

L'AXE ROYAL DE PARIS

UN PROJET GÉOMÉTRIQUE POUR LES CM2

Éric MINOT

Professeur des Écoles Maître Formateur - IUFM de Rouen

Le projet qui va être décrit se propose d'aborder le programme de géométrie en prenant comme sujets d'étude les monuments de Paris formant l'Axe Royal (Annexe 1a). Le monument le plus récent de cet axe est l'incarnation monumentale du cube, l'arche de la Défense, jouet gigantesque oublié là par quelque enfant distrait. Théoriquement, les câbles métalliques internes qui contraignent la structure permettraient de poser le cube sur n'importe quelle face ; imaginez la taille du déménageur ! De la terrasse de l'arche, tout Paris s'offre à la vue (Annexe 1b). Tout d'abord les tours, gigantesques, puis une trouée, une perspective libératrice, l'axe royal : le parvis puis le pont de Neuilly, l'avenue Charles de Gaulle, l'avenue de la Grande Armée puis l'arc de triomphe de l'Étoile ; l'avenue des Champs-Élysées jusqu'à la place de la Concorde, le jardin des Tuileries puis l'arc de triomphe du Carrousel et enfin le Louvre et sa fameuse pyramide. Le mathématicien verra dans cette perspective l'alignement dans un macro-espace des solides les plus usuels : un cube et une pyramide à base carrée aux extrémités (l'Arche de la Défense et la Pyramide du Louvre commandées par François Mitterrand), ainsi que deux parallélépipèdes-rectangles (l'arc de Triomphe de l'Étoile et celui du Carrousel, tous deux initiés par Napoléon I^{er}). L'historien, lui, envisageant la perspective depuis le Louvre verra sûrement la volonté des différents monarques ou dirigeants français de marquer leur passage dans le sol de Paris (Annexe 2).

Description du projet

Productions finales visées

L'idée de ce projet est née d'une construction proposée dans l'ouvrage *Les arts plastiques à l'école*, Tome 2, de S. Paolorsi & A. Saey. La fiche 67 propose de réaliser par pliage et collage diverses structures en 3D et notamment une reproduction de l'Arche de la Défense. Mais pourquoi s'arrêter là alors que l'Arche n'est que l'extrémité d'un alignement de monuments de différentes formes et de différentes tailles ? L'axe royal de Paris est un support riche pour un projet où la reproduction d'un monument serait l'occasion de réinvestir les compétences acquises au cours de la construction de la maquette du monument précédent ou de construire des compétences nouvelles relatives à la représentation à l'échelle d'une portion de l'espace urbain. Pour cela, dans une première phase, les élèves réaliseront

des maquettes de travail intermédiaires à l'échelle 1/700^e, individuellement ou en binômes, afin de favoriser la recherche personnelle et l'activité motrice fine de chacun. Dans une seconde phase, le projet s'achèvera par la réalisation collective (une arche pour la classe ainsi que deux arcs et une pyramide par groupe) d'une maquette à l'échelle 1/280^e des quatre monuments de l'axe royal, ce qui suppose la construction à l'échelle des quatre solides et une disposition spatiale également à l'échelle.

Dans sa première phase (constructions à l'échelle 1/700^{ème}), l'objectif final du projet (constructions à l'échelle 1/280^{ème}) est volontairement caché. Il s'agit au départ de construire des maquettes des monuments, au fur et à mesure que nous les rencontrons (au travers de différents média – photos, vidéos, brochures techniques, textes historiques), à la même échelle que la maquette de l'arche (L'Axe Royal n'est pas évoqué au début du projet). Ces constructions sont présentées aux élèves comme un moyen de revoir les notions déjà connues de géométrie plane (polygones, parallélisme, repérage de figures simples dans une figure complexe, etc.) et de construire de nouvelles compétences en géométrie dans l'espace. Quand les quatre maquettes sont construites, ce sont les élèves qui découvrent leur alignement au cours d'une séance où ceux-ci doivent positionner les maquettes les unes par rapport aux autres. Quand cette première phase est terminée, c'est la perspective motivante de construire des maquettes beaucoup plus grandes qui permettra aux élèves de s'investir dans les apprentissages de la seconde phase (agrandissement de figure, aire, périmètre, angle, etc.).

Les objectifs généraux du projet

- Mettre en évidence l'importance de la géométrie et de la mesure dans l'activité humaine présente et passée, et notamment dans l'architecture : il s'agit de montrer que les objets mathématiques sont nécessaires à la construction d'un monument depuis sa conception (plans) à sa réalisation (mesures).
- Travailler la géométrie plane (et la dynamique 2D ↔ 3D) à partir d'un projet de reproduction d'objets culturels en 3D.
- Finaliser le programme de géométrie par une réalisation collective.
- Multiplier les activités d'analyse et de tracé pour développer les capacités visuelles, motrices et argumentatives des élèves.

Les étapes de réalisation du projet

Le projet de base qui permet d'aboutir à la construction finale s'étale sur une vingtaine de séances (Annexes 12 et 13). Ce projet s'accompagne également de séances que j'appelle séances décrochées qui affinent, institutionnalisent ou réinvestissent le travail mené sur des techniques ou des savoirs nécessaires au projet et installent donc les connaissances mathématiques. Le projet ainsi traité dans sa globalité a permis de couvrir la majeure partie du programme de géométrie et de mesure et ce de façon continue de février à juin.

Planification du projet

La première phase a été planifiée par le maître avec une variabilité importante du temps passé sur chaque objectif en fonction des succès ou des échecs des élèves : les exercices d'entraînement sur le parallélisme ont été écourtés quand ceux sur la construction de triangles ont nécessité plus de temps. C'est dans la seconde phase que la planification a été élaborée avec les élèves et que le temps nécessaire à la réalisation a été négocié.

Les séances décrites dans l'article

L'ampleur du projet ne permet pas de décrire dans le détail l'ensemble des séances. Le choix s'est porté sur les séances consacrées à la pyramide du Louvre particulièrement riche d'un point de vue géométrique. Ces séances ont abouti à la construction d'une maquette de la pyramide du Louvre à la même échelle que la maquette de l'arche construite en début de projet. Dans la description des séances, deux types de compétences sont évoquées : les *compétences en jeu* désignent des compétences plus larges dont l'acquisition se fait à long terme dans le cadre de situations multiples ; les *compétences visées* sont des compétences inscrites dans les progressions des programmes officiels.

Compte-rendu du travail effectué sur la pyramide

Avant de développer les séances relatives à la pyramide, il faut évoquer rapidement les deux premières séances consacrées à la Grande Arche de la Défense. La première séance commence par l'étude de photographies représentant l'arche (c'est une séance découverte, l'arche n'ayant pas été étudiée auparavant). Quatre vues différentes de l'Arche sont présentées successivement (une contre-plongée, une vue de face rapprochée, une vue face lointaine, une vue aérienne) afin de pouvoir répondre à la question : comment décrire cet objet ? Pour chaque vue, les élèves doivent essayer de décrire l'objet photographié. La vue suivante est présentée quand tout a été dit sur la précédente afin de confirmer ou d'infirmer les hypothèses émises. Cette première séance a permis aux élèves de se familiariser avec les photographies de différents points de vue d'un objet en 3 dimensions. Elle a permis à l'enseignant de recueillir le lexique que les élèves utilisent pour décrire ce cube, d'aider ceux-ci à faire le tri entre le langage courant et le vocabulaire géométrique et de les amener à utiliser à bon escient les termes mathématiques (sommets, arêtes, faces, angles, etc.). Au cours de la seconde séance, les élèves ont construit en binôme une maquette en papier à l'échelle 1/700^e de l'Arche (Annexes 3a et 3b). En parallèle, des recherches sont menées sur internet et en bibliothèque de façon à rédiger un cartouche d'identification du monument pour le cahier d'histoire des arts (décrire géométriquement, situer géographiquement et historiquement).

Séance 3 : la Pyramide du Louvre

Compétences visées

- Reconnaître sur photographies et décrire une pyramide à base carrée.
- Reproduire un triangle à l'aide d'instruments.
- Compléter un patron de pyramide.

Matériel

Quatre vues différentes de la Pyramide du Louvre (Annexes 4a et 4b) présentées dans cet ordre : une contre-plongée, une vue de l'entrée, une vue de derrière et une vue aérienne ; support individuel reproduisant les trois dernières photos ; papier quadrillé au cm ; ruban adhésif.

Production finale

Une pyramide par élève (sans contrainte de dimensions).

Activités prévues (ce qui est demandé et attendu des élèves)

- Étape 1 : les quatre photos sont présentées successivement de façon à établir collectivement une **description du monument** en utilisant le vocabulaire adapté. Les trois premières permettent de savoir que la pyramide possède 4 faces triangulaires, la vue de dessus que la base est un quadrilatère (le maître indique qu'il s'agit d'un carré).
- Étape 2 : sur le support individuel où les trois dernières photos sont reproduites, les élèves repèrent les sommets et tracent les **arêtes visibles**. Ils tracent ensuite les **arêtes cachées** en pointillés. La mise en commun permet de déterminer le nombre total de faces, d'arêtes et de sommets.
- Étape 3 : à partir des informations collectées dans les étapes précédentes, les élèves doivent **construire une pyramide** en utilisant une feuille au format A4 quadrillée au centimètre. Pour réussir, ils doivent tracer un carré et quatre triangles superposables dont un côté a la même longueur que le côté du carré. Le support utilisé est quadrillé de façon à faciliter le tracé du carré qui n'est pas l'objectif de la séance. Afin que les élèves ne construisent pas cinq figures isolées, une contrainte est introduite : utiliser le moins de morceaux de ruban adhésif possible.

Déroulement effectif

Le repérage des sommets et le tracé des arêtes visibles se sont avérés simples et ont été largement réussis. En revanche, le tracé des arêtes cachées a été plus problématique. Aucune aide n'a été apportée à ce stade de la progression et les productions ont été collectées pour analyse.

Dans la phase de construction, trois comportements ont été observés : un quart de l'effectif a construit un grand carré qui ne laissait pas d'espace suffisant pour les autres faces. La moitié des élèves a tracé des triangles isolés. Le dernier quart a tracé le patron en étoile.

Les élèves qui ont construit le patron en étoile l'ont rapidement proposé à leurs camarades proches comme solution au problème posé. Ils démontraient leur réussite en réalisant le montage de la pyramide. Tous les élèves ont alors adopté le patron en étoile. Encore une fois, plusieurs comportements ont été observés : la moitié des élèves a tracé des triangles « au jugé » sans que ceux-ci soient superposables (échec en Annexe 5a) ; un quart de l'effectif a utilisé le réseau quadrillé pour placer le sommet du triangle manquant sur la médiatrice du carré (réussite) ; le dernier quart a utilisé le compas pour tracer des triangles équilatéraux en reportant la longueur du côté du carré (réussite en Annexe 5b).

Les élèves qui avaient tracé les triangles « au jugé » ne réussissaient pas à assembler leur pyramide de façon satisfaisante. Face à l'échec du montage effectif, ces élèves ont recommencé en adoptant la technique au compas pour leur second essai. Ils ont été assistés en cela par des élèves qui avaient réussi (la technique n'a pas été montrée au tableau).

