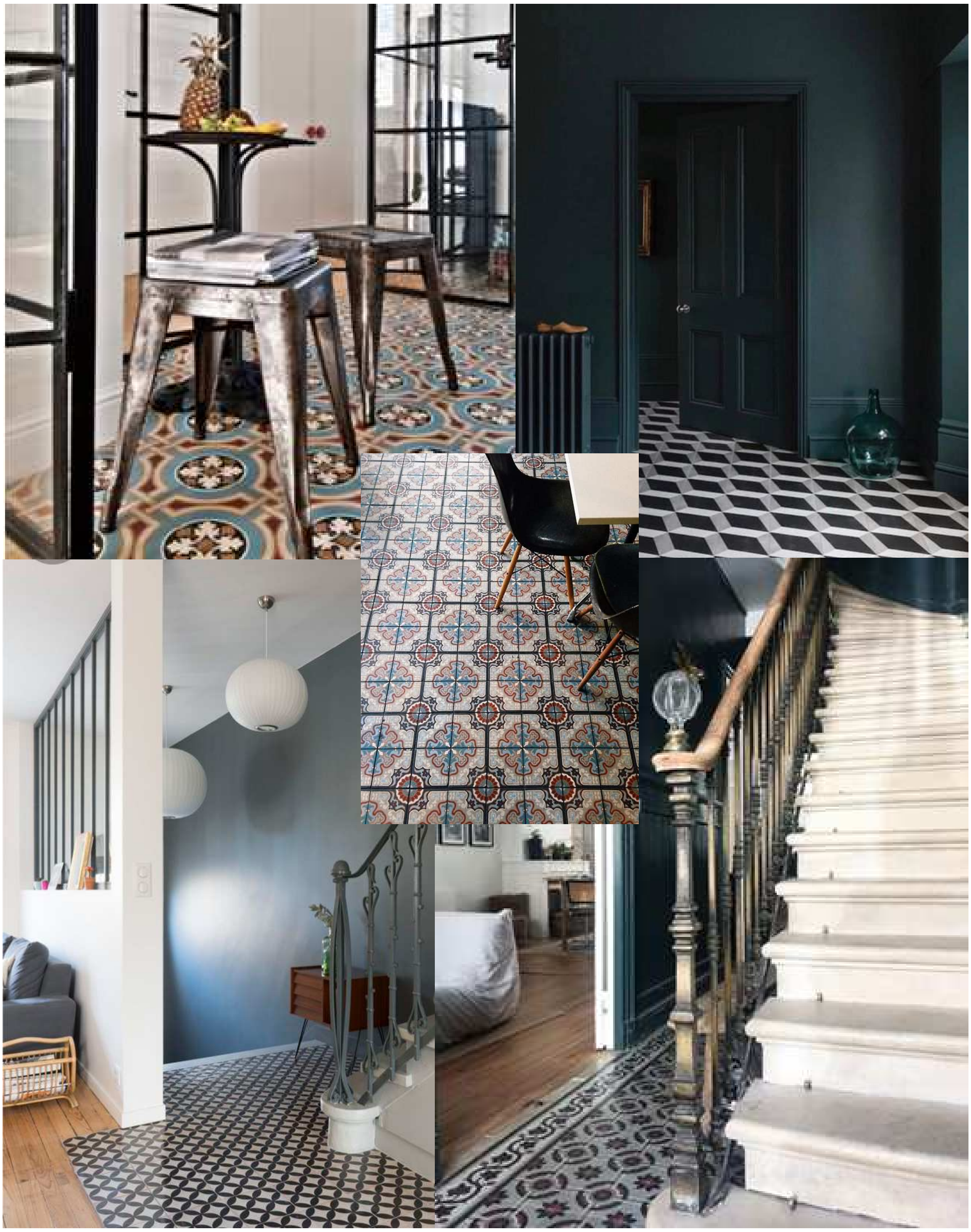
Morellet, F. (1956). Du jaune au violet [huile sur toile]. Centre Pompidou, Paris, France.

Annexe 28 : le street art.

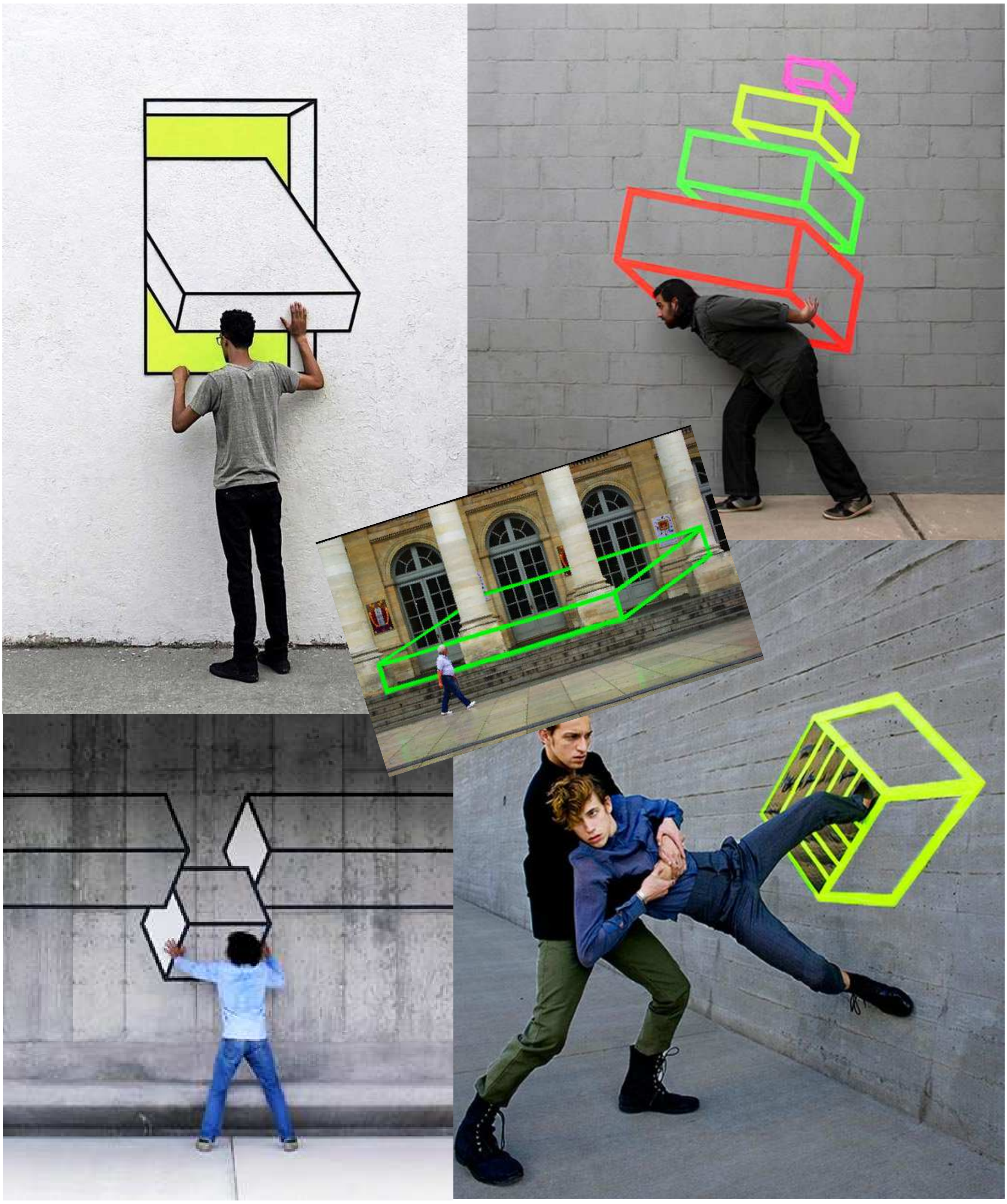
Annexe 29 : l’Art Deco

Annexe 30 : l'Art Nouveau

Annexe 31 : exemples de carreaux de ciment.



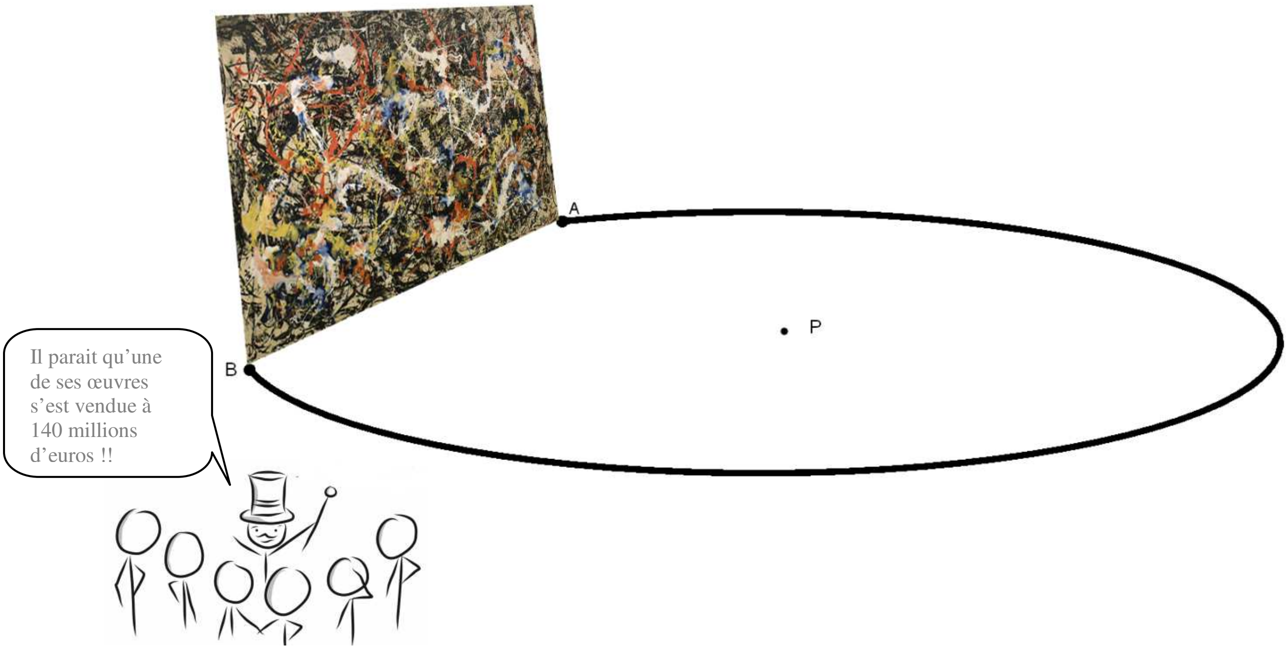
Annexe 32 : Aakash Nihalani.



Annexe 33 : Situation problème sur les angles inscrits et angles au centre dans un cercle.

Activité de découverte.

Situation : Jackson Pollock est un peintre américain qui trouve les peintures de son époque plutôt ennuyeuses : « Les toiles ne font que représenter des choses alors je préfère sortir pour les regarder plutôt que d'aller m'enfermer dans un musée ! ». Pour y remédier, il invente la technique du « dripping » qui consiste à lancer de la peinture à l'aide d'un pinceau ou d'un bâton. De cette manière, le sujet de l'œuvre résulte de l'action du corps et ne peut donc jamais se prévoir !



Problème : Pollock est sur le point de terminer sa dernière œuvre. Comme tu peux le voir, il l'a réalisée sur le mur du fond d'une salle circulaire. Il lui reste un seul pot de peinture et il aimerait connaitre la meilleure position pour que son dernier lancer produise un maximum d'impacts sur la toile. Il hésite entre lancer son pinceau contre le mur de la pièce (sur le cercle) ou à partir du centre.

