Table des matières

Liste des tableaux

Table des figures

Introduction

Pendant le cours du tronc commun, deux professeurs des écoles (PE) sont en train d'écrire une note destinée aux parents d'élèves, pour une randonnée d'une journée à Luminy le vendredi 18 novembre (ou vendredi 25 novembre selon la **météo**). Nous, stagiaires en mathématiques, nous nous demandons : « est-ce qu'ils se rendent compte de tout ce qui est derrière la **météo** ? Est-ce qu'ils savent comment les prévisions météorologiques sont faites ? »
Juste après les conseils de classes, quelques professeurs du collège se retrouvent en salle des professeurs. Le sujet du moment est le dernier **sondage** pour l'élection présidentielle. Un professeur d'histoire-géographie dit à haute voix : « La mise en œuvre complète de la réforme du collège dépend des résultats ! ». D'autres professeurs du lycée sont en train d'organiser leurs vacances à la montagne : *Est-ce qu'il y aura de la neige cette année ? - Regarde la* ***météo*** *des neiges lui répond quelqu'un*. Nous, stagiaires, nous regardons et la même chose traverse nos pensées : « On doit d'abord savoir si l'échantillon pris pour le sondage est représentatif de la population ou non ». Un des stagiaires commente : « On n'a même pas fini de faire nos cours qu'ils pensent déjà à aller au ski. Il faudrait être plus proche de la date pour avoir une meilleure prévision météorologique. »
Ces exemples illustrent à quel point nous sommes tous entourés par les mathématiques sans forcément le savoir. Nous le vivons jour après jour dans nos classes quand les élèves nous demandent : « Mais pourquoi on fait des maths si on ne fera pas tous de l'ingénierie ou des sciences ? ». Pourtant les mathématiques nous entourent comme le montre l'exemple suivant :
Depuis l'âge de 4 ans, nous avons de la curiosité pour tout. Il est déjà arrivé qu'on se pose comme questions **pourquoi on marche ? comment on marche ?** Pour répondre, nous pouvons aborder le phénomène d'un point de vue physique ou d'un point de vue biologique. Du point de vue de la physique :

- Le fait de marcher implique un mouvement.
- Pour décrire un mouvement on utilise déplacement, vitesse, accélération.

- D'après la deuxième loi de Newton, l'accélération est liée à la somme des forces qui causent ce mouvement.

Nous avons alors besoin de mathématiques car on doit faire une somme de forces :

- La force est représentée par un vecteur.
- Il est possible d'effectuer cette somme graphiquement en utilisant la règle du parallélogramme ou avec la relation de Chasles.

Du point de vue biologique, la question peut être abordée en considérant l'anatomie humaine :

- Système articulo-musculaire.
- Contrôle de la posture.
- Système nerveux.

Pour expliquer le fonctionnement de muscles nous avons encore besoin des mathématiques, car la musculature s'explique à partir de la force (effort fait par le corps) **en fonction du** temps.
A travers cet exemple nous pouvons expliquer que les mathématiques sont présents dans nos vies sans que l'on s'en rende compte. Se pose alors la question : « est-ce que les mathématiques sont seulement un outil utilisé dans d'autres domaines ? » En tant que professeurs de mathématiques nous pensons que les mathématiques, plus qu'un outil, représentent une discipline propre mais sont également un langage au même titre que le français. En effet, toutes les sciences utilisent les mathématiques pour chercher, représenter, modéliser, calculer, raisonner et communiquer. Les mathématiques sont ainsi le langage commun à toutes les sciences.
Dans le chapitre suivant, nous faisons une brève synthèse de l'étude et de la mise en place de l'enseignement interdisciplinaire. Nous mettons ensuite en évidence les différents dispositifs mis en place dans nos classes, afin de contextualiser les mathématiques dans la vie courante et de motiver les élèves dans leur apprentissage. Nous fournissons les analyses *a priori* (chapitre 2) et les analyses *a posteriori* de nos séances (chapitre 3) avant les évaluations (chapitre 4) que nous avons pu faire de nos dispositifs. Enfin, nous présentons les conclusions (chapitre 5) que nous avons obtenues après avoir testé nos hypothèses et nos possibles perspectives de travail dans nos parcours dans l'enseignement.