À la fin de la séance, quand tous eurent construit une pyramide, deux pyramides de bases superposables ont été montrées à la classe : une construite avec la technique de la médiatrice (le terme n'est pas introduit), l'autre avec la technique au compas. On a alors observé qu'elles n'avaient pas la même hauteur alors qu'elles avaient la même base. Cela a permis de mettre en évidence le fait que les faces de la pyramide n'étaient pas forcément des triangles équilatéraux (technique au compas), et que des triangles isocèles (technique de la médiatrice) convenaient également (cet apport du maître est important pour la suite de la progression).

Éléments d'analyse

La phase de description a permis de réinvestir le vocabulaire utilisé pour décrire l'Arche de la Défense (séance 1). Les élèves utilisent plus facilement le vocabulaire adapté.

Le tracé des arêtes cachées, s'il ne fait pas partie des compétences attendues à l'école élémentaire, est cependant un bon indicateur de la représentation mentale que se font les élèves d'un solide. Entre la première séance similaire sur l'Arche et cette séance, la réussite collective dans cette tâche augmente légèrement. On peut donc supposer que cette activité concourt à renforcer la représentation mentale des solides même si cette question reste à travailler avec les élèves.

La proportion d'élèves construisant directement un patron est faible et n'a été observée que chez les élèves qui avaient rencontré la notion de patron dans les classes précédentes. Il est opportun de les laisser assembler les faces isolées puis au cours de la mise en commun d'essayer de trouver des solutions pour supprimer un morceau de scotch, puis deux, etc. Le patron est alors présenté comme une façon de juxtaposer les figures et d'utiliser moins de ruban adhésif.

Concernant les élèves qui tracent « au jugé », l'échec de leur construction leur permet de comprendre à minima qu'une technique instrumentée est nécessaire pour réussir. Il y a fort à parier que pour ces élèves les propriétés nécessaires des triangles ne soient pas encore accessibles en ces termes : « *Je dois au moins construire des triangles isocèles* ».

Trace écrite : Description d'une pyramide à base carrée.

Pour construire ce solide, de quelles informations avez-vous eu besoin ? Nombre et nature des faces, nombre d'arêtes, de sommets ; propriétés d'incidence (le terme n'est pas introduit) : deux faces juxtaposées se touchent par un côté de même longueur, un sommet est le point de rencontre d'au moins trois faces.

Séance décrochée

Recherche sur internet pour compléter le cartouche d'identification de la pyramide du Louvre et celui de la pyramide de Khéops pour le cahier d'histoire des arts.

Séance 4 : la pyramide et ses patrons

Compétences en jeu

- Mener une recherche exhaustive.
- Reconnaître des assemblages plans d'orientations différentes.
- Passer du plan à l'espace.

Compétences visées

Reproduire une figure complexe à main levée et compléter un patron de pyramide.

Matériel

Polydrons (un carré et quatre triangles équilatéraux par élève) ; une feuille A3 par binôme ; un support représentant 8 carrés ; un gabarit de triangle équilatéral en carton dont le côté a la même longueur que les côtés des carrés du support.

Production finale

Une trace écrite représentant les huit patrons de la pyramide à base carrée (Annexe 6b).

Activités prévues

- Étape 1 : les élèves en binômes doivent **rechercher à l'aide du matériel Polydron des assemblages plans différents de celui en étoile qui permettent de construire une pyramide**. Chaque assemblage validé par montage doit être reproduit à main levée sur l'affiche du binôme (Annexe 7).
- Étape 2 : les affiches sont exposées. La disposition aléatoire des assemblages et leur apparente similitude nécessitent de trouver des critères permettant de mener une recherche exhaustive afin de déterminer si tous les patrons ont été trouvés, mais également quelle équipe a trouvé le plus de patrons différents. La mise en commun des productions doit permettre aux élèves de comprendre que si on veut comparer les affiches, il faut **trouver un moyen de ranger les patrons dans le même ordre** sur toutes les affiches. Un critère de classement est recherché collectivement.
- Étape 3 : le critère choisi est le nombre de côtés du carré communs avec un côté de triangle (pour les élèves, le nombre de côtés du carré « occupés » par un triangle) : quatre côtés occupés (le patron en étoile), trois côtés occupés (l'oiseau), deux côtés opposés occupés (deux patrons), deux côtés consécutifs occupés (deux patrons), un côté occupé (deux patrons). Ce critère permet de **réaliser un affichage collectif ordonné des patrons de la pyramide** qui peut convaincre de l'exhaustivité de la recherche. Pour faciliter la communication, les élèves donnent des noms aux différents patrons (Annexe 6b).
- Étape 4 : les affiches sont cachées. Les élèves disposent maintenant du support individuel représentant huit carrés. À l'aide du gabarit de triangle équilatéral, ils doivent compléter les huit patrons de pyramide. Afin de n'oublier aucun patron, les élèves sont invités à **reproduire la recherche exhaustive menée collectivement**. Le matériel Polydron individuel est toujours disponible. Les productions sont recueillies pour analyse. Après correction, elles serviront de complément à la trace écrite sur la pyramide de la séance précédente.

Déroulement effectif

- Étape 1 : certains élèves ont essayé d'utiliser le matériel Polydron comme gabarit pour tracer les assemblages. D'autres ont utilisé la règle. Il a donc fallu leur rappeler la consigne qui était de reproduire les assemblages à main levée.
- Étape 2 : la mise en commun a montré que collectivement tous les patrons ont été trouvés. L'analyse des affiches des binômes a donné les résultats suivants :

Répartition de l'effectif	9	6	6	2
Pourcentage d'assemblages corrects trouvés	100%	87,5%	75%	62,5%

Cette réussite globalement satisfaisante peut partiellement s'expliquer par la possibilité de réaliser de multiples manipulations grâce au matériel.

- Étape 3 : la réalisation de l'affichage commun ordonné par le critère de tri (dont l'émergence nécessite un guidage soutenu) ainsi que le matériel toujours à disposition ont permis aux élèves de prendre conscience que l'orientation du patron sur la feuille n'était pas un critère de différence : il est nécessaire de faire bouger les figures dans sa tête pour pouvoir les comparer.

- Étape 4 : le choix de travailler avec un gabarit de triangle pour compléter les patrons de pyramide a permis de libérer les élèves des contraintes de tracé pour se focaliser sur le repérage des positions relatives des figures simples dans une figure complexe. Ils ont massivement investi l'outil à quelques exceptions près. L'analyse des productions individuelles a abouti aux résultats suivants:

Répartition de l'effectif	18	2	1	2
Pourcentage d'assemblages corrects trouvés.	100%	87,5%	75%	62,5%

Ces résultats montrent, qu'au pire, les élèves ne trouvent que cinq patrons (Annexe 6a). On peut supposer que c'est le repérage des positions relatives des triangles et du carré dans des assemblages complexes qui pose problème. Le travail sera poursuivi au cours de séances suivantes.

Éléments d'analyse

Au cours de la mise en commun, le matériel individuel est également indispensable car il permet aux élèves de vérifier par rotation ou retournement que les assemblages qu'ils proposent en les croyant nouveaux ont déjà été recensés. Cependant, le recours généralisé au matériel pendant la troisième étape laisse penser que les élèves n'ont pas atteint un niveau d'abstraction suffisant pour réaliser la tâche mentalement.

Concernant la mise en œuvre de la recherche exhaustive, 9 productions sur 23 ont été réalisées dans l'ordre décroissant du nombre de côtés du carré « occupés ».

Trace écrite

Les patrons de la pyramide viennent compléter la trace écrite sur la pyramide (sur l'un des patrons, il peut être utile de faire figurer les relations d'incidence en repassant de la même couleur les côtés qui se toucheront en une même arête).

Séance 5 : la maquette de la Pyramide du Louvre (premier essai)

Cette séance est divisée en deux phases, la seconde seulement est détaillée.

Compétences en jeu

Résoudre un problème relevant de la proportionnalité (échelle).

Compétences visées

Tracer le patron d'une pyramide et la fabriquer.

Matériel

Une feuille de calcul ; une feuille A4 comportant un carré de côté 5,1 cm.

Production finale

Une pyramide individuelle de base carrée de côté 5,1 cm.

Activités prévues

La première phase a pour but de **déterminer quelle doit être la longueur du carré** base de la pyramide pour que celle-ci soit à la même échelle que la maquette de l'arche réalisée à la deuxième séance. Le problème est posé à partir d'un tableau rempli par les élèves grâce

aux cartouches d'identification où sont rassemblées les dimensions réelles de l'arche et de la pyramide, ainsi que la longueur de la base de la maquette :

	Largeur de l'Arche de la Défense	Largeur de la Pyramide du Louvre	Hauteur de la Pyramide du Louvre
Dimensions réelles du monument (en m)	112	35,42	21,64
Dimensions de sa maquette (en cm)	16	(5,06)	(3,09)

Les élèves doivent compléter les deux cases vides. Le guidage de l'enseignant est nécessaire.

Dans la seconde phase, les élèves doivent **tracer un patron de pyramide à partir d'un carré déjà tracé** (mesurant 5,1 cm de côté, résultat approché au dixième du calcul précédent). Les patrons sont ensuite découpés et les pyramides construites.

Déroulement effectif

Les calculs réalisés lors de la phase 1 ont abouti à une longueur de côté de 5,1 cm et à une hauteur de la pyramide de 3,1 cm. Au cours de la phase 2, tous les élèves sans exception ont construit des triangles équilatéraux de côté 5,1 cm. Aucun élève n'a considéré la hauteur (3,1 cm) comme valeur pertinente pour sa construction.

Éléments d'analyse

L'analyse qui suit ne concerne que les activités géométriques. Tout d'abord, il est intéressant de remarquer que la technique de construction du triangle équilatéral au compas à partir d'un côté donné a été facilement acquise sans jamais avoir été montrée collectivement.

Une proportion importante de l'effectif (14 élèves sur 24) éprouve une satisfaction visible à tracer d'autres patrons que celui en étoile. Ils doivent pour cela tracer des triangles équilatéraux à partir de segments qu'ils ont eux-mêmes tracés. On peut donc supposer qu'ils acquièrent progressivement de la confiance dans la qualité de leurs tracés. C'est cette confiance que l'on va essayer de développer dans l'activité « concours de patrons » (séance 7).

La construction de pyramides à partir de patrons différents permet aux élèves de voir que certains patrons aboutissent à un assemblage plus esthétique que d'autres (ruban adhésif plus ou moins visible). À la fin de la séance, chaque élève dispose d'une pyramide dont la base est un carré de 5,1 cm de côté.

Séance 6 : la pyramide est trop haute !

Compétences en jeu

- Déterminer la hauteur d'un objet en forme de pyramide.
- Faire des essais pour résoudre un problème.
- Repérer les positions relatives de figures simples dans une figure complexe.

Compétences visées

- Tracer une figure à partir d'un schéma à main levée.
- Tracer un triangle dont on connaît les dimensions.

Matériel

La pyramide construite à la séance précédente ; une feuille A5 blanche ; une feuille A4 comportant un carré de côté 5,1 cm.

Production finale

Un patron de pyramide dont les dimensions sont celles qui ont été calculées au cours de la séance précédente.

Activités prévues

- Étape 1 : pour attirer l'attention des élèves sur la non-conformité de leur maquette, l'enseignant leur propose de **déterminer la hauteur de leur pyramide**. La consigne est volontairement ouverte pour ne pas induire la technique de mesurage. La hauteur mesurée (3,6 cm) ne correspond pas à la valeur attendue calculée à la séance 5 (3,06 cm). La maquette est trop haute de plus de 5 mm (c'est-à-dire 3,5 mm en réalité). La conclusion attendue est que « les côtés des triangles sont trop longs ».