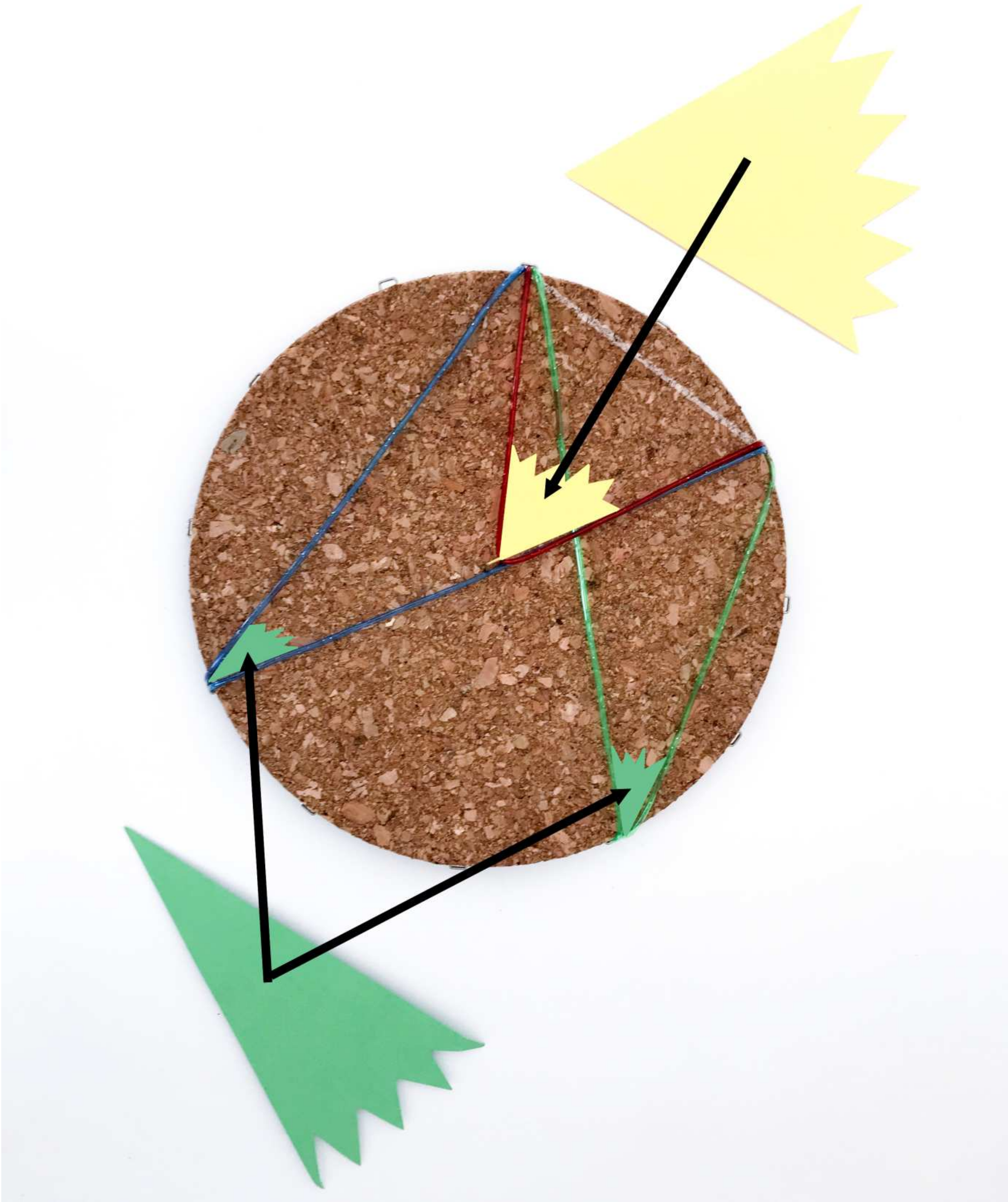
Consigne : pour répondre à sa question, conceptualise au moins trois positions possibles sur le support en liège à l'aide de cordes (une couleur par angle construit).

Ta réponse :
Réponse de la classe :

Annexe 34 : Jackson Pollock.

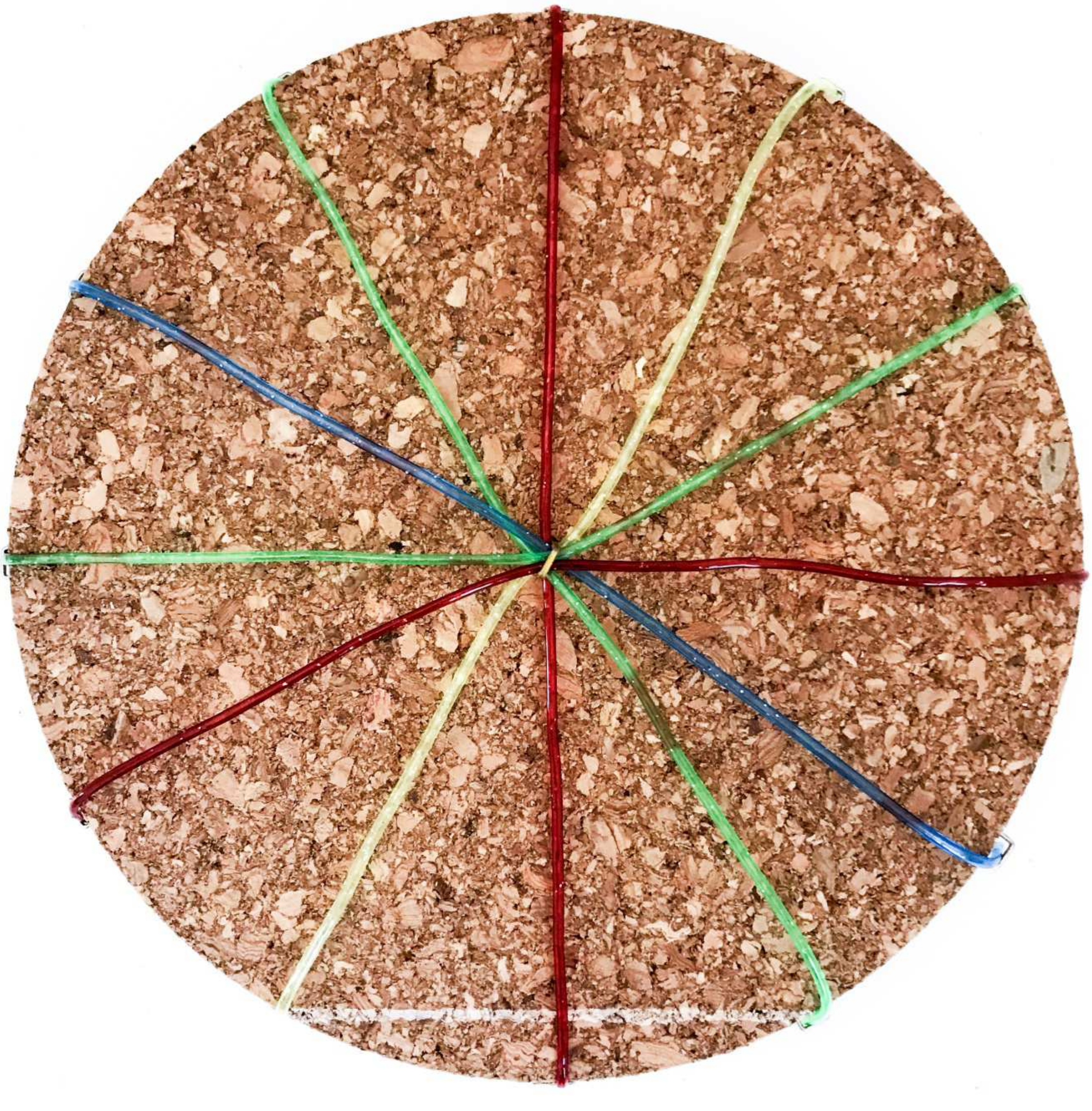
Pollock, J. (1952). Convergence [Huile sur toile]. Gallerie d'Art Albright-Knox, New-York, Etats-Unis.

Annexe 35 : exemple de résultat attendu.



Annexe 36 : dispositif en liège, scoubidous et gabarits.

Annexe 37 : exemple de mauvaise manipulation.

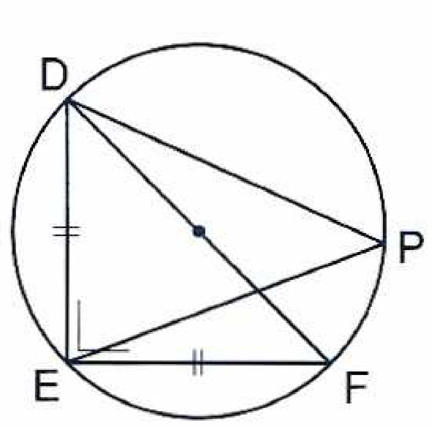


Annexe 38 : projection d’un jet de peinture à l’aide d’un vaporisateur.

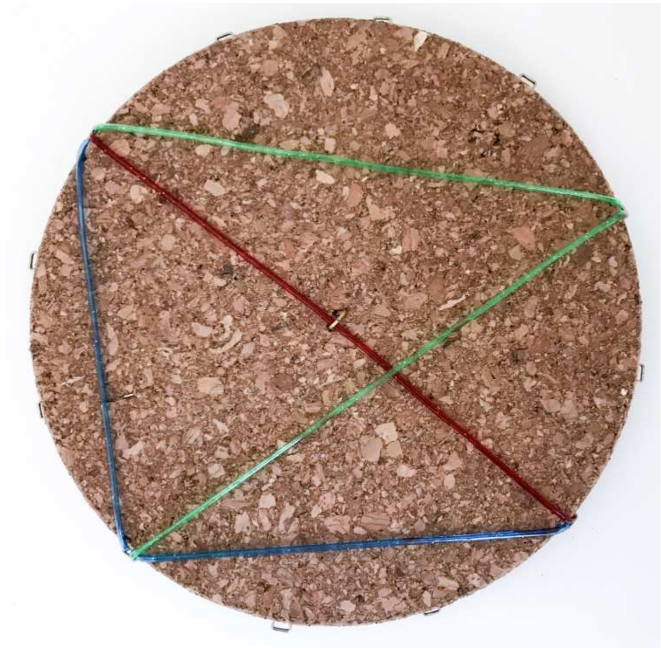
Annexe 39 : exemple d'utilisation du dispositif dans les exercices.

Exercice :

Le triangle DEF est rectangle isocèle en E. P est un point de l'arc $\widehat{DF}$ du cercle circonscrit à DEF. Démontre que les angles $\widehat{DFE}$, $\widehat{DPE}$ ont une amplitude de 45°.



Utilisation du dispositif :



Annexe 40 : fiches théoriques.

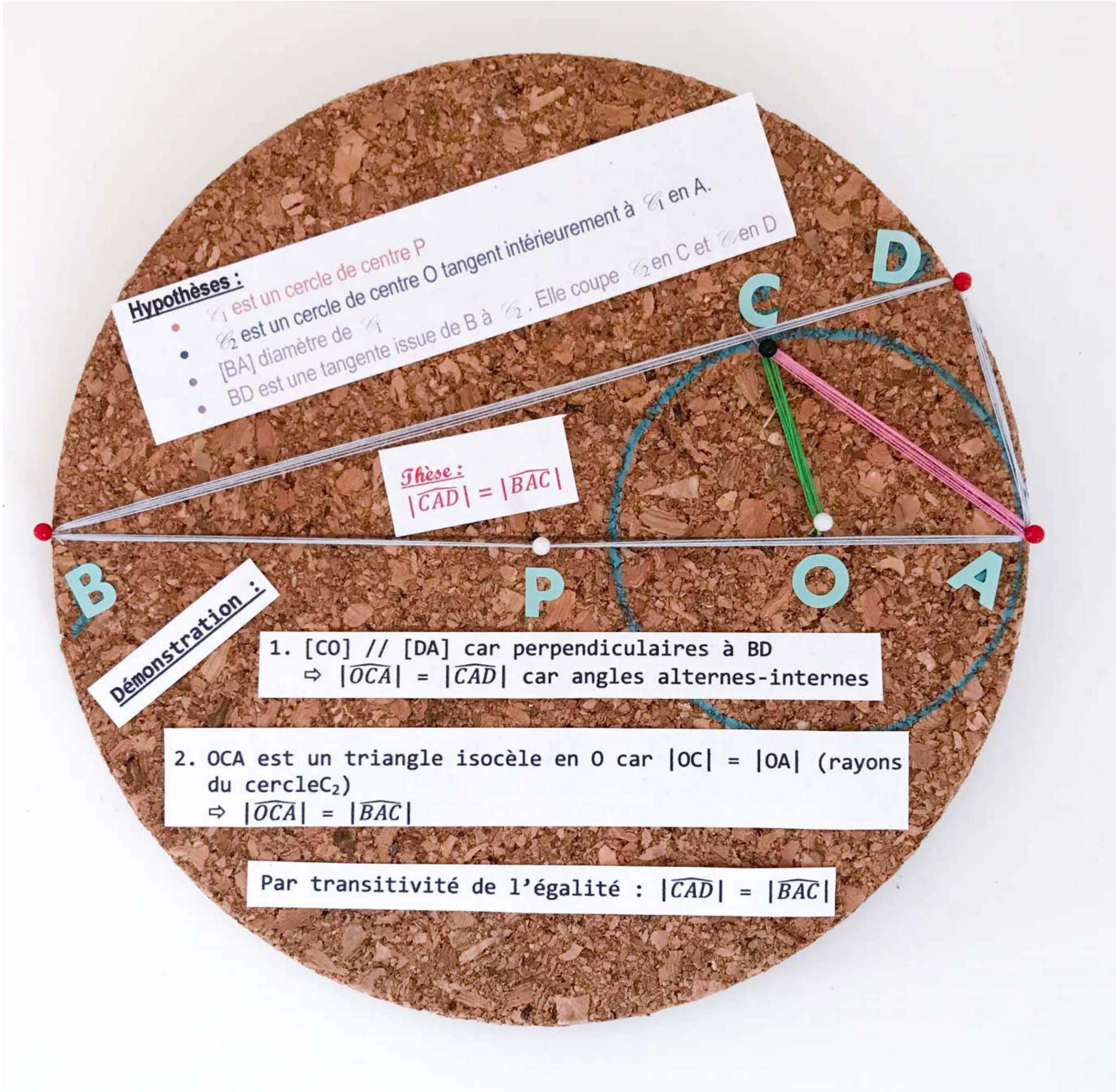
Annexe 41 : exemples d'énoncés pour la tâche finale.