Chapitre 1

Étude théorique

1.1 Qu'est-ce que l'interdisciplinarité ?

Dans ce chapitre nous donnons les différentes définitions, sur la base d'une revue de la littérature, de l'interdisciplinarité. Ces définitions ont évolué depuis les années 80 et l'étude de Louis D'Hainaut (D'HAINAUT, 1985), sur les définitions de l'interdisciplinarité selon les degrés de juxtaposition des disciplines ou selon les modes d'intégration des disciplines. Des études plus récentes (REVERDY, 2013 ; REVERDY, 2016), montrent une légère modification dans la classification de l'interdisciplinarité, qui devient plus spécifique à l'enseignement scolaire (REVERDY, 2015).

1.1.1 Les concepts d'interdisciplinarité

Selon une définition citée par (REVERDY, 2015) : « Le concept d'interdisciplinarité se situant sur le plan épistémologique, on peut considérer qu'il se réfère à la coopération de disciplines diverses, qui contribuent à une réalisation commune et qui, par leur association, permettent l'émergence et le progrès de nouveaux savoirs ». Cette définition initiale, très générale, avait l'avantage de fixer les limites du concept. Étant donnée la multiplicité de conceptions possibles de l'interdisciplinarité, d'autres interprétations et définitions ont émergé, permettant de préciser le cadre et les différentes actions interdisciplinaires :

- définition basée sur l'intégration des disciplines ;
- définition de modalités générales d'interdisciplinarité ;
- définition de modalités d'enseignement interdisciplinaires.

1.1.2 Définitions par rapport au niveau d'intégration des disciplines

Le niveau d'intégration des disciplines dans l'enseignement et la recherche appuie une classification de l'interdisciplinarité. Selon ce modèle, plus les disciplines sont intégrées sans qu'une discipline ne domine l'autre, plus il sera aisé d'atteindre l'interdisciplinarité.
Cette classification proposée par (REVERDY, 2015) est la suivante :

Transdisciplinarité Dans cette modalité, l'équilibre entre les différentes disciplines est total. L'optimisation des contacts et de la communication entre les disciplines permet leur dépassement et la création d'une nouvelle discipline. Dans l'enseignement, la transdisciplinarité permet d'étudier un objet en dépassant le cadre disciplinaire, en permettant de dégager des éléments transversaux à toutes les disciplines.

Interdisciplinarité L'équilibre entre les influences des disciplines est ici maintenu. Le décloisonnement des disciplines permet le croisement des démarches et des méthodes. L'impact des éléments quantitatifs et qualitatifs n'est toutefois pas suffisant pour créer une nouvelle discipline.

La Pluridisciplinarité Aborde un objet d'étude par la juxtaposition de plusieurs disciplines, mais la communication entre elles tend à être sporadique, ce qui peut entraîner un morcellement de l'objet d'étude.

Multidisciplinarité C'est la forme la moins développée d'interdisciplinarité. La communication entre les divers milieux est réduite au minimum.

Si l'on considère que la multidisciplinarité n'est pas une forme d'intégration des disciplines, mais plutôt leur juxtaposition sans création de lien entre elles, on peut simplifier cette classification par les termes proposés lors du congrès de l'UNESCO en 1985 (D'HAINAUT, 1985) :

- « la pluridisciplinarité qui appelle seulement l'intervention de plusieurs disciplines et se limite souvent à leur juxtaposition ;
- l'interdisciplinarité qui suppose une bonne connaissance des concepts entre disciplines et qui repose essentiellement sur une approche systémique ;
- la trandisciplinarité, encore plus ambitieuse, qui suppose une unification conceptuelle entre disciplines. »

1.1.3 Les modes d'interdisciplinarité

Les différents aspects de l'interdisciplinarité peuvent également être envisagés selon le mode d'intégration des disciplines et non plus, comme précédemment, selon leur niveau d'intégration. On distingue alors, en fonction de la manière dont les disciplines sont intégrées par rapport aux problèmes à résoudre :

1. L'interdisciplinarité des problèmes. Dans le cas de problèmes qui ne s'inscrivent pas dans le champ d'une discipline déterminée. La collaboration entre plusieurs disciplines est alors nécessaire afin de traiter les différentes dimensions du problème.