- Étape 2 : le problème est posé : comment obtenir une pyramide de la bonne hauteur ? Par groupes, les élèves doivent **déterminer la longueur des côtés des triangles** de façon à obtenir la hauteur voulue. Les groupes qui n'auraient pas d'idée sont encouragés à se partager le travail : chaque membre du groupe construit un patron en prenant des valeurs décroissantes pour la longueur des côtés : 5 cm ; 4,9 cm ; 4,8 cm ; 4,7 cm ; 4,6 cm ; 4,5 cm. Les pyramides sont assemblées et leur hauteur mesurée.

- Étape 3 : la mise en commun des recherches doit aboutir à un accord sur la bonne hauteur. Un schéma à main levée du triangle qu'il faut tracer pour que la maquette ait la hauteur correcte est réalisé au tableau (deux côtés mesurant 4,7 cm et un côté mesurant 5,1 cm). La consigne est ensuite de **reproduire ce schéma sur feuille blanche puis de la compléter à main levée** pour obtenir un patron de la pyramide voulue et enfin d'y indiquer la longueur de chaque segment. Les élèves qui auraient terminé rapidement sont invités à schématiser d'autres patrons plus complexes en restant vigilants sur les indications de longueur. Les schémas sont mis en commun et validés (un carré et 4 triangles superposables dont deux côtés mesurent 4,7 cm et un côté mesure 5,1 cm).

- Étape 4 : les élèves doivent **construire aux instruments** (sur la feuille A4 où le carré est déjà tracé) le patron qu'ils ont schématisé. Pour cela, il faut savoir tracer un triangle dont ils connaissent les dimensions. La technique au compas est montrée au tableau. Pour l'instant, les productions ne sont pas découpées ni assemblées.

Déroulement effectif

Au cours de l'étape 1, plusieurs comportements ont été observés : certains ont mesuré les arêtes ; d'autres ont mesuré la hauteur d'une face triangulaire en plaçant intuitivement la règle perpendiculairement à sa base (valeur obtenue : 4,3 cm) ; d'autres enfin ont simulé une toise avec une équerre et une règle (valeurs obtenues entre 3,5 et 3,7 cm - Annexes 8a et 8b). La valeur correcte (3,6 cm) a été obtenue avec une toise miniature (on peut utiliser un pied à coulisse). La comparaison avec la valeur attendue (3,06 cm) a montré que la maquette était trop haute. Quelques élèves ont immédiatement évoqué le fait que les arêtes étaient trop longues.

L'étape 2 a permis aux élèves de comprendre que le tracé du patron devait être précis. En effet, certains d'entre eux obtiennent une pyramide plus haute que certains de

leurs camarades dont la pyramide avait pourtant des arêtes plus longues. Ce constat les a engagés dans un nouveau tracé.

Au cours de l'étape 3, il a fallu inciter certains élèves à abandonner l'usage du double décimètre pour tracer un segment de longueur connue au profit du compas. La difficulté majeure de cette phase de schématisation s'est avérée être le repérage des positions relatives des figures dans une figure complexe car cette fois, les triangles étaient isocèles et les élèves devaient donc déterminer pour chaque triangle lequel des trois côtés mesurait 5,1 cm. On aurait pu croire que cette difficulté induirait un repli stratégique vers le patron en étoile (le plus simple), cependant la répartition fut toute autre (Annexes 8c et 8d) :

oiseau	crochet	chauve-souris	bateau	fusée	étoile
2	3	5	2	9	2

Dans certains groupes, il a fallu rappeler que les triangles devaient être semblables à celui du tableau pour que les élèves corrigent les productions qui comportaient des triangles équilatéraux de côté 4,7 cm.

Les patrons de l'étape 4 ont été largement réussis : les patrons qui devaient être repris étaient exclusivement des patrons en fusée. Cependant la répartition des patrons tracés aux instruments fut différente de celle des patrons schématisés à main levée (Annexes 8e et 8f) :

oiseau	crochet	chauve-souris	bateau	fusée	étoile
0	3	4	0	6	10

Éléments d'analyse

La comparaison des deux tableaux ci-dessus appuie l'observation faite en classe : les élèves n'utilisent pas forcément leur schéma pour tracer le patron aux instruments. Cela pourrait s'expliquer par le fait que cette étape de schématisation semble contre-intuitive pour nombre d'élèves : représenter à main levée un segment dont on indique ensuite la longueur sans savoir combien il mesure en réalité (puisque l'on ne le mesure pas) est en contradiction pour ces élèves avec ce qu'ils ont cru comprendre de la géométrie à l'école. Il y a cependant une autre explication possible : si les élèves réussissent aisément à tracer les deux côtés manquants d'un triangle si ceux-ci sont égaux, ils semblent éprouver plus de difficultés à tracer deux côtés de longueurs différentes. Ce qui expliquerait pourquoi ils se replient massivement sur le patron en étoile où il n'y a que des côtés égaux à tracer.

Trace écrite

Définition et propriétés des triangles ; technique de tracé des triangles au compas.

Séance décrochée

Construire des triangles dont les dimensions sont données.

Séance 7 : le concours de patrons

Cette séance n'a pas pour but d'acquérir de nouvelles connaissances mais d'affermir des compétences déjà travaillées.

Compétences en jeu

- Repérer les positions relatives des figures simples dans une figure complexe.

- Mener une recherche exhaustive.

Compétences visées

- Compléter un patron de pyramide.
- Tracer une figure à partir d'un schéma à main levée.
- Compléter le dessin d'un triangle dont on connaît les dimensions.
- Vérifier la nature d'une figure aux instruments.

Matériel

Une feuille format A3 pour quatre élèves ; une feuille individuelle où le carré (base de la pyramide) est tracé.

Production finale

Pour chaque élève, un patron de pyramide (différent de l'étoile et de l'oiseau) dont les dimensions sont celles qui ont été calculées au cours de la séance 5.

Activités prévues

C'est un jeu à points par équipe de 4 (groupes hétérogènes) qui suit les règles suivantes :

- Règle n°1 : chaque membre de l'équipe doit tracer un patron de pyramide différent des autres.
- Règle n°2 : chaque triangle correct (évaluation par le maître avec un calque correctif) rapporte 1 point.
- Règle n°3 : chaque côté commun à deux triangles rapporte 1 point de bonus.
- Règle n°4 : chaque côté commun au carré ne rapporte rien.

Reformulation par les élèves : « *Un triangle qui ne touche pas le carré rapporte 1 point ; un triangle qui touche le carré ne rapporte rien.* »

Ces règles sont imposées pour favoriser la réalisation de patrons dans lesquels les triangles sont des constructions indirectes (le deuxième triangle dépend de la qualité du premier, etc.) et qui requièrent donc plus de précision dans le tracé. Ces règles sont également supposées détourner les élèves du patron en étoile (où il faut tracer quatre triangles isocèles en conservant l'écartement de compas constant de 4,7 cm.) vers des patrons où les côtés à construire n'ont pas la même longueur (4,7 ou 5,1 cm).

- Étape 1 : les règles du jeu sont présentées. Les élèves doivent déterminer quels sont les patrons de pyramide qui rapportent le plus de points. Pour faciliter la communication, la classe se met d'accord sur le nom à donner à chaque patron. Les élèves vont ensuite **tracer les huit patrons à main levée** sur une feuille A3 puis estimer leur valeur : l'étoile, 0 point de bonus ; l'oiseau, 1 point ; la fusée, 2 points ; le crochet, 3 points, etc. Un bon choix stratégique de l'équipe permet d'obtenir un bonus de 10 points alors qu'un mauvais choix ne rapporte que 5 points. Une mise en commun permet de s'assurer de la compréhension des règles du jeu.

- Étape 2 : sur les quatre schémas de patrons choisis par l'équipe, les élèves indiquent les longueurs prévues de tous les segments. Puis, ces quatre schémas sont répartis entre les membres de l'équipe qui réalisent le **tracé du patron aux instruments**.

- Étape 3 : **chaque patron terminé est vérifié** aux instruments par un autre membre de l'équipe. Le but est de vérifier que tous les triangles tracés ont les dimensions souhaitées : un côté de 5,1 cm et deux côtés de 4,7 cm. Quand le patron a été validé, les segments sont repassés au stylo bille et les traits de construction effacés. Une photocopie de chaque production est réalisée pour les besoins de la séance suivante.

Déroulement effectif

La mise en commun à l'issue de l'étape 1 n'a pas été nécessaire car tous les groupes ont aisément déterminé la valeur de chaque patron. Tous les groupes ont fait le choix optimal : deux patrons à 3 points et deux patrons à 2 points.

Au cours de l'étape 2, la présence dans chaque groupe d'un élève pour qui l'orientation des figures ne posait pas de problème a permis aux groupes d'auto-valider leurs quatre schémas à main levée sans intervention du maître (Annexe 9).

La vérification des patrons terminés par les autres membres de l'équipe n'a pas été aussi systématique que prévu. Il a été nécessaire d'insister auprès des groupes pour que chaque patron soit bien vérifié aux instruments avant d'être repassé au stylo. Les patrons ont été recueillis sans être assemblés. Hors classe, la correction faite avec un calque a permis de calculer les points de chaque équipe. Le choix des patrons rapportant le même bonus à toutes les équipes, la différence s'est faite sur la qualité de chaque triangle : les résultats s'échelonnent de 9 à 13 points sur 16, avec globalement près de 65 % de triangles corrects.

Éléments d'analyse

Contrairement à la séance 4, où le schéma à main levée n'était pas forcément utilisé comme modèle, cette fois, il est utilisé dans tous les cas. Or, il n'y a plus de patron en étoile ou en oiseau. Pour chaque patron, il y a donc au moins deux triangles à construire pour lesquels les longueurs des côtés manquants sont différentes. Cette difficulté, accrue par rapport à la séance précédente explique que la réussite soit si moyenne. Cela conforte l'hypothèse selon laquelle les élèves qui doivent construire les deux côtés manquants d'un triangle tracent intuitivement deux côtés égaux.

Séance décrochée

Il s'agit d'une deuxième chance. Une séance courte a été proposée aux équipes pour améliorer leur score. Les élèves dont le patron n'était pas totalement réussi ont inscrit sur celui-ci les longueurs « idéales ». Ces dimensions ont été validées par les autres membres de l'équipe (cela permettait de s'assurer que la compétence travaillée était bien le tracé des côtés du triangle et non l'orientation des figures). Les patrons ont été refaits avec l'aide et les conseils de ceux qui avaient réussi à la séance précédente. À l'issue de cette séance, la réussite est montée à 80% de triangles corrects.

Séance 8 : les poutres de la pyramide

Remarque préliminaire : à moins de disposer d'une vue perpendiculaire à une face de la pyramide du Louvre, il n'est pas possible de prouver le parallélisme des poutres. Toutefois, l'annexe 10a montre une photo complétée par le maître à partir de laquelle il est possible de travailler¹.

¹ Le lien <http://fr.structurae.de/structures/data/index.cfm?id=s0000295> permet d'avoir accès aux informations techniques et de confirmer ce parallélisme.

Compétences en jeu

- Reconnaître que des droites sont parallèles.
- Anticiper le résultat d'un tracé.

Compétences visées

Tracer un réseau de droites parallèles.