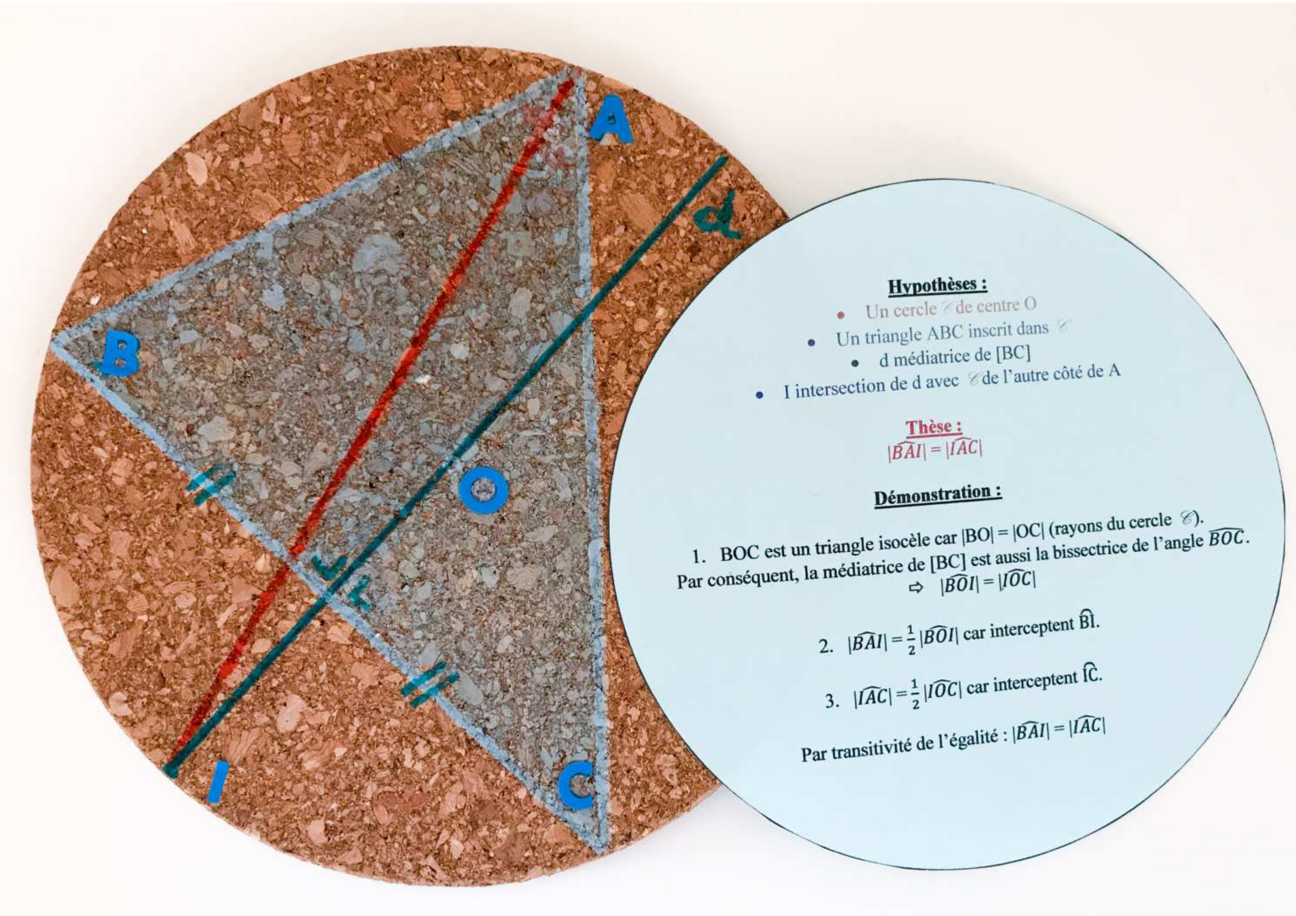
1. Soit ABC un triangle et $\mathscr{C}$ le cercle circonscrit à ce triangle. On note O le centre de ce cercle et d la médiatrice de [BC]. Parmi les points d'intersection de d avec $\mathscr{C}$, on convient de noter I celui qui n'est pas du même côté que A par rapport à [BC]. Démontre de AI est bissectrice de $\widehat{BAC}$.

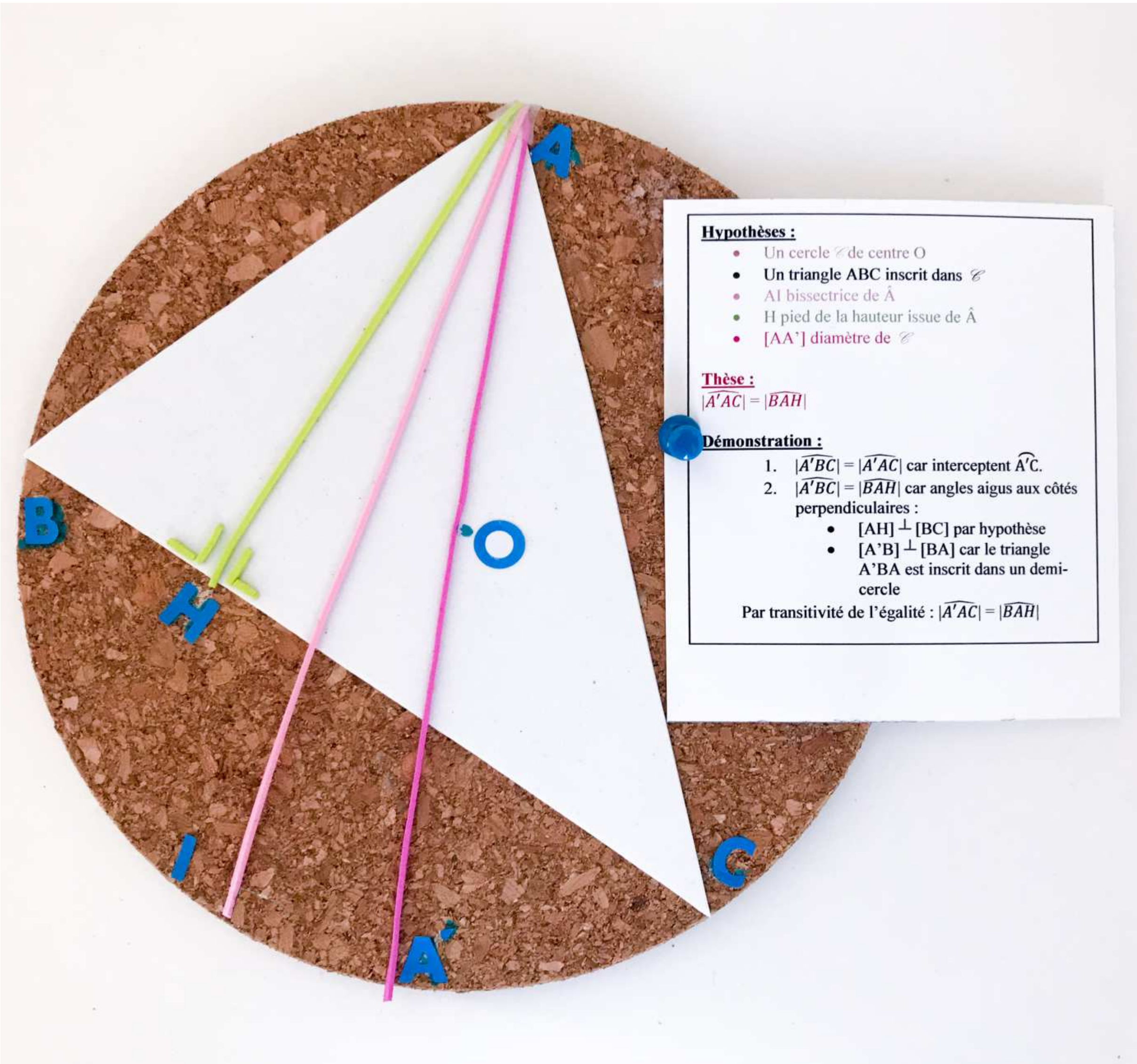
2. Dans tout triangle, la bissectrice d'un angle est confondue avec celle de l'angle formé par la hauteur et le diamètre du cercle circonscrit issu du même sommet. Démontre.

3. Deux cercles sont tangents intérieurement en un point A. Soit B le point diamétralement opposé à A sur le plus grand des deux cercles. On y mène une corde BD, tangente en C au plus petit des deux cercles. Démontre que AC est la bissectrice de l'angle $\widehat{BAD}$.

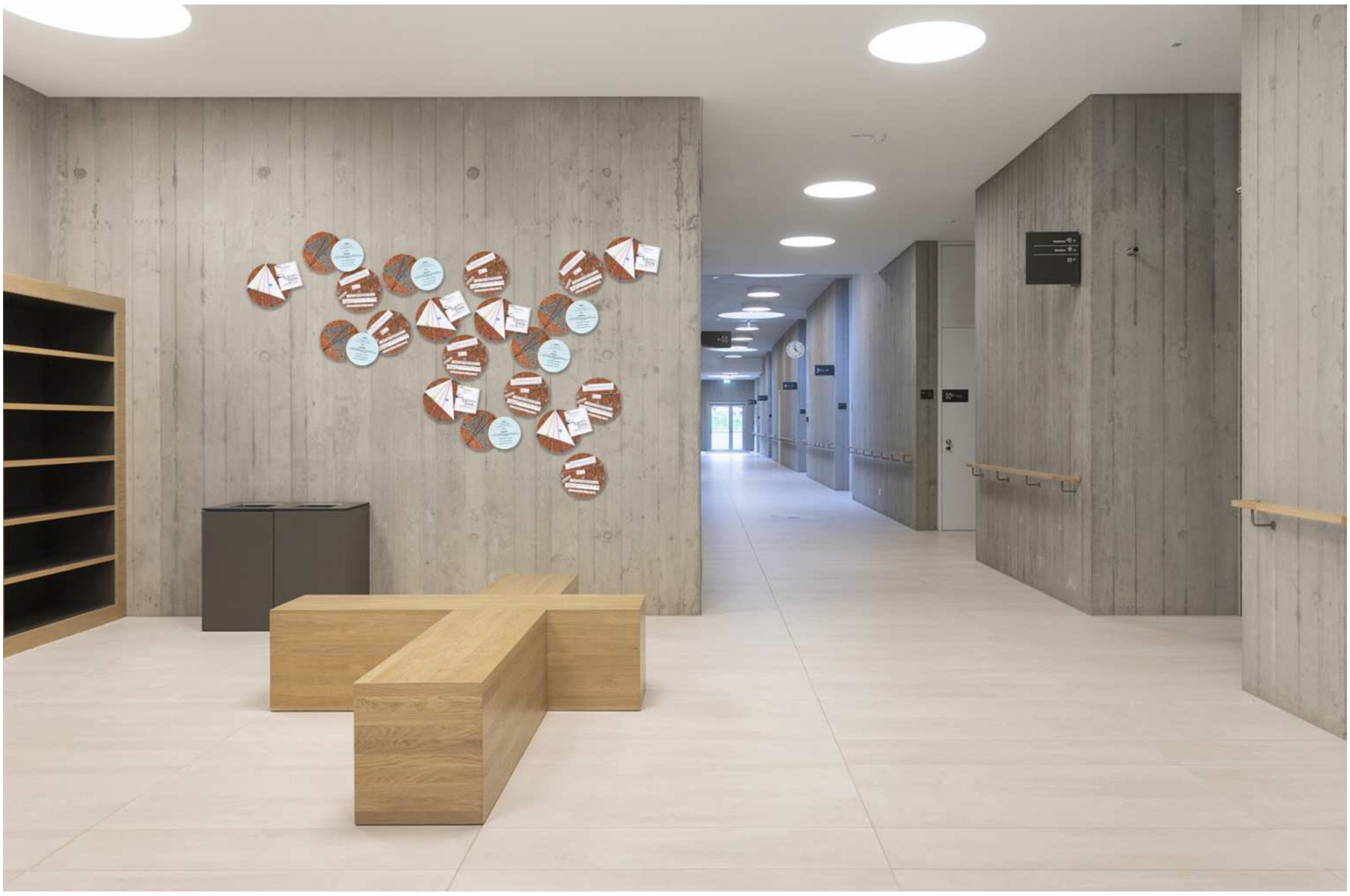
Annexe 42 : simulation d’exemples de transposition artistique de démonstration.