2. L'interdisciplinarité des méthodes. Ce type d'interdisciplinarité est rencontré dans des situations ou les méthodes propres d'une discipline, peuvent être appliquées dans la résolution de problème s'inscrivant dans le champ d'une autre discipline.

3. L'interdisciplinarité des concepts. Par analogie au type précédent d'interdisciplinarité, les concepts et modèles d'une discipline sont ici appliqués dans la recherche au sein d'une autre discipline.

Que ce soit pour l'interdisciplinarité de méthodes ou de concepts, la question des équilibres des échanges entre disciplines peut se poser. En effet, une méthode peut être simplement appliquée à une discipline différente mais également s'en trouver enrichie en retour.

1.2 Enseignement interdisciplinaire

L'interdisciplinarité scolaire recourt aux savoirs provenant de différentes disciplines dans une perspective éducative, en considérant les objets d'étude dans leur complexité, favorisant ainsi la création de liens et de transfert de connaissances entre disciplines. Elle a pour but la mise en place des conditions les plus appropriées pour permettre l'intégration des savoirs et des méthodes par les élèves, afin qu'ils soient en mesure de les réutiliser dans des situations de la vie courante (LENOIR et SAUVÉ, 1998a).

1.2.1 Utilité de l'interdisciplinarité

Les travaux de recherche de Hasni et Lenoir (LENOIR et SAUVÉ, 1998b ; LENOIR et SAUVÉ, 1998a ; LENOIR et SAUVÉ, 1998c ; *Interdisciplinarité et enseignement des*

sciences, technologies et mathématiques au premier cycle du secondaire : Place ; Modalités de mise en œuvre ; Contraintes disciplinaires et institutionnelles), mettent en évidence différents arguments justifiant le recours à l'interdisciplinarité d'un point de vue éducatif. Premièrement, il apparaît que l'interdisciplinarité est compatible avec les fondements psychologiques de l'apprentissage. En effet, l'enseignement interdisciplinaire a l'avantage de présenter les savoirs de manière globale en accord avec la perception de la réalité par les enfants, chez qui la perception globale précède l'analyse systématique. L'interdisciplinarité est également considérée comme un moyen de différenciation pédagogique en abordant un sujet d'étude avec des points de vue variés. Enfin, la contextualisation des savoirs permet d'augmenter la motivation et la réussite éducative des élèves.
Le travail de recherche de Hasni *et.al.* 2012 (*Interdisciplinarité et enseignement des sciences, technologies et mathématiques au premier cycle du secondaire : Place ; Modalités de mise en œuvre ; Contraintes disciplinaires et institutionnelles*) résume les justifications à la mise en œuvre de l'interdisciplinarité comme la jonction des trois pôles suivants :

- Le pôle didactique et épistémologique : l'enseignement interdisciplinaire permet la construction d'une représentation adéquate du monde et d'un rapport au savoir fondé sur la complexité ;

- Le pôle sociologique : l'interdisciplinarité doit être pensée pour favoriser l'égalité des chances face aux savoirs et l'appropriation d'un savoir utile pour tous, autant sur le plan individuel que sur le plan collectif. Un savoir qui permet d'exercer une citoyenneté éclairée ;

- Le pôle pédagogique : l'enseignement interdisciplinaire doit prendre en considération les processus psychopédagogiques, afin d'augmenter la motivation et l'intérêt des élèves.