Matériel

Photographies de la séance 3 ; la pyramide individuelle construite à la séance 3 ; une photocopie du patron tracé à la séance précédente.

Production finale

Le patron de pyramide avec huit poutres (segments parallèles) tracées par face.

Activités prévues

- Étape 1 : en observant les photographies de la séance 1, les élèves sont interrogés sur **la propriété commune des poutres de la pyramide du Louvre** : elles sont parallèles aux arêtes issues du sommet (Annexe 10a).

- Étape 2 : pour que leur maquette soit plus ressemblante à son modèle, les élèves sont invités à **tracer ces poutres sur la pyramide** qu'ils ont assemblée au cours de la séance 3. Devant l'impossibilité pratique de tracer sur le solide, une solution technique est proposée : tracer les poutres sur le patron. Les élèves démontent leur pyramide et tracent les poutres (construction de segments parallèles « au jugé ») puis remontent la pyramide. Dans cette phase, l'objectif est de déterminer l'orientation des poutres sur le patron afin d'anticiper leur orientation dans le solide final ; le parallélisme strict des segments tracés n'est pas l'objectif de cette séance.

- Étape 3 : la mise en commun des pyramides doit permettre d'attirer l'attention des élèves sur le fait qu'il n'y a pas de poutres horizontales dans la vraie pyramide (on anticipe qu'il y en aura dans certaines de leurs productions). Les segments à tracer doivent donc être parallèles aux côtés de 4,7 cm et non à ceux de 5,1 cm. On observe également, pour des critères esthétiques, que les segments doivent être répartis de façon uniforme (l'espacement entre tous les segments doit être égal). Pour résoudre ces deux problèmes, un schéma est tracé au tableau pour **expliquer la démarche à suivre** (Annexe 10b) :

1. On partage chaque segment de 5,1 cm en cinq (un point tous les centimètres).
2. De chacun des quatre points obtenus sont issus deux segments parallèles aux deux autres côtés.

- Étape 4 : les élèves doivent **réaliser un nouvel essai de tracé des segments** sur la copie du patron de la séance précédente. Si la mise en commun des productions montre que l'imprécision des tracés nuit à l'esthétisme général de la maquette, l'enseignant propose d'utiliser une technique permettant de tracer des parallèles (cf. séance décrochée).

Déroulement effectif

Le parallélisme des poutres a fait débat car sur certaines prises de vue, celles-ci semblent converger. Cependant, le travail effectué en début de progression sur les transformations subies par les figures géométriques sur une photographie (la divergence des arêtes parallèles

de l'Arche photographiée en contre-plongée par exemple) a permis aux élèves de convenir que les poutres étaient bien parallèles dans la réalité.

Au cours de l'étape 2, certains élèves ont proposé de tracer les poutres directement sur un autre patron, il a été nécessaire de leur suggérer de démonter leur pyramide. Sur l'ensemble des pyramides démontées, il y avait 12 patrons en étoile. Après tracé puis remontage, huit pyramides (dont une seule avait un patron en étoile) comportaient des poutres horizontales. Dans 16 pyramides sur 24, les poutres avaient donc une orientation correcte.

Au cours de la troisième étape, il n'y avait plus de patrons en étoile puisqu'on utilisait les patrons de la séance 7 (contraintes induites par les règles du jeu). Pourtant, 18 pyramides ont été réussies (les segments ont une orientation correcte sans être cependant parfaitement parallèles dans tous les cas). Concernant le reste de l'effectif, quatre élèves ont commis une erreur sur une face (trois faces correctes), et deux élèves ont tracé des poutres horizontales sur trois faces (une face correcte - Annexes 10c et 10d).

Éléments d'analyse

Le taux de réussite de l'étape 3 est satisfaisant car la difficulté était plus grande qu'à l'étape 2. Cette réussite peut s'expliquer ainsi : le repérage et le partage systématiques des segments de 5,1 cm permettent aux élèves d'orienter (face après face) leur figure de façon à placer le segment partagé « horizontalement » devant eux et ainsi se retrouver dans le cas de figure du tableau. Les productions non conformes ont justement été réalisées par des élèves qui se refusent à changer l'orientation de leur feuille et travaillent sur une figure statique où ils ne parviennent pas à anticiper l'orientation des segments à tracer.

Cette réussite permet aussi de dire que les élèves ont globalement une idée intuitive de ce à quoi doivent ressembler des segments parallèles sans pour autant éprouver le besoin d'instrumenter leur tracé afin d'obtenir des réseaux strictement parallèles : pour l'instant, le tracé « au jugé » leur convient. L'objet de la séance décrochée est justement de passer de cette approche perceptive à une technique de tracé efficace.

Séance décrochée

Rappel de la définition des droites parallèles et des droites perpendiculaires, technique de tracé de droites parallèles ; exercices d'entraînement (notamment tracer la perpendiculaire à une droite passant par un point donné).

Séance 9 : la maquette finale

Remarque préliminaire : plusieurs méthodes sont possibles pour tracer les réseaux de poutres parallèles. La plus efficace est de partager toutes les arêtes en cinq segments de même longueur puis de tracer le réseau de droites joignant les points du côté du carré à leurs correspondants des deux autres arêtes. Cette méthode correspond à la propriété des réseaux de parallèles suivante : tout réseau de parallèles équidistantes découpe sur une sécante des segments de même longueur. Mais cette propriété ne relevant pas explicitement du programme de l'école primaire, le choix a été fait de s'appuyer sur la définition (ci-dessous) même si la tâche de l'élève s'en trouve complexifiée.

Connaissances en jeu

Deux droites qui sont perpendiculaires à une même droite sont parallèles.

Compétences visées

Tracer un réseau de droites parallèles en utilisant la propriété de perpendicularité à une même droite. Et anticiper le résultat d'un tracé.

Matériel

Patron de la séance 7.

Production finale

Pour chaque élève, une maquette de la pyramide du Louvre à l'échelle 1/700^{ème} comportant 32 poutres.

Activités prévues

- Étape 1 : les segments de 5,1 cm sont partagés en cinq avec une machine à partager (Annexe 11a) : on obtient quatre points. En collectif, le maître rappelle que pour **tracer un réseau de parallèles** à une droite donnée d1, il faut commencer par tracer une perpendiculaire d2 à cette droite (rappel de la séance décrochée). On trace ensuite les droites perpendiculaires à d2 passant par les points repérés sur le segment de 5,1 cm. Les segments représentant les poutres sont repassés au stylo. Le gommage pas-à-pas des traits de construction est conseillé pour éviter les confusions. L'opération est répétée sur chaque côté de 4,7 cm jusqu'à ce que toutes les poutres soient tracées.

- Étape 2 : le patron est découpé et la pyramide assemblée avec du ruban adhésif. **Les élèves vérifient l'orientation des poutres** à l'aide d'une photo. Ils vérifient également que la hauteur de leur maquette est conforme à la hauteur attendue ($\approx 3,1$ cm). Ils sont enfin invités à comparer leurs deux maquettes (la pyramide et l'arche) : dimensions respectives, comparaison des hauteurs, des largeurs, combien de pyramides pourrait-on ranger dans l'arche, etc.

Déroulement effectif

Le repérage et le partage des segments de 5,1 cm ont été rapides, car les élèves les avaient déjà faits au cours de la séance précédente. La technique de construction a été bien comprise et investie (Annexe 11b). La technique complémentaire utilisant conjointement la règle et l'équerre (l'équerre se déplace le long de la règle qui matérialise la direction de la perpendiculaire) a été montrée localement sans toutefois revêtir un caractère obligatoire car elle pose des problèmes de motricité à certains élèves (trois outils pour deux mains).

La tâche proposée s'est révélée longue et répétitive. Elle demandait beaucoup d'attention notamment pour déterminer l'emplacement des perpendiculaires de construction. Il en a découlé une grande variabilité dans les vitesses de traitement. Il a fallu environ 30 minutes aux élèves les plus rapides pour terminer leur pyramide (Annexe 11c) et un quart d'heure supplémentaire pour que le plus grand nombre ait terminé (22 élèves sur 24). Il ne semblait pas raisonnable de prolonger la séance au-delà même si certains n'avaient pas terminé. Les tracés ont été terminés ultérieurement.

Éléments d'analyse

Les pyramides obtenues étaient toutes réussies même si dans certains cas les réseaux de parallèles de deux faces adjacentes ne se coupaient pas au même point de l'arête commune. La surface réduite sur laquelle les segments devaient être tracés a permis d'obtenir un rendu

esthétique satisfaisant sans que le tracé soit parfait. Les élèves ont ainsi construit un capital confiance qu'ils pourront réinvestir dans d'autres activités géométriques.

Les deux élèves qui ne parvenaient pas à anticiper l'orientation des segments au cours de la séance précédente n'y sont pas davantage parvenus. Même avec l'aide de leurs camarades ou le guidage du maître, ils ne réussissent plus une fois seuls. Il est intéressant de remarquer que ces élèves sont des élèves en difficulté de manière générale. Le défaut d'orientation dans l'espace qui les empêche de réussir cette tâche ne pourrait-il pas être en relation avec certaines des difficultés qu'ils ont accumulées au cours des années ?

Ainsi s'achève la progression consacrée à la pyramide du Louvre. Outre l'intérêt qu'elle suscite chez les élèves, la réalisation de cette maquette permet à l'enseignant d'extraire les difficultés saillantes (pour représenter les poutres, il faut savoir tracer des parallèles), de les traiter hors projet (séance décrochée sur les droites parallèles), puis de réinjecter les compétences nouvellement construites dans le projet (maquette finale).

La première phase du projet s'achève avec la construction des maquettes des arcs de triomphe du Carrousel et de l'Étoile (travail sur le parallélogramme rectangle) puis avec la reconstitution de l'Axe Royal à l'échelle 1/700^{ème} (travail sur la lecture de carte et les problèmes d'échelle).

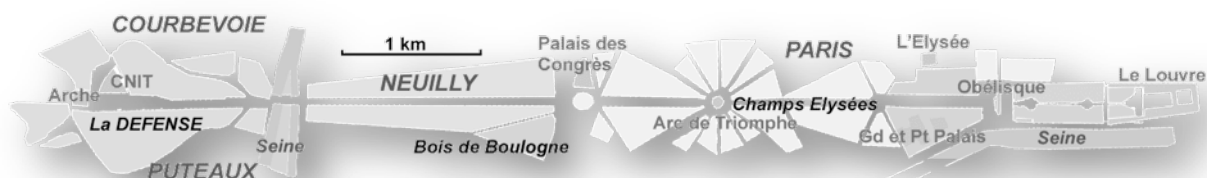
La seconde phase du projet est consacrée à la réalisation des mêmes maquettes à l'échelle 1/280^{ème}. Il faut pour cela retravailler les compétences relatives à l'agrandissement de figures, à la notion de périmètre (pour choisir le patron ayant le plus petit périmètre), ou à la notion d'aire (pour prévoir la quantité de peinture nécessaire). Mais ceci est une autre histoire...

Remerciements

Je tiens à remercier Mme Catherine HOUEMENT, Maître de conférences en Didactique des Mathématiques à l'IUFM de l'Université de Rouen pour ses conseils et ses encouragements.