A
B
C
O
I
d
Hypothèses :
• Un cercle $\mathscr{C}$ de centre O
• Un triangle ABC inscrit dans $\mathscr{C}$
• d médiatrice de [BC]
• I intersection de d avec $\mathscr{C}$ de l'autre côté de A
Thèse :
$|\widehat{BAI}| = |\widehat{IAC}|$
Démonstration :
1. BOC est un triangle isocèle car |BO| = |OC| (rayons du cercle $\mathscr{C}$).
Par conséquent, la médiatrice de [BC] est aussi la bissectrice de l'angle $\widehat{BOC}$.
⇨ $|\widehat{BOI}| = |\widehat{IOC}|$
2. $|\widehat{BAI}| = \frac{1}{2}|\widehat{BOI}|$ car interceptent $\widehat{BI}$.
3. $|\widehat{IAC}| = \frac{1}{2}|\widehat{IOC}|$ car interceptent $\widehat{IC}$.
Par transitivité de l'égalité : $|\widehat{BAI}| = |\widehat{IAC}|$


A
B
H
O
I
A'
C
Hypothèses :
Un cercle 𝒞 de centre O
Un triangle ABC inscrit dans 𝒞
AI bissectrice de Â
H pied de la hauteur issue de Â
[AA'] diamètre de 𝒞
Thèse :
$|\widehat{A'AC}| = |\widehat{BAH}|$
Démonstration :
1. $|\widehat{A'BC}| = |\widehat{A'AC}|$ car interceptent $\widehat{A'C}$.
2. $|\widehat{A'BC}| = |\widehat{BAH}|$ car angles aigus aux côtés perpendiculaires :
[AH] ⊥ [BC] par hypothèse
[A'B] ⊥ [BA] car le triangle A'BA est inscrit dans un demi-cercle
Par transitivité de l'égalité : $|\widehat{A'AC}| = |\widehat{BAH}|$

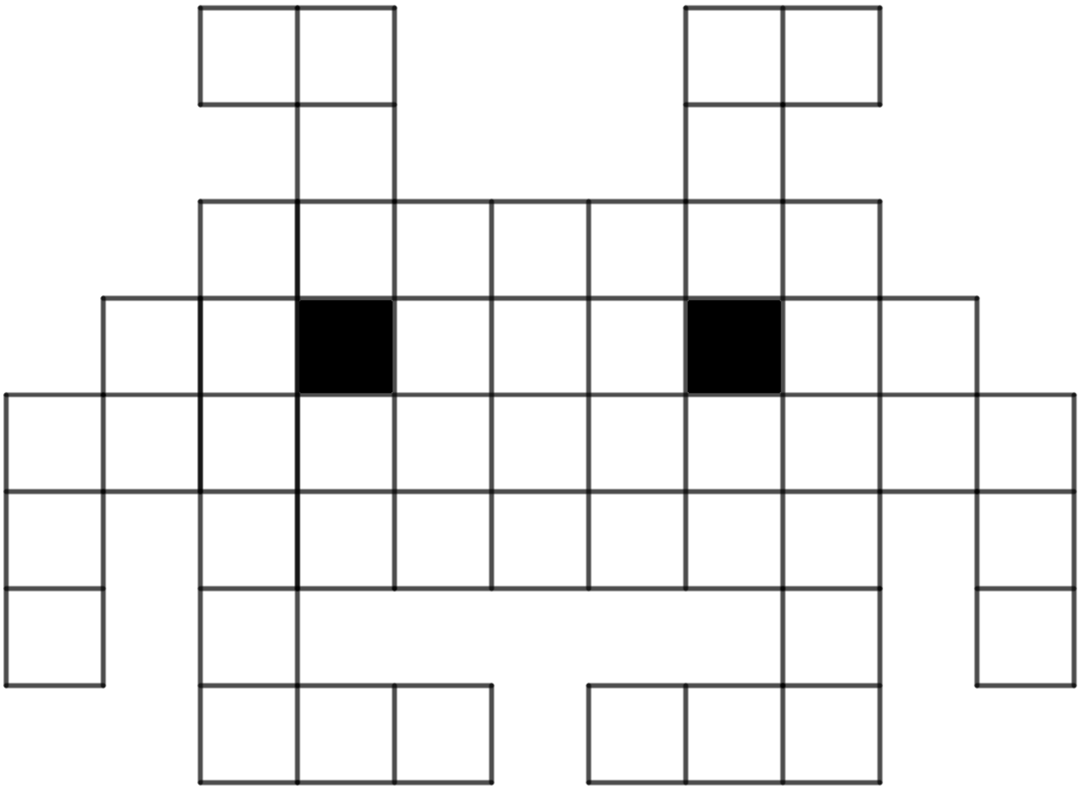
Annexe 43 : simulation d'une œuvre collective.



Annexe 44 : Space Invader - œuvres originales.

Annexe 45 : versions de Space Invader.

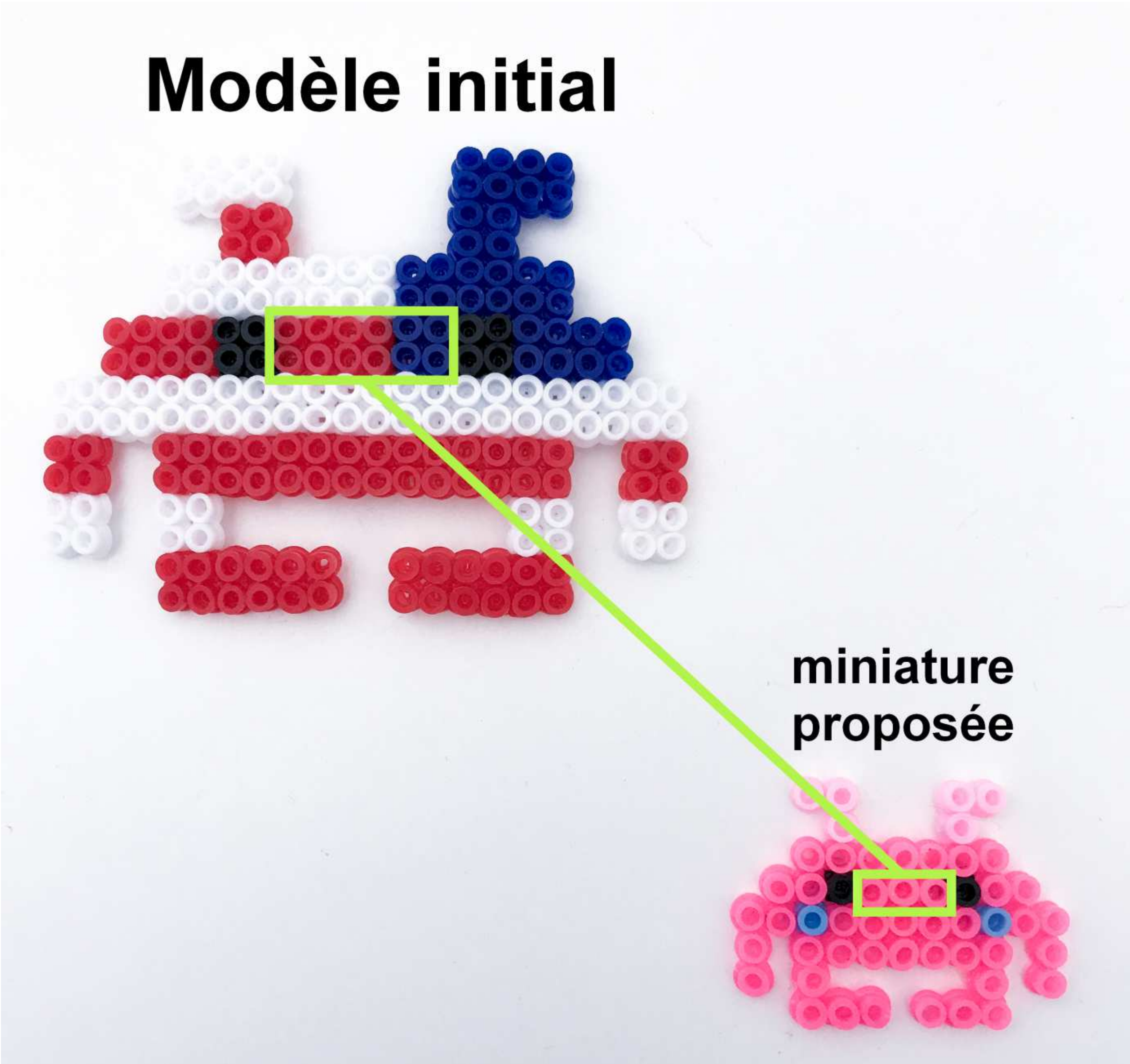
Annexe 46 : modèle standard de Space Invader.



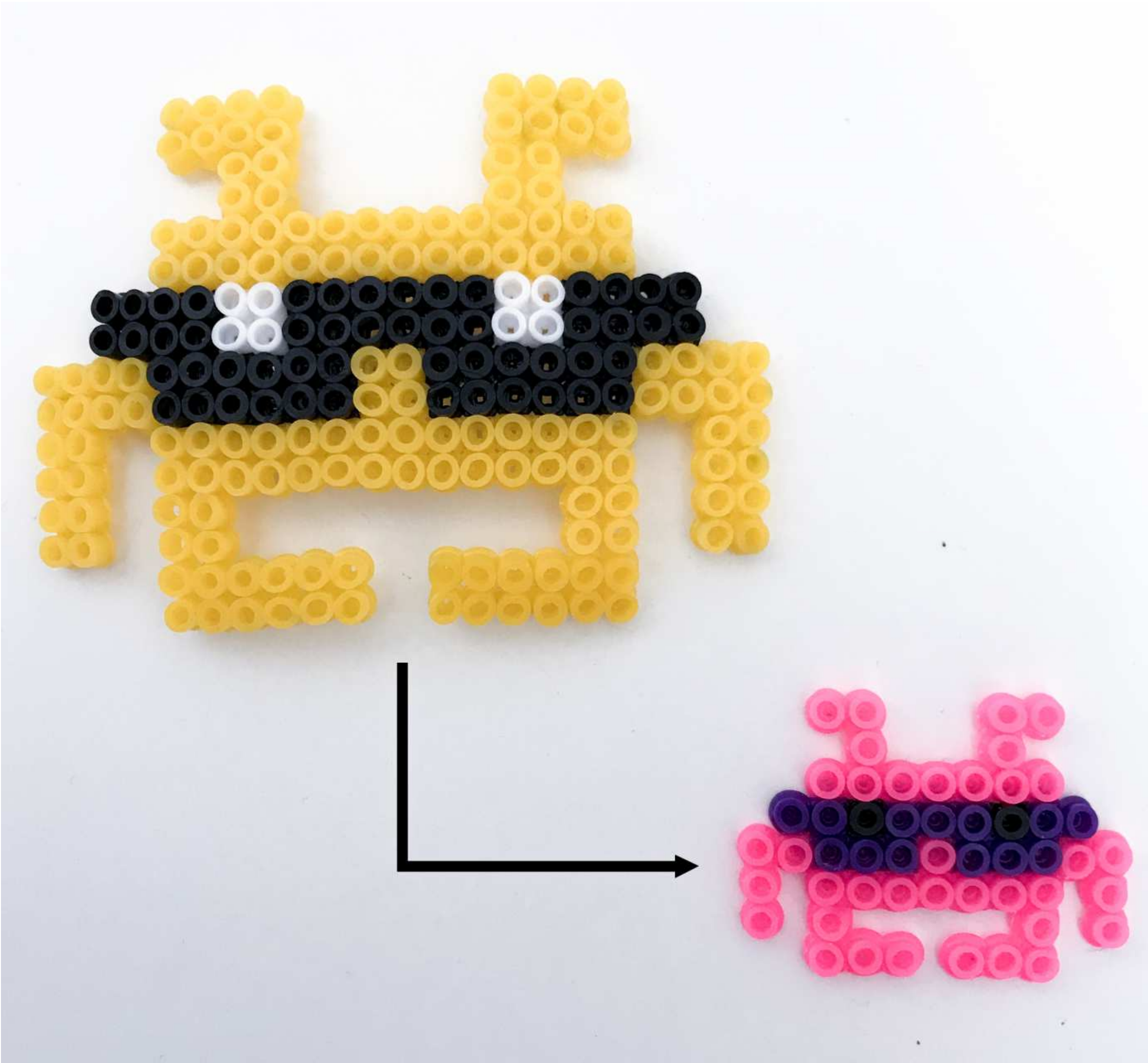
Annexe 47 : supports carrés.