1.2.2 Le curriculum intégré

Un enseignement interdisciplinaire vise à fournir un curriculum intégré, c'est-à-dire à enseigner les notions et compétences essentielles, en articulant plusieurs disciplines autour d'un thème ou concept central ou d'une problématique.
Le curriculum intégré implique l'organisation et la programmation du contenu d'enseignement/apprentissage, autour de concepts nécessitant des notions transversales et qui supportent un apprentissage interdisciplinaire. Le décloisonnement des disciplines

favorise l'établissement par les élèves de liens entre elles (leur intégration), liens fondés aussi bien sur une exploration naturelle et spontanée que sur des activités.
Différentes modalités d'intégration du curriculum ont été décrites (LENOIR et SAUVÉ, 1998c) :

- « **Par la mise en relation des matières.** Les matières (appelées « domaines de vécu et d'apprentissage ») sont considérées comme une dimension d'un ensemble tridimensionnel, où les autres dimensions sont les processus d'apprentissage et l'environnement pédagogique.
- **Par des thèmes, des sujets ou des idées.** Le thème est utilisé comme élément organisateur ou intégrateur et on peut s'en servir pour montrer comment des disciplines différentes s'articulent dans l'analyse et l'explication du thème.
- **Dans la pensée pratique.** Les domaines principaux de la vie quotidienne ne s'insèrent pas dans les matières scolaires traditionnelles ; les demandes sociales et individuelles mettent pourtant leur importance en évidence. Ici, la démarche ne sera pas interdisciplinaire au sens d'une intégration de disciplines différentes, mais plutôt dans le fait qu'elle consiste à aider l'élève à développer sa capacité d'agir efficacement dans un domaine particulier (qui ne relève pas d'une discipline déterminée). L'éducation civique en est un exemple.
- **Dans les investigations de l'élève en fonction de ses propres centres d'intérêt.** Cette démarche, par sa nature même, ne peut pas s'inscrire dans les limites d'une discipline, car un domaine d'investigation n'y sera pas nécessairement confiné s'il est délimité par les intérêts d'un élève. Ce sera une démarche interdisciplinaire, où l'on mettra en oeuvre différentes disciplines pertinentes pour éclairer et structurer l'investigation. »

Selon la définition de Lenoir, l'enseignement interdisciplinaire est donc : « La mise en relation de deux ou de plusieurs disciplines scolaires qui s'exerce à la fois aux niveaux curriculaire, didactique et pédagogique et qui conduit à l'établissement de liens de complémentarité ou de coopération, d'interpénétrations ou d'actions réciproques entre elles sous divers aspects (finalités, objets d'études, concepts et notions, démarches d'apprentissage, habiletés techniques). Ces interactions visent à favoriser l'intégration des processus d'apprentissage et des savoirs chez les élèves. » (LENOIR et SAUVÉ, 1998a)
Cette définition a l'avantage de prendre en compte trois aspects de l'interdisciplinarité : curriculaire, didactique et pédagogique, qui correspondent bien à notre souhait de motiver l'apprentissage par la contextualisation.

1.2.3 Méthodes utilisées par l'enseignement interdisciplinaire

En pratique, il s'avère nécessaire de remplir certaines conditions afin de mettre en place un processus d'enseignement interdisciplinaire :

- Identifier les concepts fondamentaux communs à un certain nombres de disciplines ;
- Identifier dans une perspective de transfert des démarches de pensées d'action, des méthodes ou des procédures ;
- Amplifier les interactions entre disciplines, en particulier à l'occasion de l'étude de thèmes pluridisciplinaires ou par la mise en relation de contenus relevant de disciplines différentes ;

Lorsque les conditions sont remplies, différentes méthodes permettent la mise en place d'un enseignement interdisciplinaire (D'HAINAUT, 1985) :

Expérimentation. L'expérimentation peut faire l'objet d'un enseignement interdisciplinaire depuis la fin du primaire jusqu'à la fin des études universitaires.

Observation. L'observation est une méthode employée dans un très grand nombre de disciplines qui relèvent aussi bien des sciences de la nature que des sciences humaines. Les élèves apprendront un grand nombre de concepts communs ou utiles à des disciplines très différentes ; par exemple : les notions de statistique descriptive, les concepts de fait, fait reproductible, opinion, résultat, conclusion, interprétation, corrélation, paramètre, etc...

Simulation. La simulation est parfois très proche de la démarche naturelle d'un jeune élève et cette proximité pourrait être exploitée.

Modélisation. La modélisation exige le passage à un niveau d'abstraction et de généralité, qui en principe n'est possible que dans le cycle supérieur de l'enseignement secondaire et au-delà. Elle constitue un prolongement fondamental de l'observation et de l'expérimentation.