ANNEXES

Annexe 1a – Un plan de l'Axe Royal



Annexe 1b – L'Axe Royal vu du toit de l'Arche

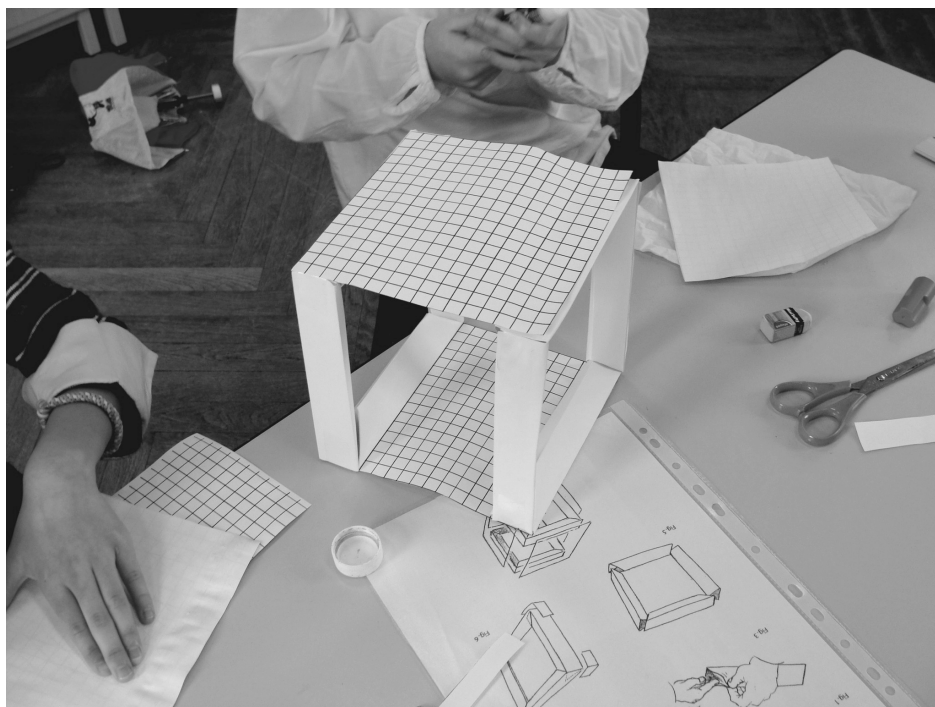


Annexe 2 – Une histoire rapide de l’Axe Royal

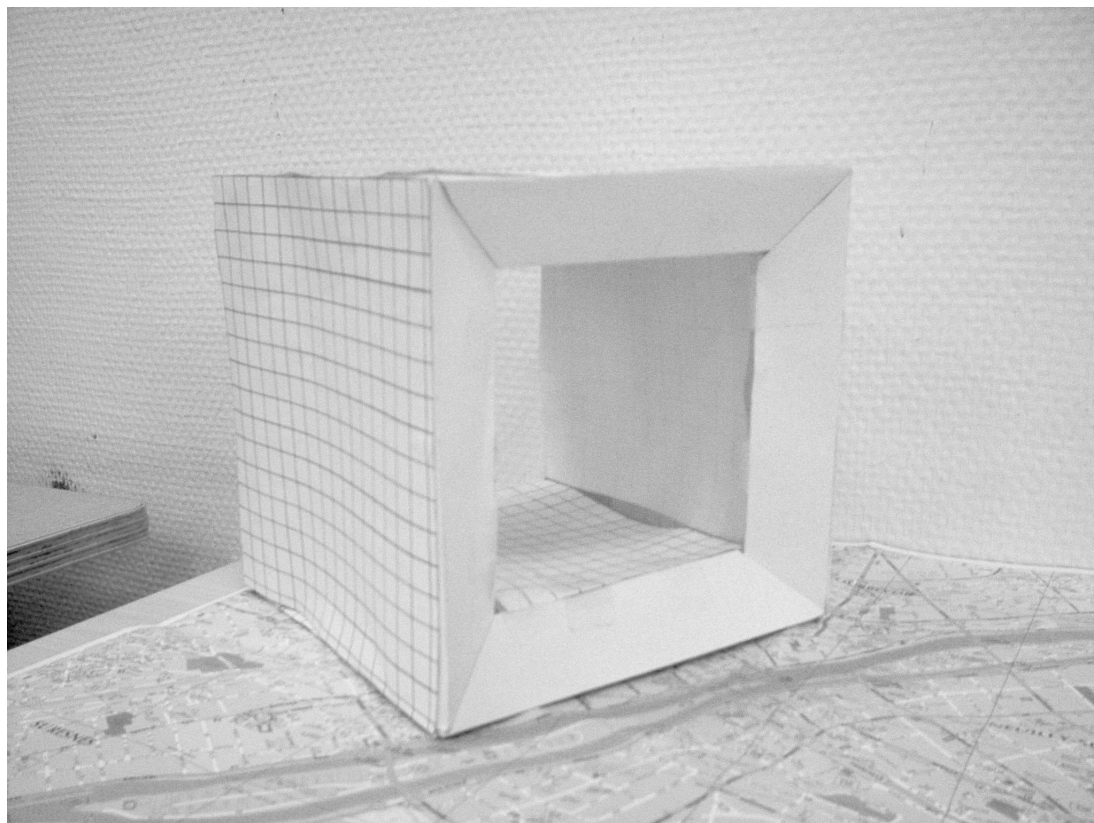
L’aventure architecturale commence vers 1200 quand Philippe Auguste fait ériger la forteresse du Louvre pour faire face à la menace anglo-normande (les vestiges de la Grosse Tour sont toujours visibles sous la cour carrée du musée du Louvre). Sous Charles V, la forteresse devient palais. En 1564 débute la construction du palais des Tuileries pour la reine mère Catherine de Médicis ; le palais reste inachevé mais les jardins sont magnifiques. Avec l’accession au trône d’Henri IV naît le Grand Dessein : relier les palais du Louvre et des Tuileries. La direction de l’axe est donnée. Le projet commence par la construction de la Grande Galerie au bord de la Seine. Au cours des siècles suivants les plus grands artistes, architectes, peintres, sculpteurs apporteront leur pierre à l’édifice : Le Mercier, Le Vau, Poussin, Lebrun, Goujon, etc. Le Grand Dessein ne sera finalement achevé que trois siècles plus tard. Parallèlement, l’axe royal continue son essor. En 1666, la perspective s’ouvre quand Le Nôtre, jardinier du Palais, redessine le jardin des Tuileries, l’avenue des Champs-Élysées est ensuite percée dans l’axe de l’allée centrale du jardin. Du palais des Tuileries où il s’est installé, Louis XIV peut voir les coteaux parisiens. En 1760, l’axe est prolongé jusqu’à Courbevoie. En 1806, Napoléon fait ériger un arc de triomphe pour commémorer les victoires de sa Grande Armée. Il choisit l’emplacement où Louis XIV fit donner une fête équestre de 2 jours pour la naissance de son fils : le Carrousel. Cet arc servira d’entrée monumentale au palais des Tuileries. L’autre arc de triomphe commandé par l’empereur pour la place de l’Étoile ne sera achevé qu’en 1836 sous Louis-Philippe. En 1857, la place du Carrousel a été « déblayée » par le baron Haussmann, les deux palais ont été reliés, Napoléon III inaugure le Nouveau Louvre. En 1871, pendant la Commune, le palais des Tuileries est en flammes, en 1882, les ruines sont rasées et la perspective s’ouvre du Louvre au quartier de la Défense. Cent ans plus tard, la rénovation du Louvre est décidée par le président François Mitterrand. Le projet du Grand Louvre est confié à l’architecte américain Pei. Seul élément visible de l’extérieur de cette réorganisation complète du musée, sa pyramide de verre est inaugurée au printemps 1989. Quelques mois plus tard, à l’autre extrémité de l’axe, est inauguré un autre monument commandé par François Mitterrand pour achever la perspective. La Grande Arche de la Fraternité, projet du danois Van Spretkelsen qui « ouvre » symboliquement la perspective sur l’avenir met un point final (?) à cette aventure architecturale de près de huit siècles. Il pourrait paraître rapide de résumer en quelques mots les contributions successives des plus grands artistes de leur temps à la beauté de la Ville Lumière ; malheureusement ce n’est pas le propos. Cependant, de plus amples explications sur cette aventure sont disponibles dans les ouvrages suivants :

- *Mémoires du Louvre*, G. Bresc, Découvertes Gallimard.
- *Le Louvre en dates et en chiffres*, S. Prigent, Éditions Jean-Paul Gisserot.
- *L’arc de triomphe de l’Étoile*, D. Fernandes, G. Plum, I. Rouge-Ducos, Éditions du patrimoine.
- *Histoire et dictionnaire de Paris*, A. Fierro, Robert Laffont.

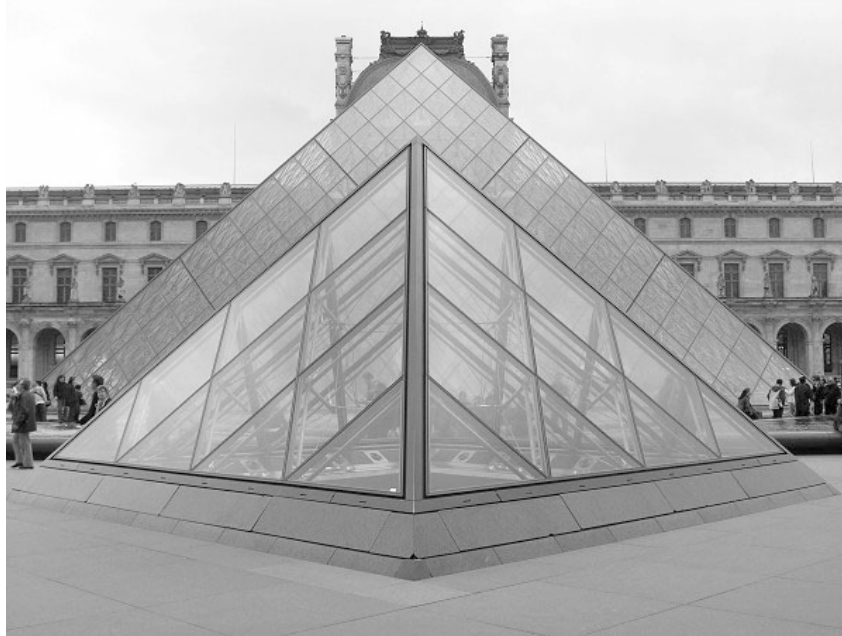
Annexe 3a – La maquette de l'arche en construction



Annexe 3b – Une maquette de l'arche terminée



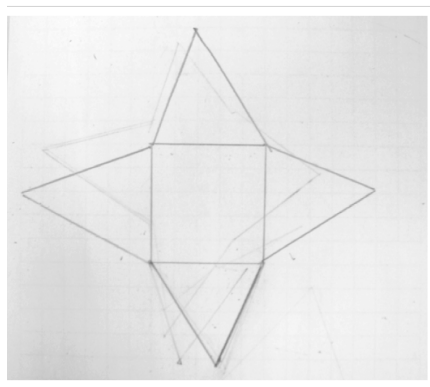
Annexe 4a – Deux vues de la pyramide du Louvre