Annexe 48 : versions miniatures.

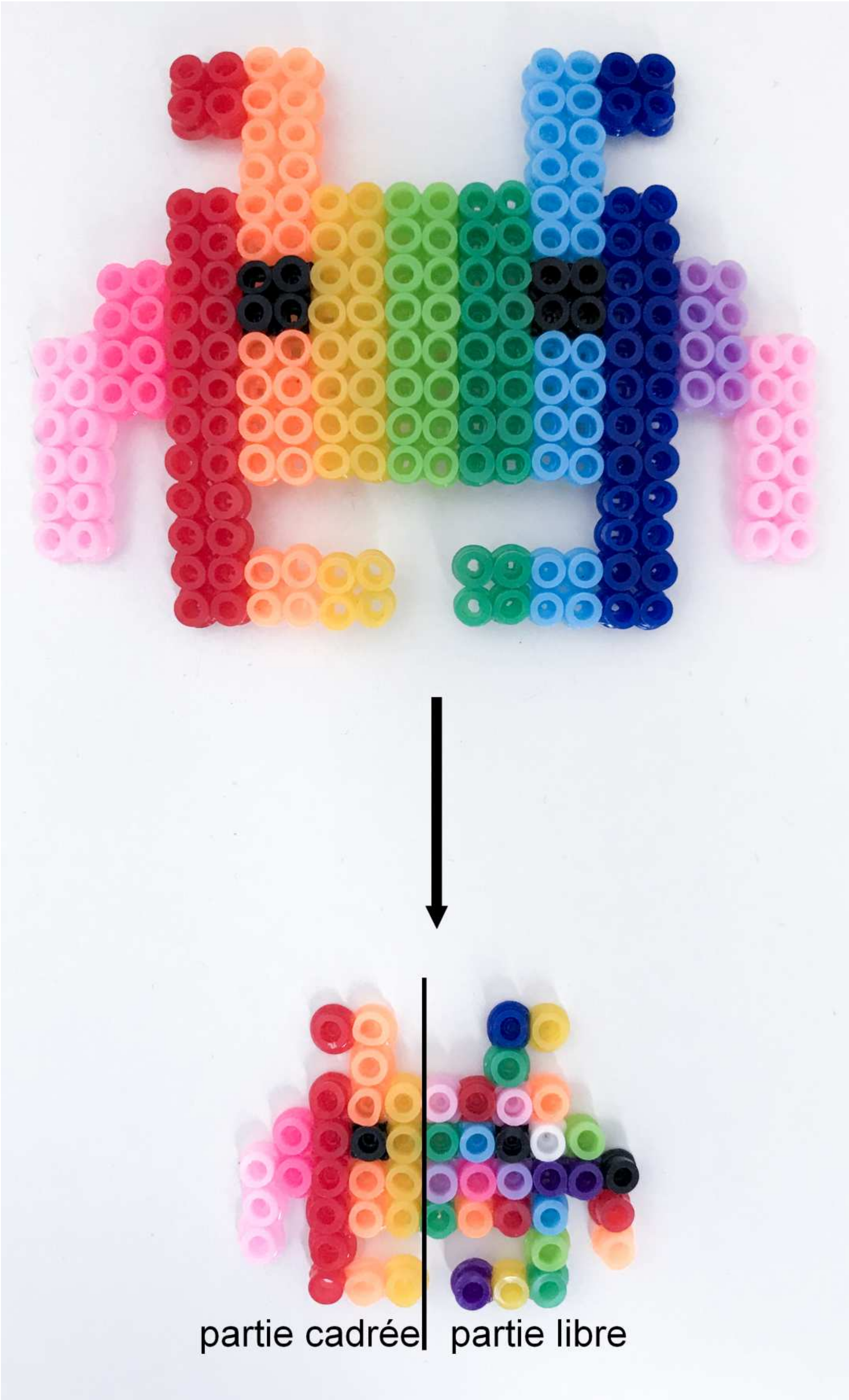
Annexe 49 : exemple de proposition d'un autre modèle miniature.



Annexe 50 : modification de la couleur des perles par rapport au Space Invader original.



Annexe 51 : un Space Invader moitié cadré, moitié libre.

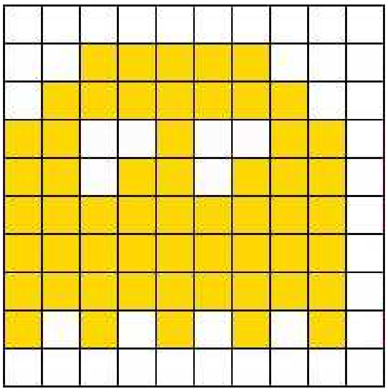


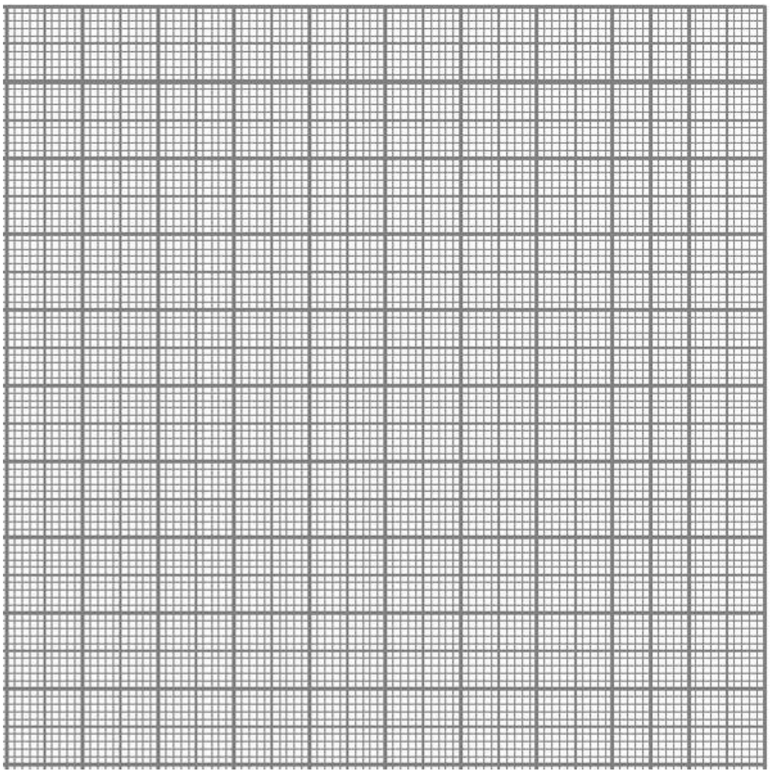
Annexe 52 : variation originale.

Annexe 53 : exemples de réalisations d'élèves.

Annexe 54 : exercice sous forme de Pixel Art.

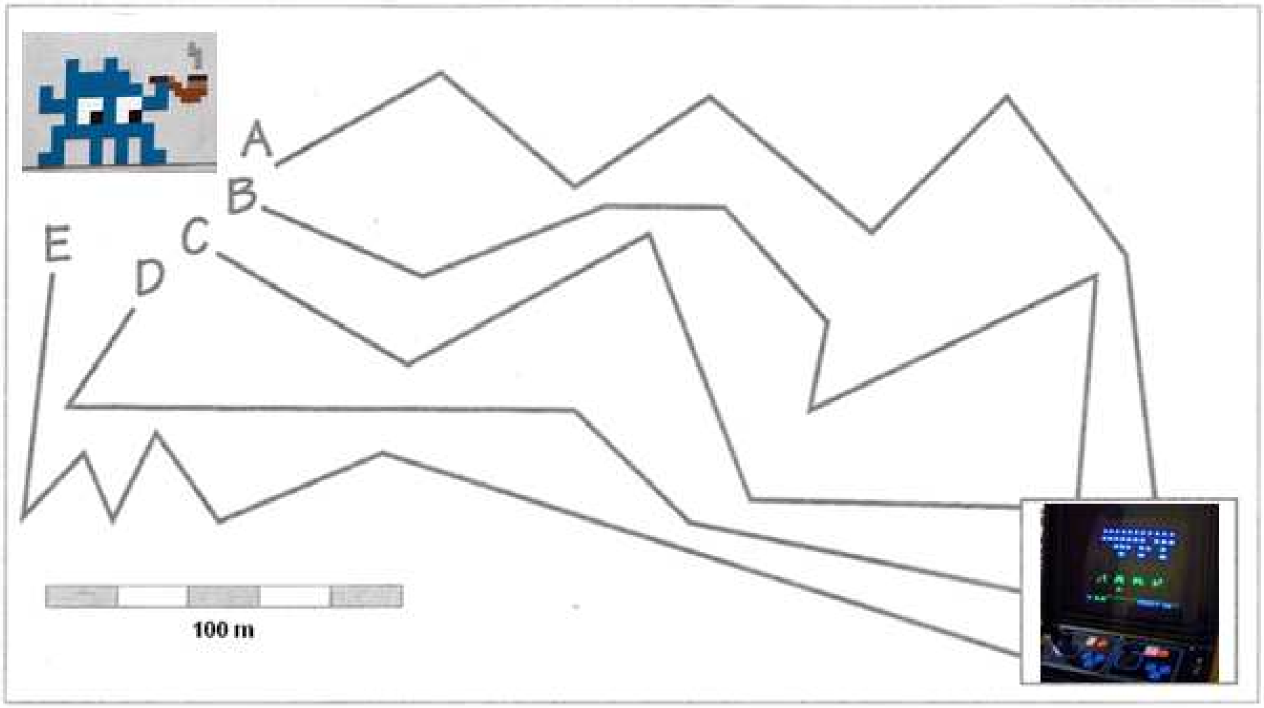
Consigne : Reproduis ce « Space Invader » à l'échelle $\frac{2}{1}$:

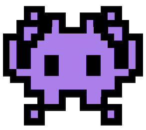




Annexe 55 : exercice sur le thème de Space Invader.

Consigne : Quel est le chemin le plus court pour retourner à la console ?