Comme l'observation, l'expérimentation peut être l'occasion d'apprendre des notions communes dans des contextes différents. L'observation et l'expérimentation ont encore l'avantage d'être des méthodes actives, qui peuvent être appliquées à l'étude du milieu et peuvent se pratiquer individuellement ou en groupe.

1.3 Quelles sont les conditions à considérer pour l'interdisciplinarité ?

Une étude réalisée par Hasni *et.al.* 2012 (*Interdisciplinarité et enseignement des sciences, technologies et mathématiques au premier cycle du secondaire : Place ; Modalités de mise en œuvre ; Contraintes disciplinaires et institutionnelles*) montre les conditions que nous devrons prendre en compte au moment d'aborder un sujet interdisciplinaire. Cette étude nous dit qu'il faut bien déterminer le statut des savoirs dans le cadre de situations d'enseignement-apprentissage interdisciplinaires. Pour cela, il y a deux questions qui permettent de caractériser différentes modalités de mise en œuvre des liens interdisciplinaires :

1. Quels sont les savoirs disciplinaires qui sont concernés par ces liens : savoirs conceptuels ? ; capacités ? ; démarches et compétences propres aux disciplines considérées ?

2. Comment sont-ils concernés ? S'agit-il d'une mobilisation de savoirs déjà abordés auparavant ou d'une nouvelle acquisition visée ?

Un exemple pour illustrer ces modalités est représenté dans les figures Fig 1.1 et Fig. 1.2. Dans l'introduction nous avons donné un exemple de sujet interdisciplinaire : « Comment ? Pourquoi une personne marche ? ». Pour répondre à la première question des modalités de mise en œuvre des liens interdisciplinaires : quels sont les savoirs ?, nous pouvons dire que le concept de « mouvement » est un savoir conceptuel utilisé pour répondre à la question. Il est possible d'aborder ce savoir par l'intermédiaire des sciences de la vie et de la terre (SVT) et de la physique, comme le montre la Fig. 1.1.