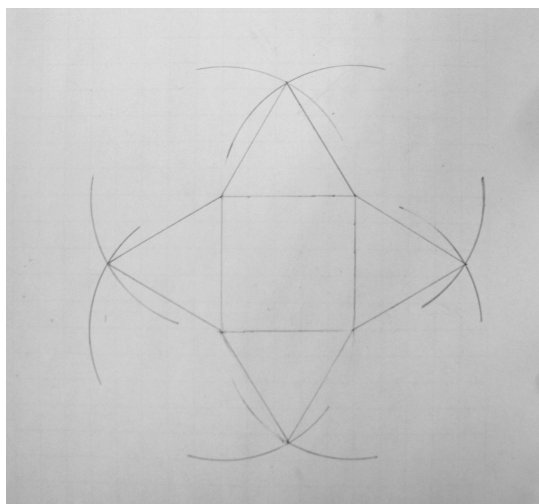
Annexe 4b – Deux vues de la pyramide du Louvre



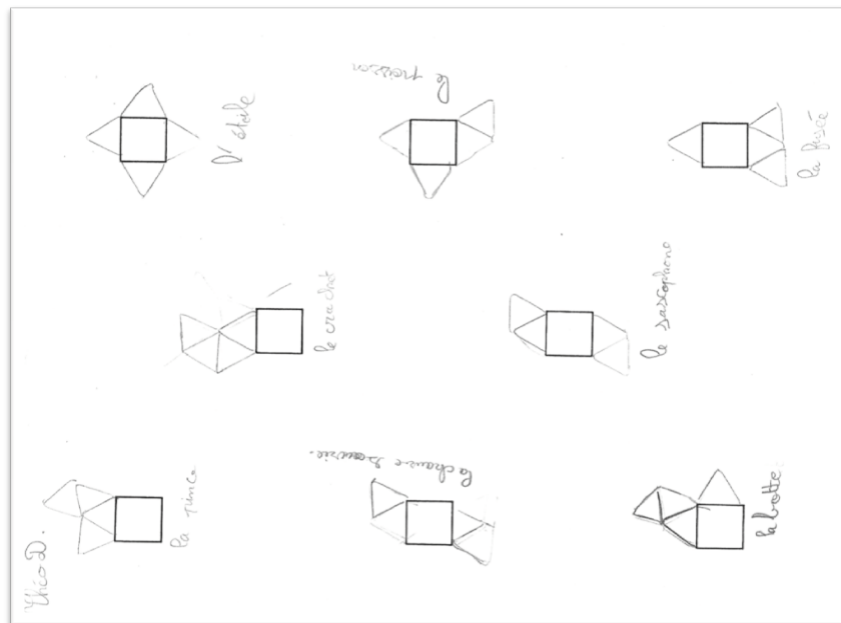
**Annexe 5a – Une production dans laquelle les triangles
ne sont pas superposables**



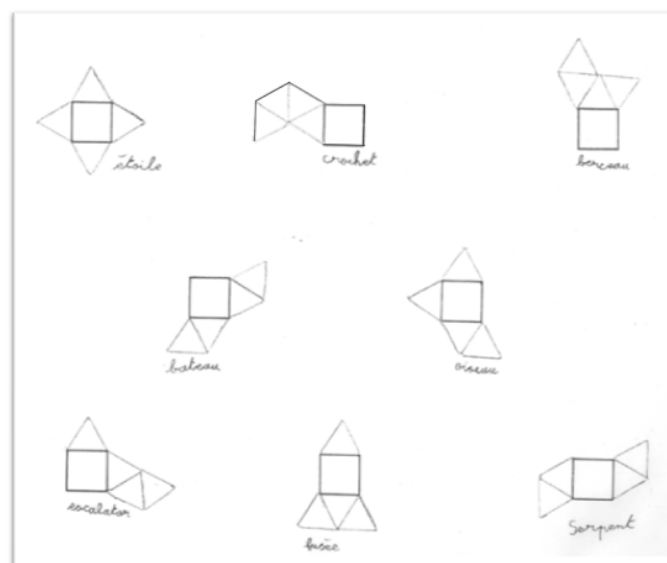
**Annexe 5b – Construction des triangles par report au compas de la longueur
du côté du carré**



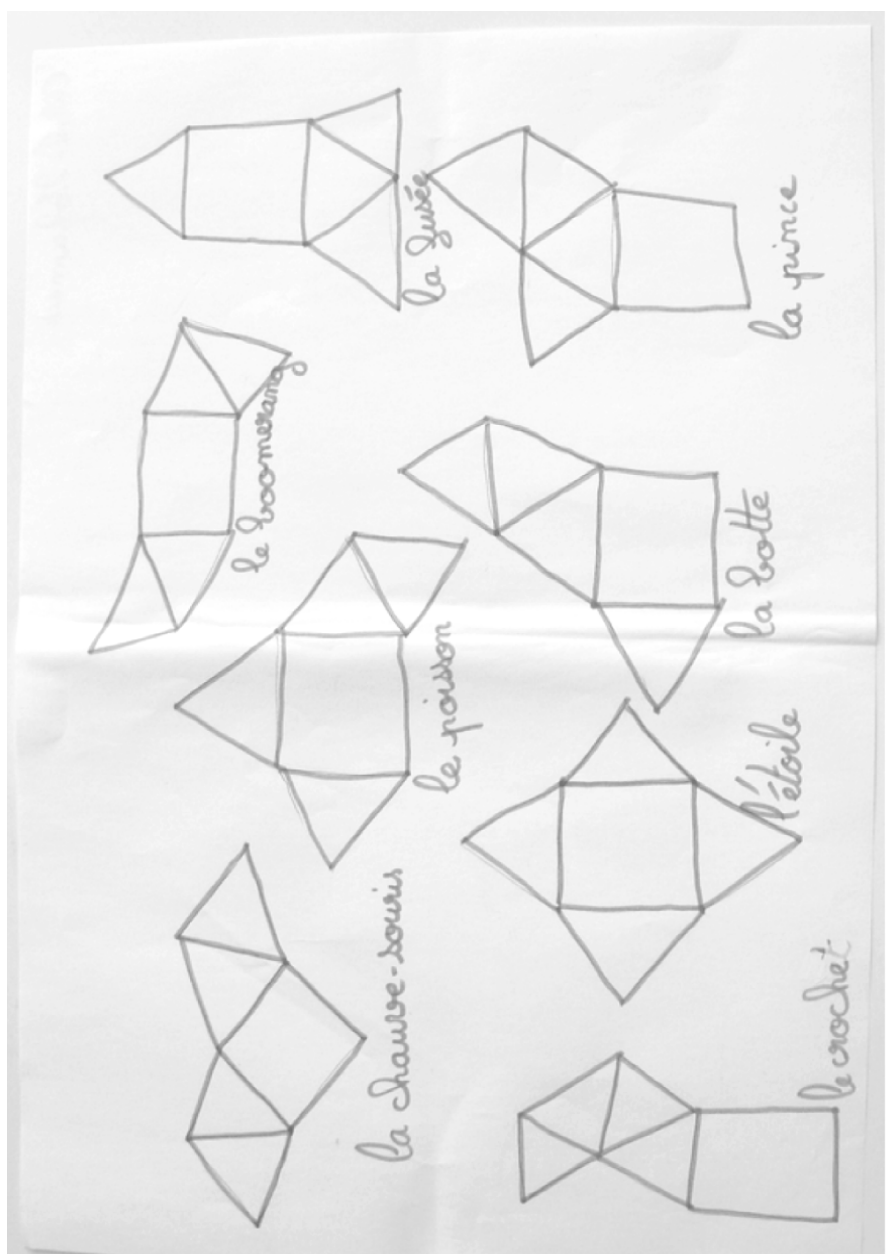
Annexe 6a – Théo a trouvé 6 patrons différents, un doublon et un patron impossible.



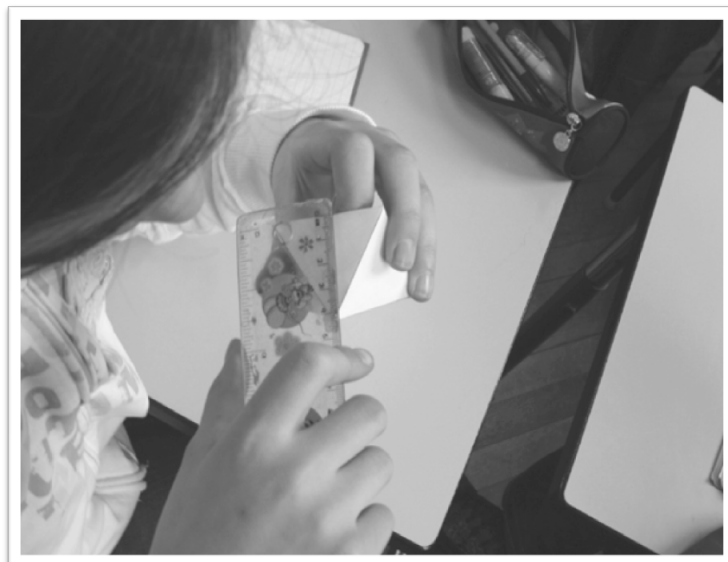
Annexe 6b – Une production complètement réussie



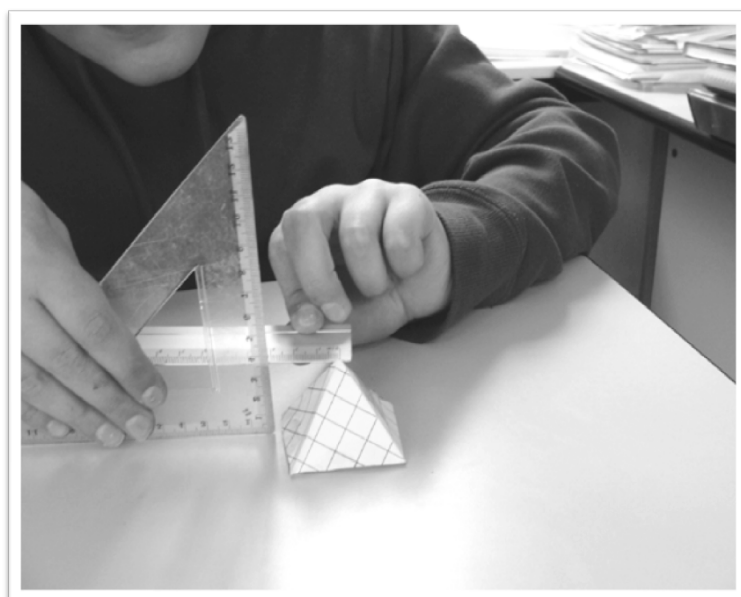
Annexe 7 – Recherche de patrons menée par un groupe. Il y a visiblement un seul élève qui écrit, les autres conseillent et valident.



Annexe 8a – Certains élèves mesurent la hauteur d'une face.

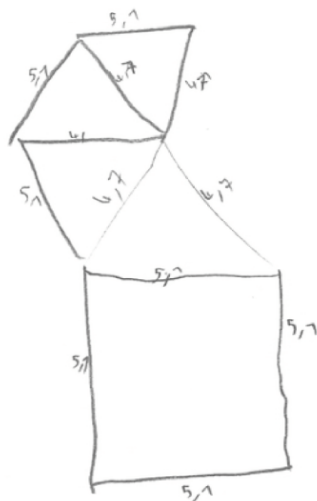


Annexe 8b – D'autres mesurent la hauteur de la pyramide.