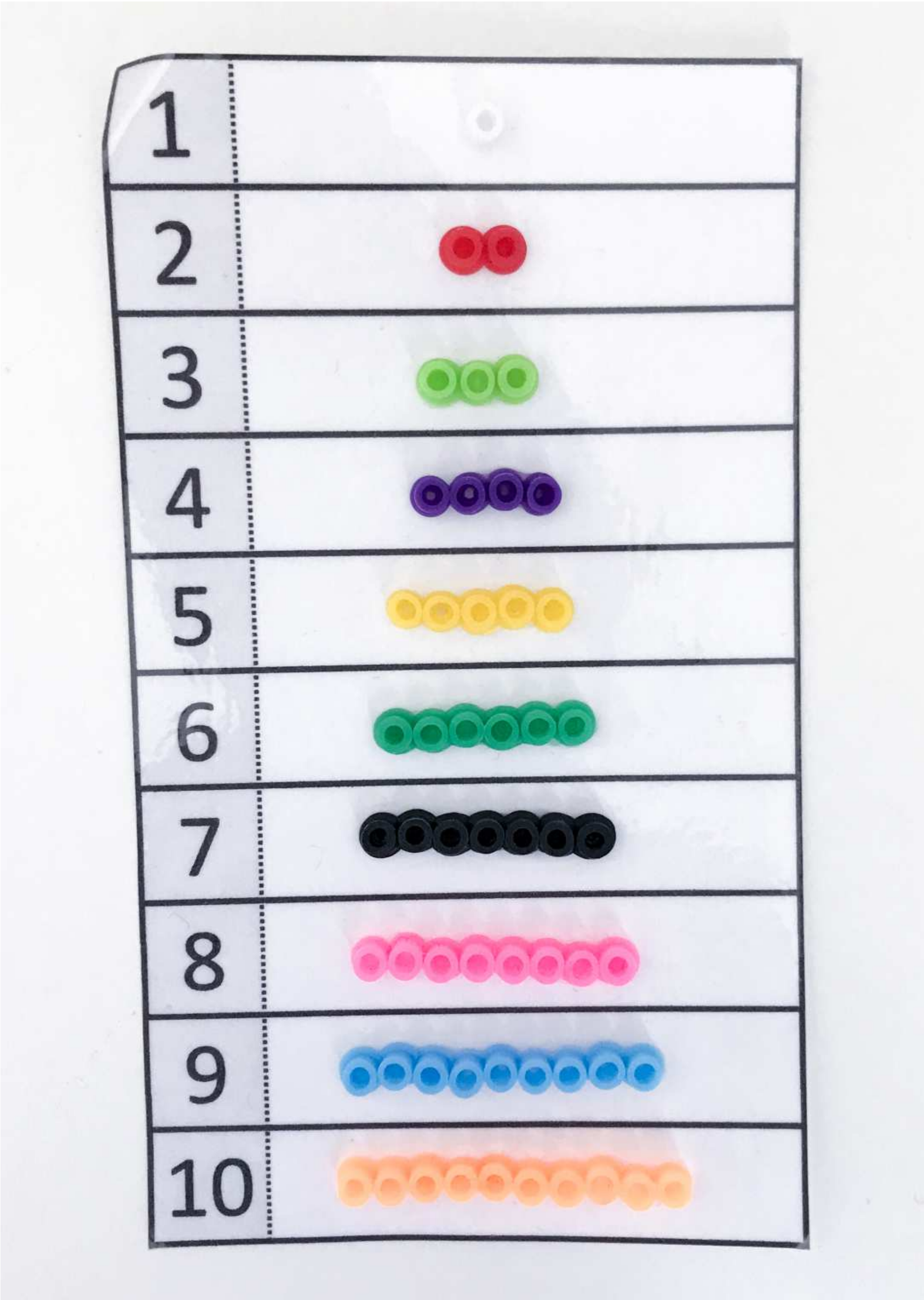


Zone de travail :

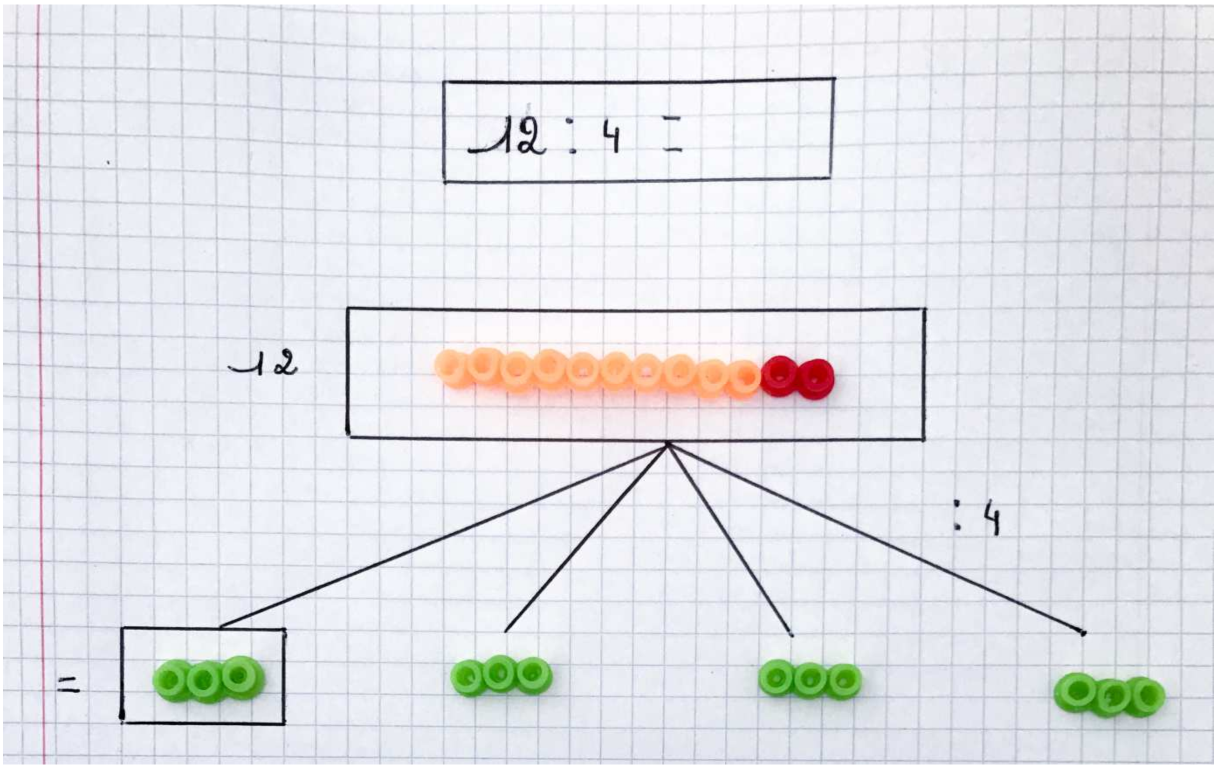
Annexe 56 : les réglettes.

Annexe 57 : les réglettes Cuisenaire.

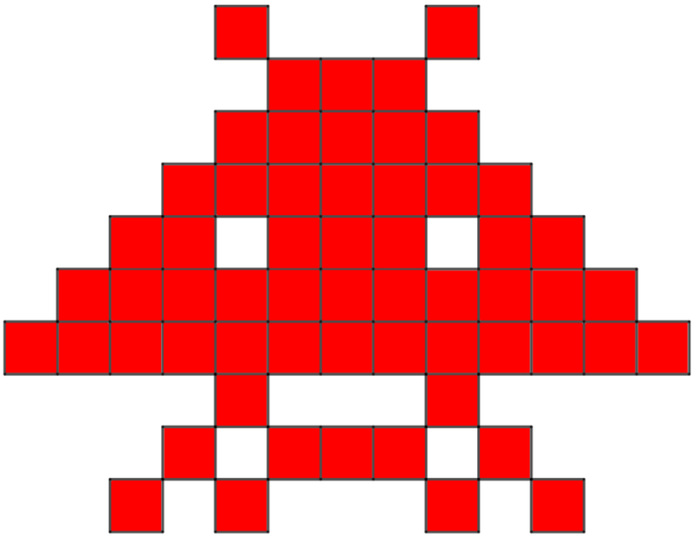
Annexe 58 : référentiel des réglettes.

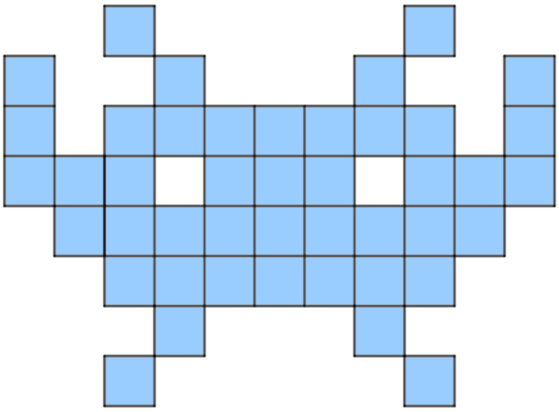


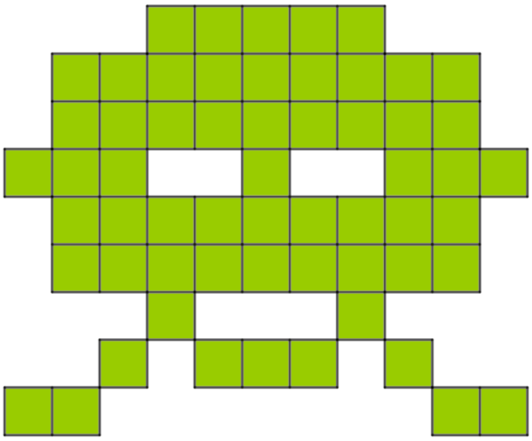
Annexe 59 : exemple d'utilisation des réglettes.

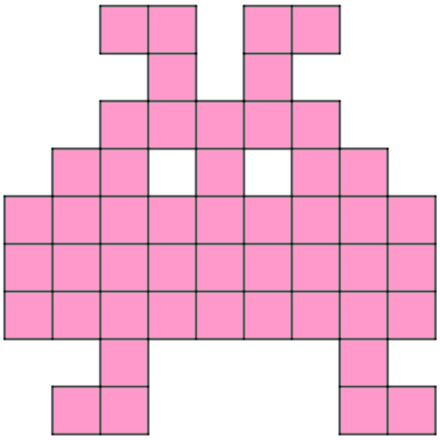


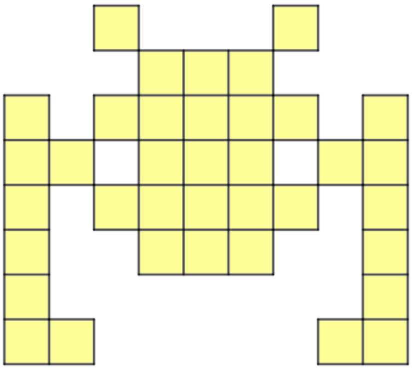
Annexe 60 : modèles de Space Invader pour la phase de création.





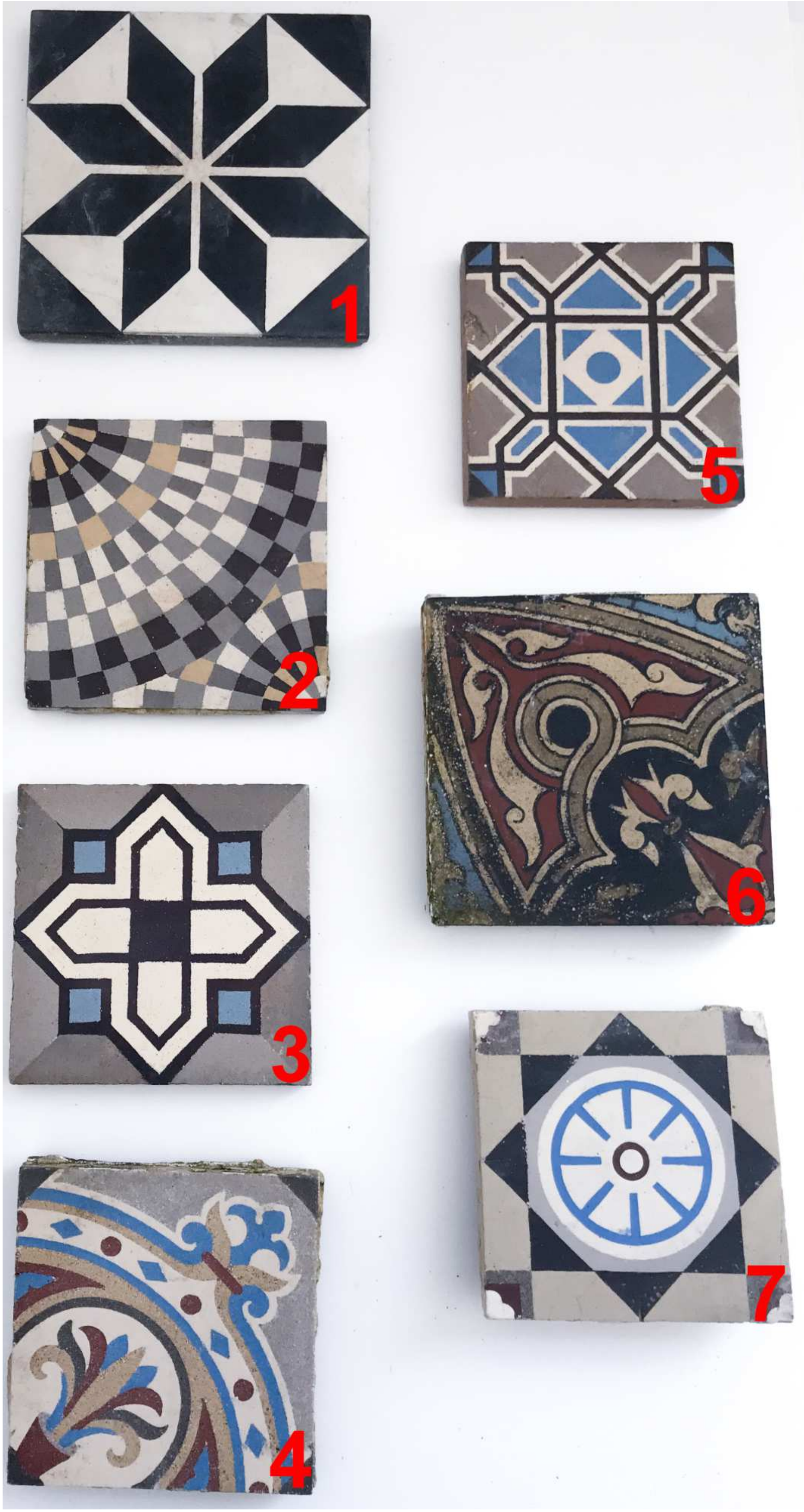






Annexe 61 : reproduction du Space Invader à l'échelle $\frac{10}{1}$.