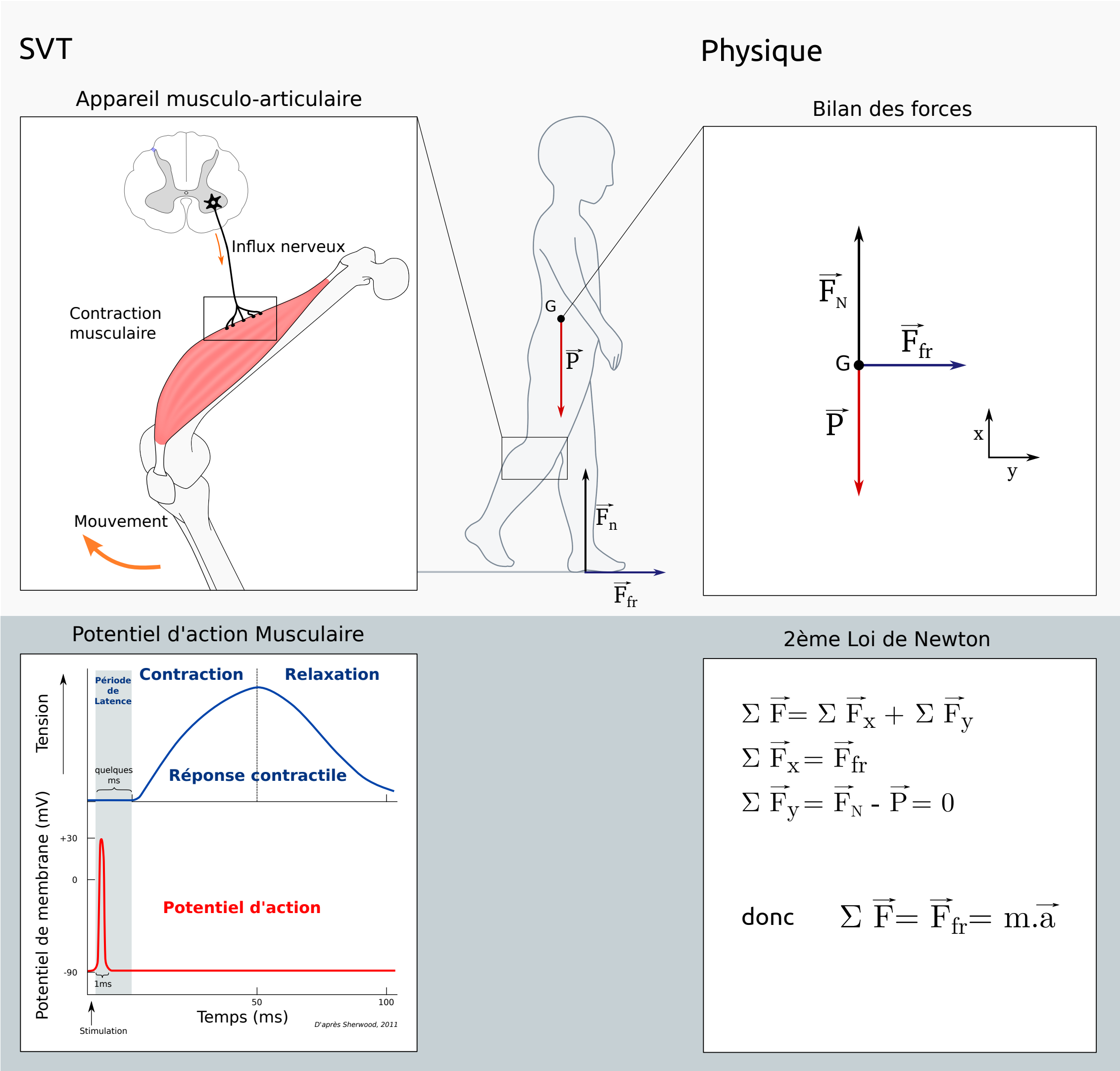


FIGURE 1.1 – L'étude du mouvement par 2 disciplines : SVT (à gauche) et Physique (à droite). Cette étude mobilise des capacités mathématiques : représentation de deux grandeurs (fonction) en SVT et l'addition de vecteurs en Physique.

On observe que le mouvement peut être caractérisé, en biologie, par une contraction musculaire et en physique, par des forces de frottement. Dans les deux études, les notions mathématiques (partie grise de la Fig. 1.1) utilisées correspondent à :

- une mobilisation de la représentation graphique de deux grandeurs (voltage et temps, tension musculaire et temps) par la biologie.
- l'utilisation de, par exemple, la règle de Chasles pour l'addition de vecteurs par la physique.

Cette mobilisation de savoirs serait la réponse à la seconde question relative aux modalités de mise en œuvre d'un enseignement interdisciplinaire.

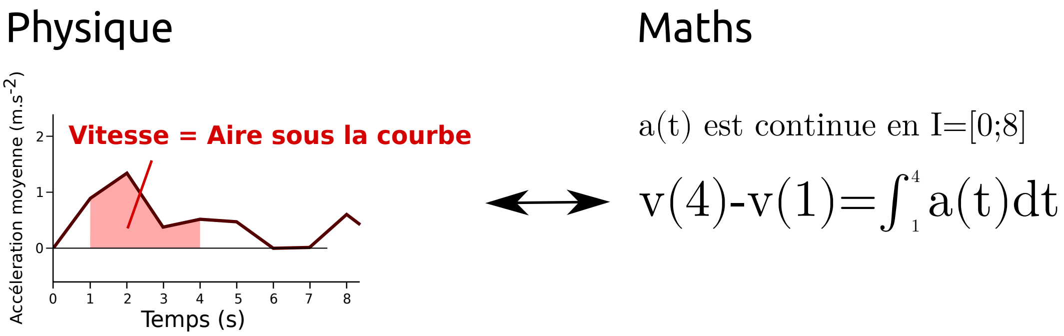


FIGURE 1.2 – L'intégration : Physique (à gauche) et Mathématiques (à droite). Cette étude travaille un nouveau savoir (un concept) mathématique.