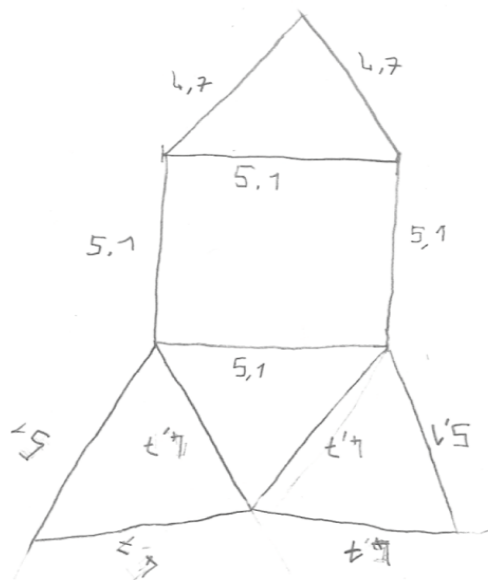
Annexe 8c – Dans ce schéma à main levée, on voit bien le triangle de départ (celui du centre) qui représente celui du tableau noir, ainsi que les figures qui ont été rajoutées.

Hugo

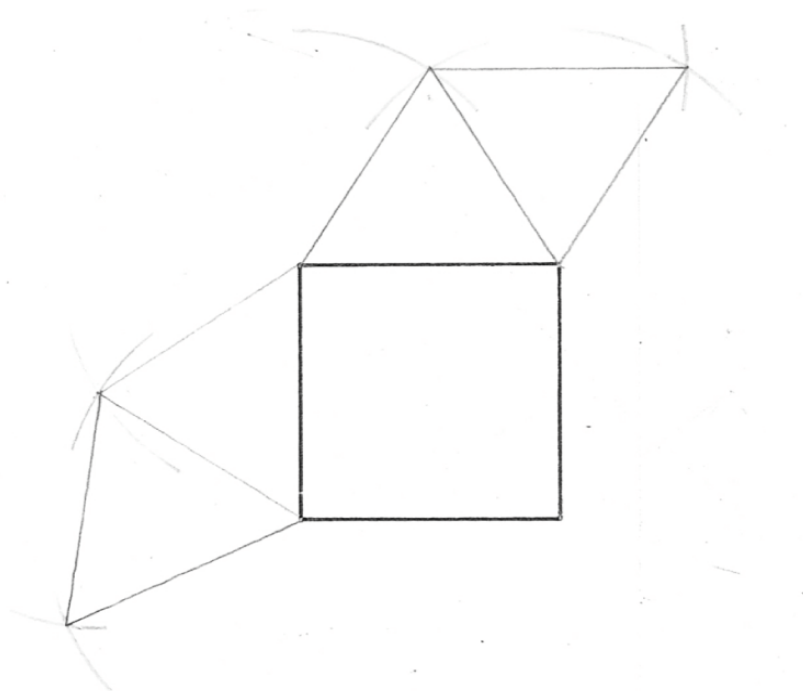


Annexe 8d – Les deux sens d'écriture montrent que Mohamed doit faire tourner la feuille pour prévoir la longueur des côtés.

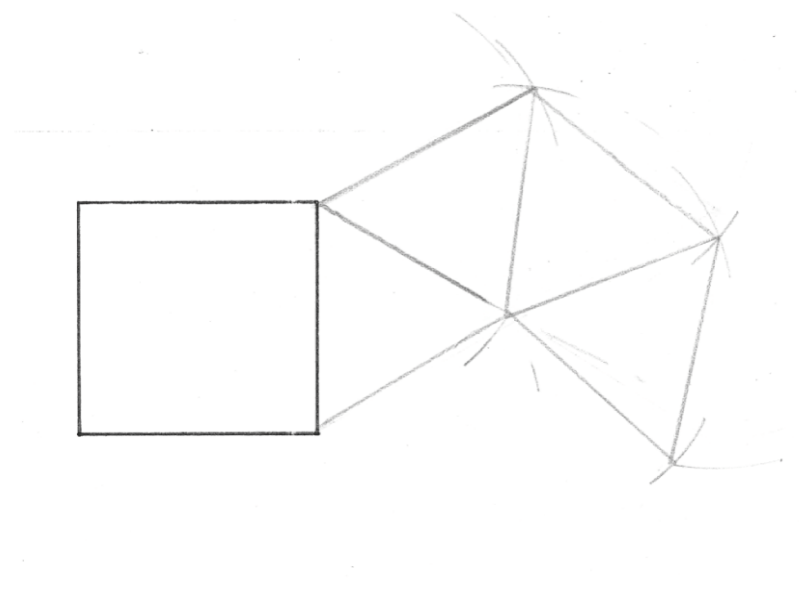
Mohamed



**Annexe 8e – Première tentative de patron différent de l'étoile (sans consigne).
Deux triangles sont des constructions indirectes.**

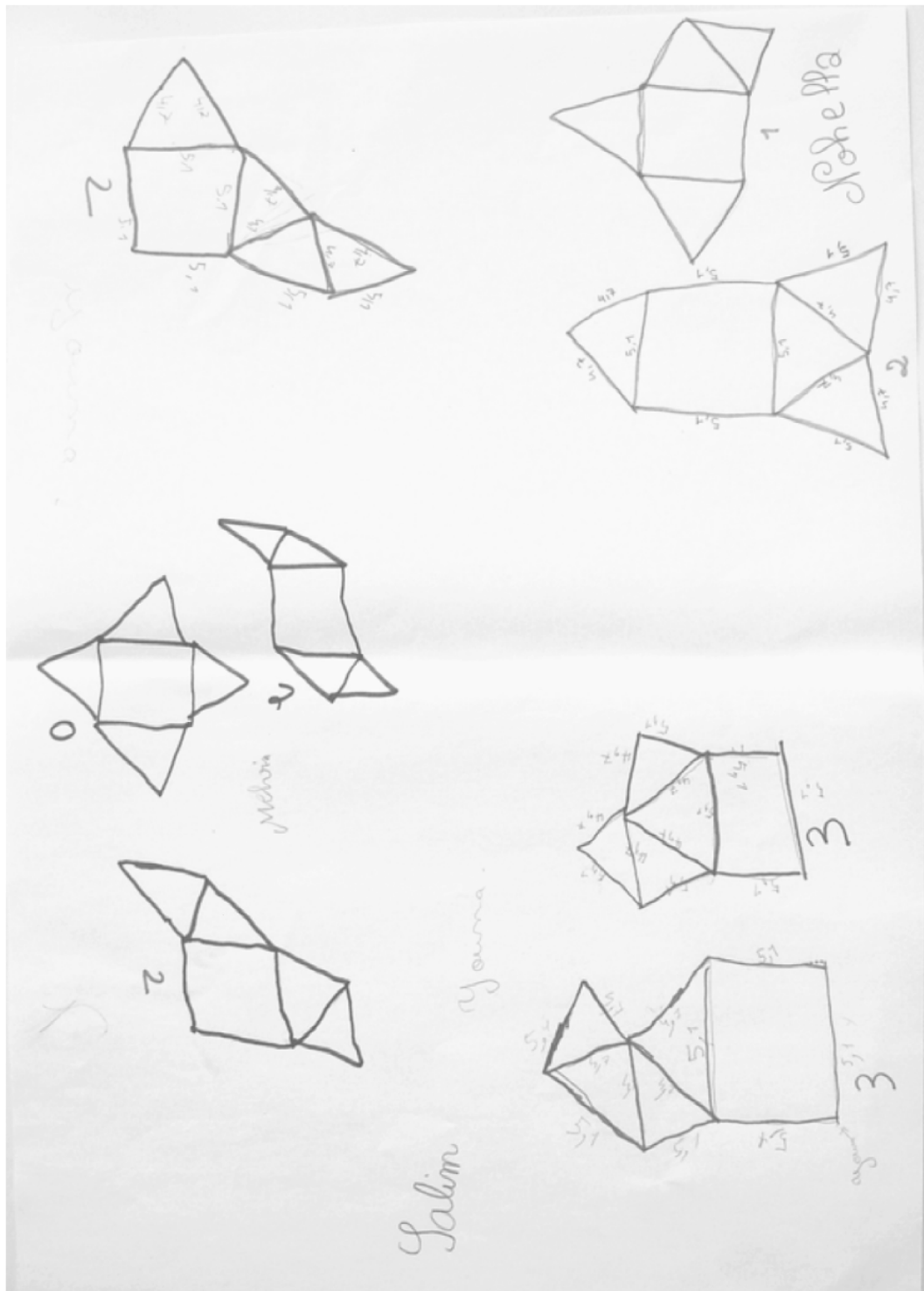


**Annexe 8f – Prise de risque supérieure, trois triangles
sont des constructions indirectes.**

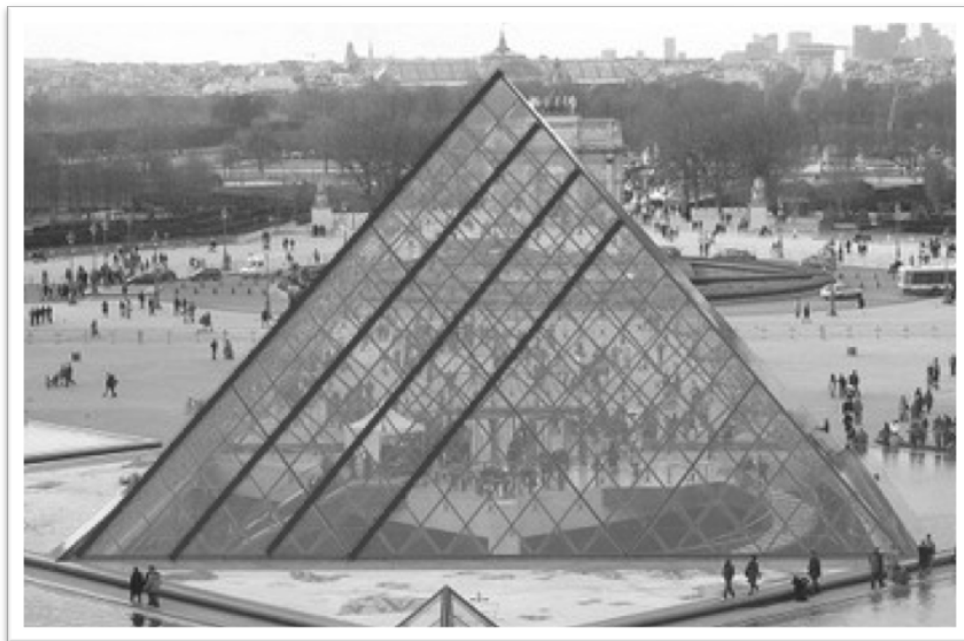


Annexe 9 – La production de ce groupe montre qu'ils ont déterminé la valeur de chaque patron.

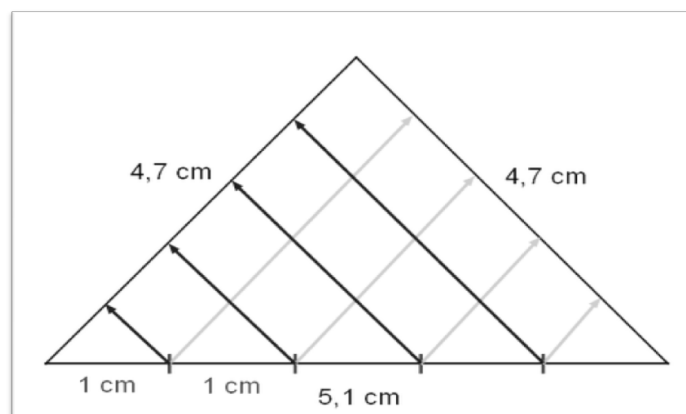
Sur les 4 patrons choisis, les indications de longueur sont correctes.