Annexe 62 : carreaux de ciment.



Annexe 63 : programmes de construction.

Notion travaillée :

La médiatrice d'un segment.(1)

Réalise chaque étape de ce programme de construction. Coche les cases à chaque étape.

- ☐ Nomme A, B, C et D les sommets du carré en commençant en haut à gauche et en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre
- ☐ Détermine le milieu du segment [AB] et nomme-le E
- ☐ Détermine le milieu du segment [BC] et nomme-le F
- ☐ Détermine le milieu du segment [CD] et nomme-le G
- ☐ Détermine le milieu du segment [DA] et nomme-le H
- ☐ Trace les segments [EF], [FG], [GH], [HE]
- ☐ Colorie en rouge le quadrilatère EFGH
- ☐ Colorie en bleu les 4 triangles

Autoévaluation

Le challenge est reussi			
Je me sens prêt à valider ma compétence			
Je souhaite encore m'entrainer			

Notion travaillée :

La médiatrice d'un segment.(2)

Réalise chaque étape de ce programme de construction. Coche les cases à chaque étape.

- ☐ Nomme A, B, C et D les sommets du carré en commençant en haut à gauche et en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre
- ☐ Détermine le milieu du segment [AB] et nomme-le E
- ☐ Détermine le milieu du segment [BC] et nomme-le F
- ☐ Détermine le milieu du segment [CD] et nomme-le G
- ☐ Détermine le milieu du segment [DA] et nomme-le H
- ☐ Détermine le milieu du segment [EF] et nomme-le M
- ☐ Détermine le milieu du segment [FG] et nomme-le N
- ☐ Détermine le milieu du segment [GH] et nomme-le O
- ☐ Détermine le milieu du segment [HE] et nomme-le P
- ☐ Trace le carré MNOP
- ☐ Joint M au sommet du carré ABCD le plus proche
- ☐ Fais de même pour les points N,O et P
- ☐ Colorie en rouge le carré MNOP
- ☐ Colorie en bleu les triangles ABE, DPG, EBN et GOC
- ☐ Colorie en jaune les triangles AMH, HPD, BNF et FOC

Autoévaluation

Le challenge est réussi			
Je me sens prêt à valider ma compétence			
Je souhaite encore m'entrainer			

Notion travaillée :

Perpendiculaires
et
parallèles

Réalise chaque étape de ce programme de construction. Coche les cases à chaque étape.

- ☐ Nomme A, B, C et D, les sommets du carré en commençant en haut à gauche et en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre.
- ☐ Trace le segment [AC].
- ☐ Trace la perpendiculaire à [AC] passant par B et par D.
- ☐ Détermine le milieu du segment [AB] et nomme-le E.
- ☐ Détermine le milieu du segment [DC] et nomme-le F.
- ☐ Trace les parallèles à [AC] passant par E et par F.
- ☐ Trace les parallèles à [BD] passant par E et par F.
- ☐ Colorie en vert le triangle dont un côté est le segment [AE].
- ☐ Continue le coloriage en alternant pour chaque figure le vert et le noir. ATTENTION, deux figures qui sont l'une à côté de l'autre ne peuvent pas avoir la même couleur !

Autoévaluation

Le challenge est réussi			
Je me sens prêt à valider ma compétence			
Je souhaite encore m'entrainer			

Notion travaillée :

Cercle

et

carré

Réalise chaque étape de ce programme de construction. Coche les cases à chaque étape.

- ☐ Construis un carré ABCD de 9 cm de côté.
- ☐ Détermine le milieu du segment [AB] et nomme-le E
- ☐ Trace les diagonales du carré.
- ☐ Nomme O l'intersection des diagonales.
- ☐ Trace un cercle de centre de O et de rayon |AE|.
- ☐ Trace à l'intérieur du carré un quart de cercle de centre A et de rayon |AE|.
- ☐ Trace à l'intérieur du carré un quart de cercle de centre B et de rayon |AE|.
- ☐ Trace à l'intérieur du carré un quart de cercle de centre C et de rayon |AE|.
- ☐ Trace à l'intérieur du carré un quart de cercle de centre D et de rayon |AE|.
- ☐ Colorie en rouge la figure centrale.
- ☐ Colorie en noir les formes extérieures au cercle de centre O.

Autoévaluation

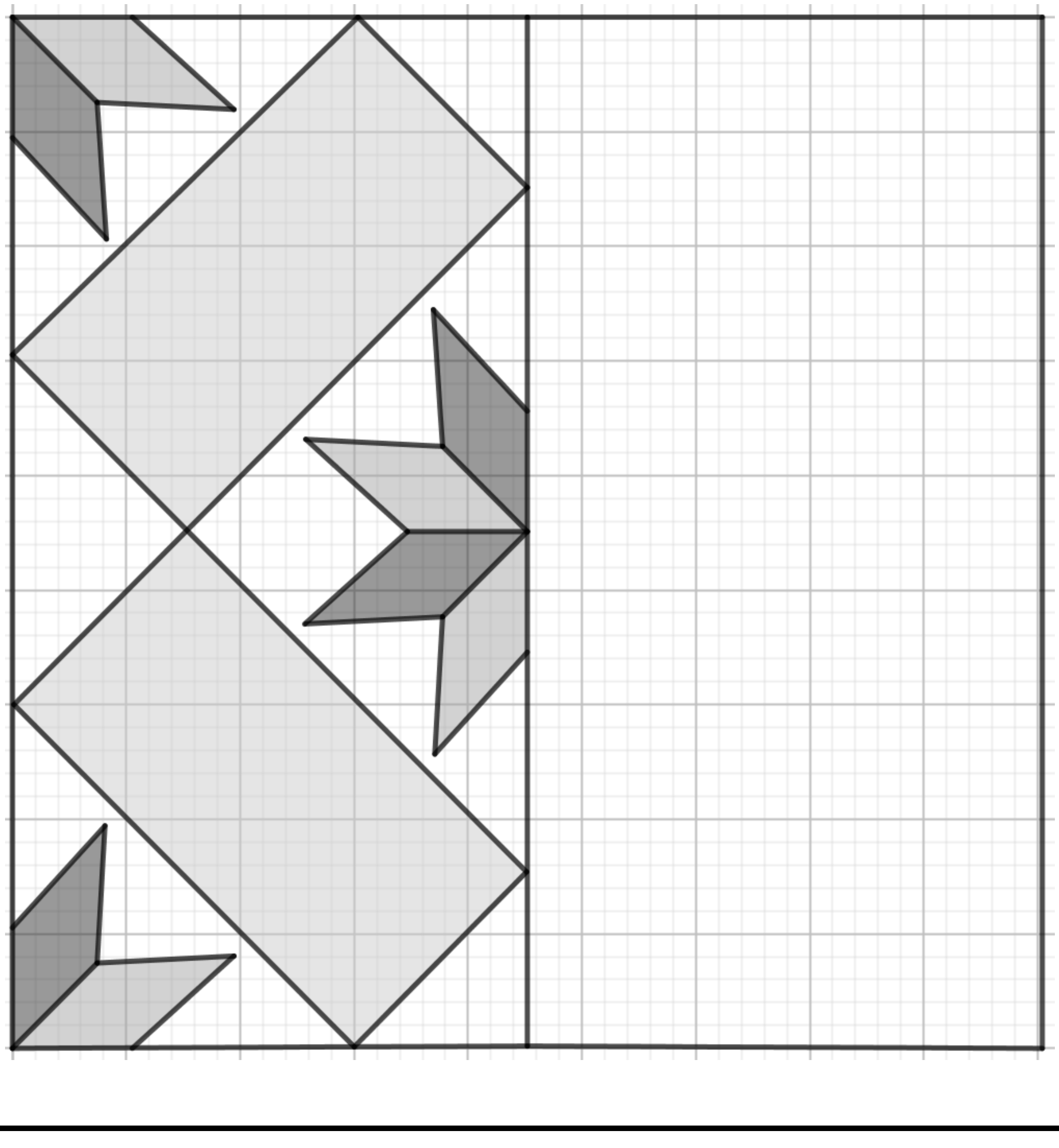
Le challenge est réussi			
Je me sens prêt à valider ma compétence			
Je souhaite encore m'entrainer			

Annexe 64 : prototypes de carreaux de ciment (sur base des programmes de construction) et simulation du pavage.

Annexe 65 : activité d'introduction sur la symétrie orthogonale.

<u>Consignes :</u>

1. **En te servant des pièces en mousse, reconstitue l'autre moitié du carreau de ciment.**
2. **En fonction de la couleur des pièces que tu as choisies, colorie la première partie.**



Annexe 66 : Tangram.

Annexe 67 : figures en mousse.

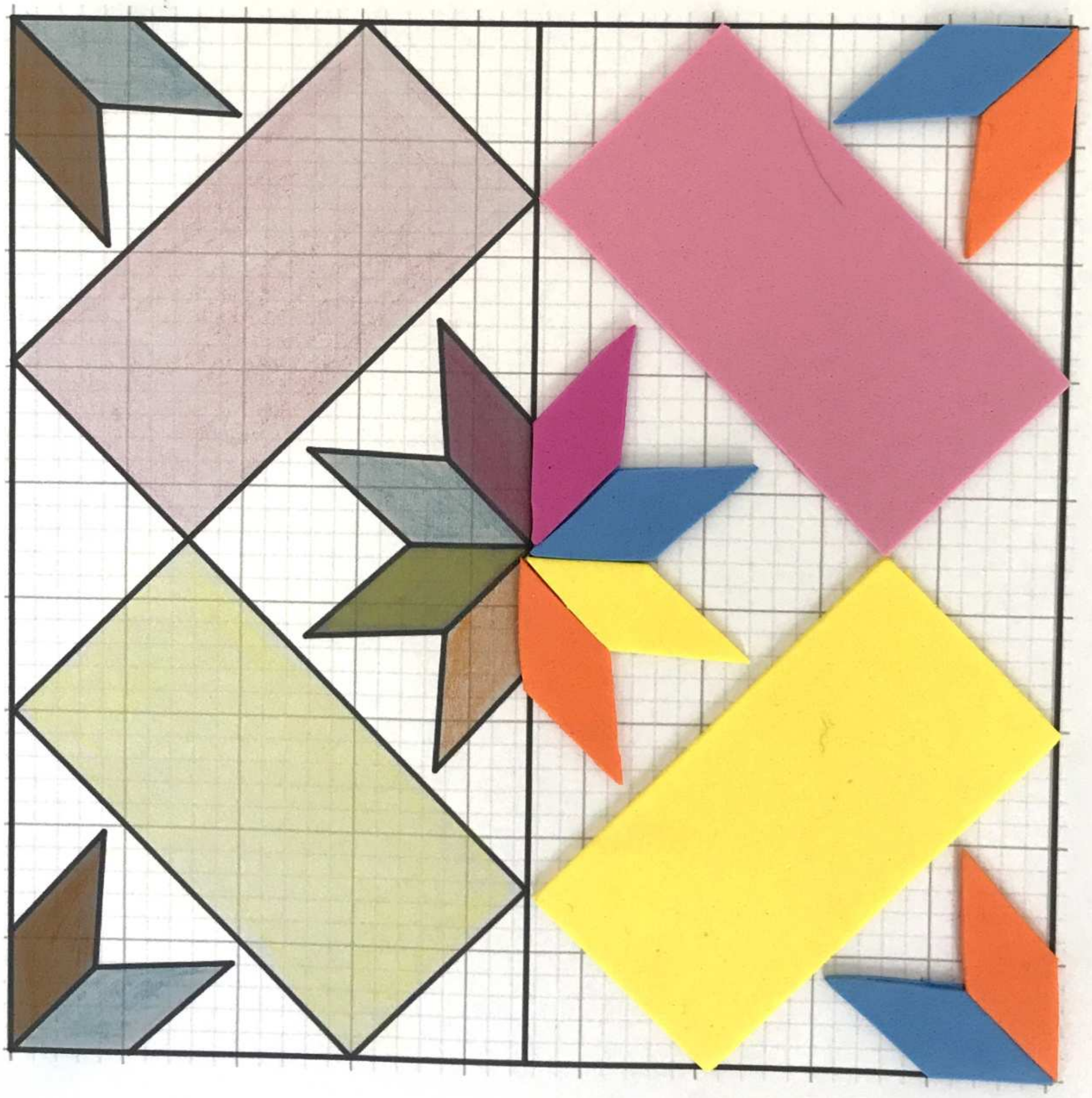
Annexe 68 : exemples de réalisation de l’activité introductive sur la symétrie orthogonale.

V. La symétrie orthogonale

A. Introduction

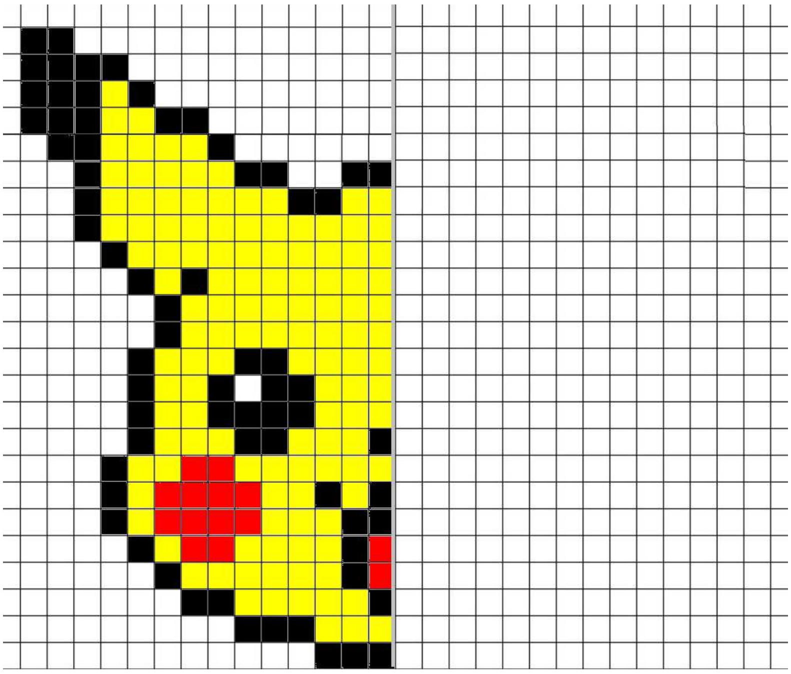
Consignes :

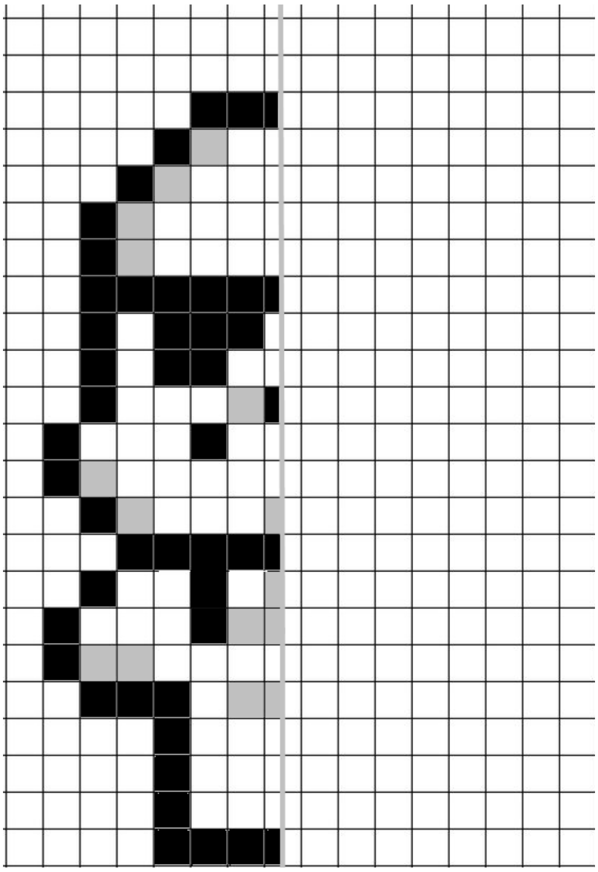
1. **En te servant des pièces en mousse, reconstitue l’autre moitié du carreau de ciment.**
2. **En fonction de la couleur des pièces que tu as choisies, colorie la première partie.**



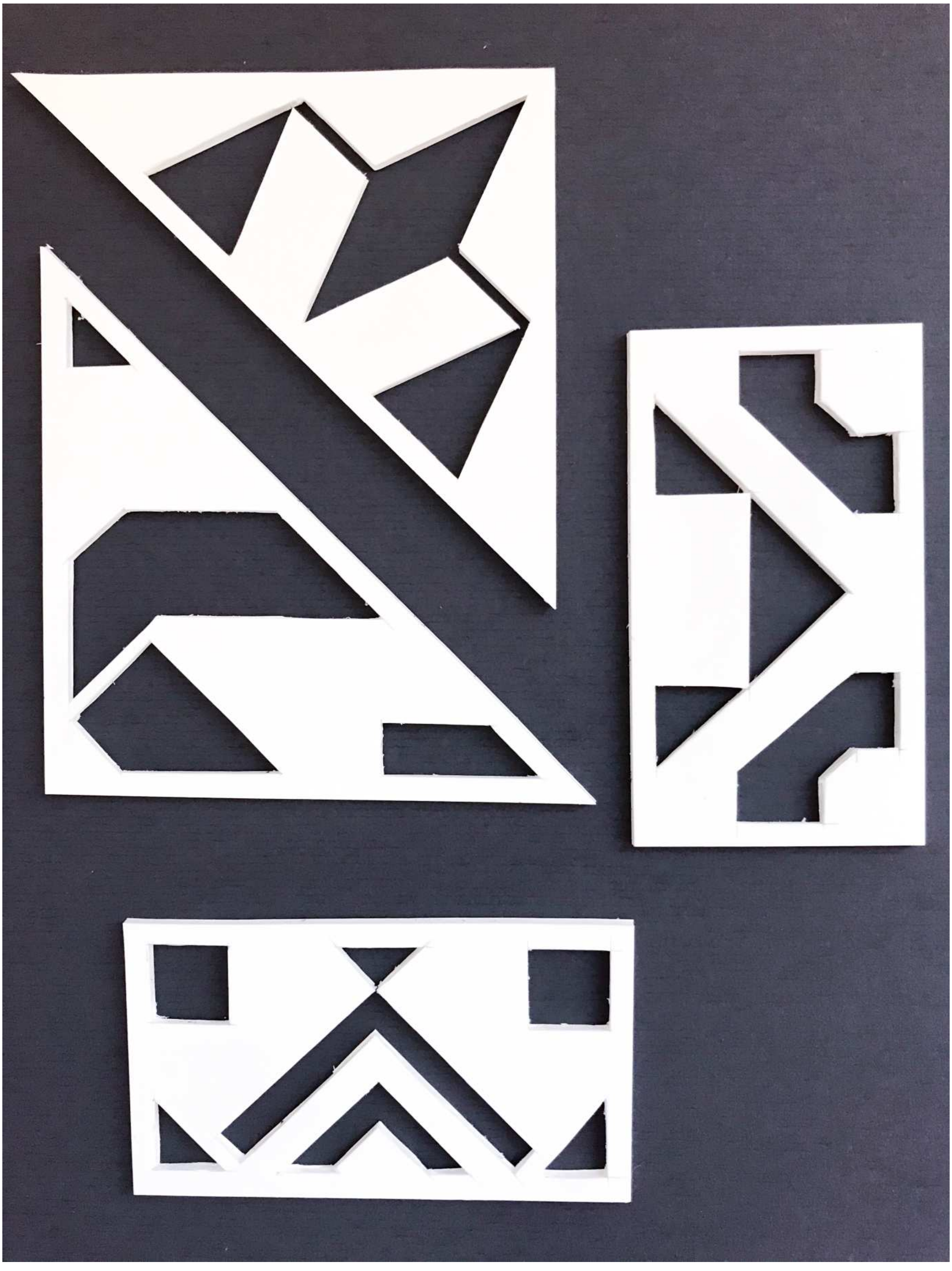
Annexe 69 : exemples de calques préalablement imprimés.

Annexe 70 : coloriage façon Pixel Art.





Annexe 71 : gabarits pour la construction de carreaux de ciment.

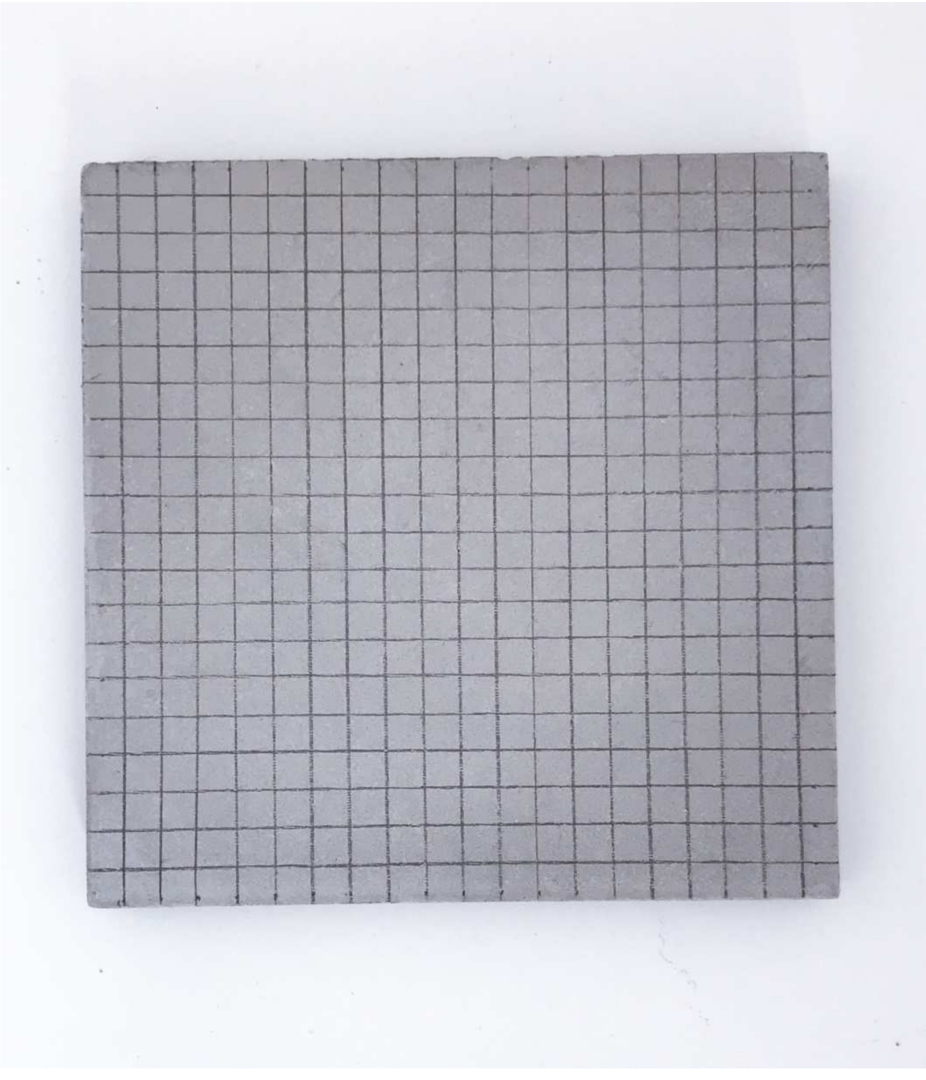


Annexe 72 : gabarits de figures géométriques.

Annexe 73 : étiquettes « challenge ».

Deux droites parallèles	Un cercle de rayon : ______________
Deux droites perpendiculaires	Un cercle de diamètre : ______________________
Deux droites sécantes	Un cercle de 1,5 cm de rayon
La médiatrice d'un segment de 5 cm	Un rectangle de 2 cm sur 3,5 cm
La médiatrice d'un segment de 65 mm	Un carré de 52 mm de côté
Trois droites parallèles	Un rectangle de 55 mm sur 30 mm
Un rectangle de 5 cm sur 7 cm	Un carré de 3 cm de côté
Un carré de 2,5 cm de côté	Un carré de 4,7 cm de côté
Un carré de côté : ______________	Un cercle de 50 mm de diamètre
Un cercle de 35 mm de rayon	Un cercle de 65 mm de diamètre

Annexe 74 : carrelage en céramique préalablement quadrillé.



Annexe 75 : simulation d’exemples de création de carreaux de ciment.

Annexe 76 : simulation d'une œuvre collective.