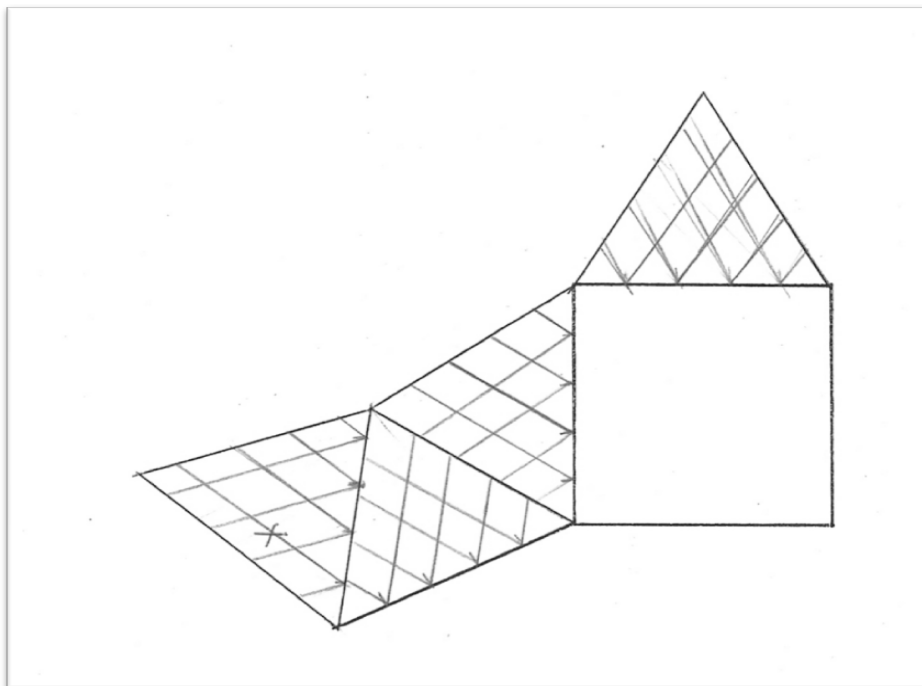
Annexe 10a – Image du diaporama montré aux élèves pour déterminer l'orientation des poutres.



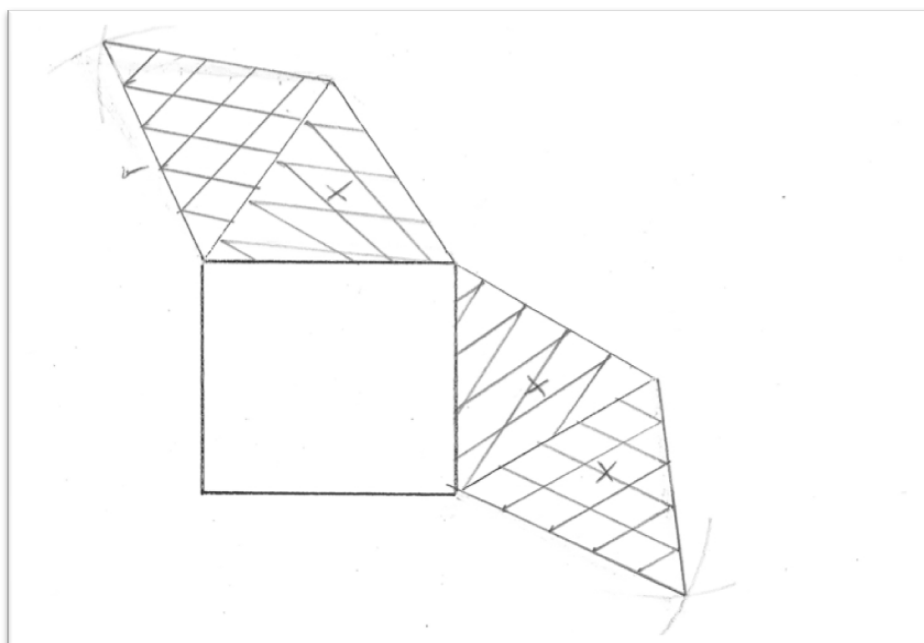
Annexe 10b – Reproduction du schéma tracé au tableau pour que les élèves suivent toujours le même protocole : partager le segment en cinq, puis tracer deux droites issues de chaque point.

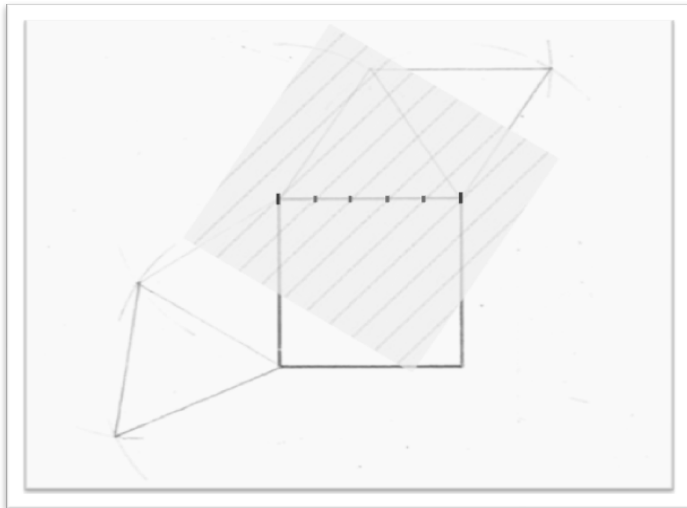


Annexe 10c – Dans cette production, une seule face est incorrecte car le segment de 5,1 cm n'a pas été repéré.

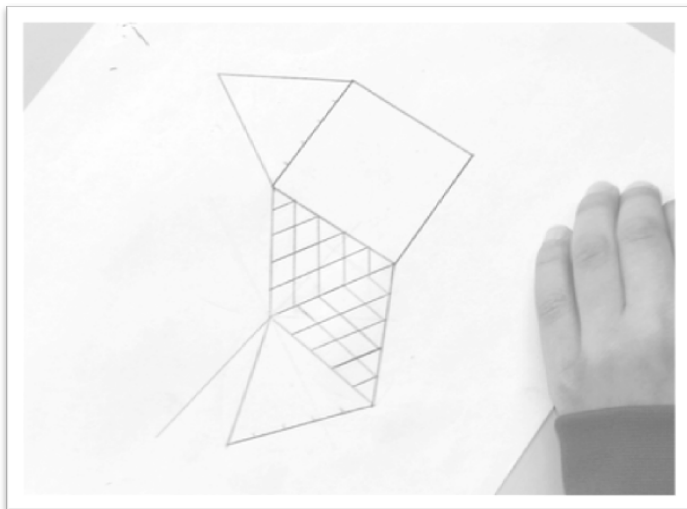


Annexe 10d – Dans cette production, une seule face est correcte, le protocole n'a visiblement pas été suivi.

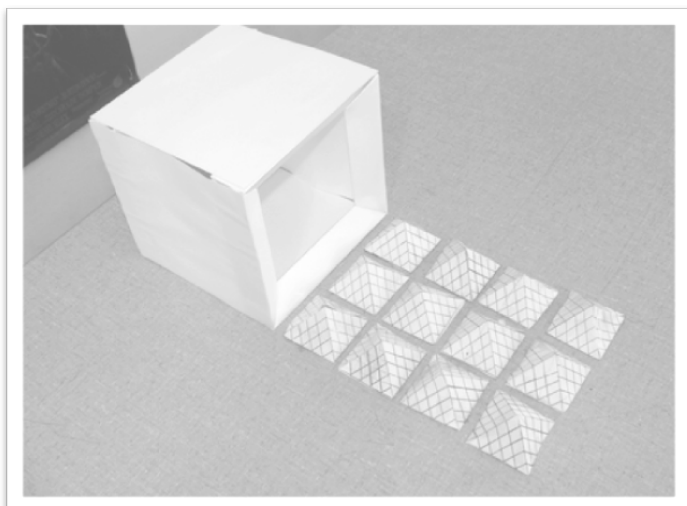




Annexe 11a – Le segment de 5,1 cm est partagé grâce à la machine à partager.



Annexe 11b – Deux faces sont déjà terminées ; la perpendiculaire nécessaire à la construction d'un nouveau réseau est prête.



Annexe 11c – Quelques pyramides terminées devant l'arche.

Annexe 12 – Les étapes du projet central (séances décrites dans l'article)

Séance	Période	But de l'activité	Objectifs mathématiques principaux
S 1.1	Début février	Installer le projet.	Lire une photo.
S 1.2		Construire la structure de l'arche à partir de pliages.	Suivre une fiche technique, réaliser des pliages. Mesurer et gérer les erreurs de mesurage. Construire les faces d'un solide.
S 1.3		Construire une pyramide « ressemblante » à la pyramide du Louvre.	Reconnaître sur photos et décrire une pyramide à base carrée. Reproduire un triangle à l'aide d'instruments. Compléter un patron de pyramide.
S 1.4		Rechercher les patrons de la pyramide.	Reproduire une figure complexe à main levée. Compléter un patron de pyramide.
S 1.5		Construire une maquette de la pyramide du Louvre à la même échelle que celle de l'Arche (1).	Tracer le patron d'une pyramide et la fabriquer.
S 1.6		Construire une maquette de la pyramide du Louvre à la même échelle que celle de l'Arche(2).	Tracer une figure à partir d'un schéma à main levée. Tracer un triangle dont on connaît les dimensions.
S 1.7		Consolider les compétences acquises.	Tracer une figure à partir d'un schéma à main levée. Compléter le dessin d'un triangle dont on connaît les dimensions.
S 1.8		Tracer les poutres de la pyramide.	Tracer un réseau de droites parallèles.
S 1.9		Construire le plus petit cube contenant 6 pyramides données.	Réinvestir la notion de patron dans la construction d'un cube.
S 1.10		Construire un cube pour illustrer la trace écrite individuelle.	Tracer un patron de cube aux instruments.
S 1.11		Construire les maquettes de l'Arc du Carrousel et de l'Arc de l'Étoile.	Résoudre un problème relevant de la proportionnalité. Tracer un patron de parallélépipède rectangle.
S 1.12		Reconstituer l'Axe Royal avec les 4 maquettes.	Résoudre un problème relevant de la proportionnalité. Utiliser des instruments pour mesurer des longueurs.
S 2.1	Début avril	Construire des pyramides tronquées.	Compléter un patron lacunaire. Faire un schéma à main levée d'une figure complexe.
S 2.2		Agrandir 8 fois le patron obtenu à la séance précédente.	Agrandir une figure plane.
S 2.3		Choisir le patron le moins « gourmand » en colle.	Calculer le périmètre d'un polygone.
S 2.4		Tracer le patron agrandi 8 fois.	Construire une figure plane sortant de l'espace de la feuille blanche. Utiliser les instruments pour vérifier les propriétés d'une figure.

S 2.5		Choisir le patron le moins « gourmand » en colle.	Comparer des surfaces selon leur aire. Différencier aire et périmètre.
S 2.6		Déterminer la quantité de peinture nécessaire pour le patron.	Mesurer l'aire du patron agrandi par pavage effectif.
S 2.7		Construire les maquettes des 3 monuments restant à la même échelle que l'Arche en carton.	Réinvestir les compétences acquises au cours des séances précédentes.

Annexe 13 – Tableau synoptique du projet