Il est également possible d'introduire un nouveau concept par le biais de ce projet interdisciplinaire, en impliquant les disciplines mathématiques et physique : l'« intégration ». La Fig. 1.2 montre l'introduction de ce concept. Le but du projet est d'expliquer le mouvement. Du point de vue physique, celui-ci est décrit en utilisant le déplacement, la vitesse et/ou l'accélération. L'accélération a été obtenue grâce à la deuxième loi de Newton, mais nous pouvons également nous intéresser à la vitesse de déplacement de la personne. Pour cela, en faisant un graphique de l'accélération en fonction du temps (mobilisation d'une capacité mathématique : fonction), il est possible de trouver la vitesse moyenne en calculant l'aire sous la courbe. Autrement dit, on calcule l'intégrale de l'accélération. Le calcul de l'aire est simplement la représentation géométrique de l'intégrale. Finalement, pour répondre aux questions des modalités, la notion d'intégration serait le savoir conceptuel nouveau introduit dans les deux disciplines.

1.4 Hypothèse

Nous souhaitons trouver la meilleure façon de motiver nos élèves à l'apprentissage des mathématiques. Nous voulons montrer pourquoi il est important d'avoir au moins une connaissance basique des mathématiques. Nous avons 3 niveaux différents :

- un niveau qui correspond à la fin du cycle 3 (sixième),
- un niveau qui correspond au début du cycle 4 (cinquième),
- un niveau qui correspond à la première année du lycée (seconde).

Pour pouvoir répondre à notre question :« comment motiver nos élèves à faire des maths ? », nous pensons qu'il faut contextualiser nos projets interdisciplinaires avec des situations de la vie courante auxquelles les élèves peuvent s'identifier. Ces projets sont donc le fruit de nos contacts avec nos élèves. Les dispositifs mis en place comme un travail interdisciplinaire sont les suivants :

Niveau sixième : Les élèves de sixième sont encore jeunes. Il est plus facile de les intéresser à des sujets ludiques et sportifs comme par exemple le ski, le sport automobile, le basketball ou le skateboard. Ces différents exemples ne sont pas pris au hasard, puisqu'ils peuvent être utilisés pour l'étude des mesures d'angles d'inclinaisons. Une plus grande inclinaison d'une piste de ski entraîne, par exemple, une descente plus rapide. Les courbes des circuits automobiles, comme celui de Catalunya (Espagne) avec 16 courbes, ont des inclinaisons différentes qui ont comme objectif le contrôle de l'accélération des véhicules. Enfin, l'inclinaison des rampes en skateboard, permet aux athlètes d'atteindre la vitesse et l'amplitude nécessaire à la réalisation de figures acrobatiques.
L'intérêt du professeur est ici de donner un sens à la mesure des angles. Pour cela, il donne comme activité aux élèves, l'étude d'un plan incliné sur lequel il faut mesurer l'angle d'inclinaison auquel un objet tombe. Dans ce dispositif, la méthode utilisée est l'expérimentation pour introduire une technique de mesure des angles : l'utilisation du rapporteur. Les savoirs disciplinaires mobilisés sont la description d'un phénomène (physique), construction d'une représentation géométrique de ce phénomène (mathématiques) et la compétence mobilisée serait la mesure des angles, mais en donnant une nouvelle technique de mesure (nouvelle compétence à acquérir).

Niveau cinquième : Les classes de cinquième de l'établissement ont effectué plusieurs sorties scolaires : assister à une représentation théâtrale, à des expositions, à une classe interactive musicale. La professeure s'est donc dit : « Pourquoi ne pas faire une interprétation mathématique d'une exposition d'art ? ».
Les thèmes des symétries centrale et axiale ont été traités au cours du premier trimestre. La professeure a donc cherché une activité permettant de mobiliser ces notions. Pour cela, elle donne une œuvre (« *Shells and Starfish* ») du graphiste M. C. Escher sur laquelle on peut observer différentes transformations géométriques, dont la symétrie centrale. L'enseignante veut montrer le lien entre les arts plastiques et les mathématiques : « les capacités d'interprétation et d'analyse » qui correspondent au socle commun du cycle 4. Pour cela elle mobilise un savoir déjà acquis de la part de la mathématique, la symétrie centrale. Ce savoir va aider les élèves dans l'analyse d'une partie de l'œuvre de M.C. Escher en leur apportant les outils d'observation nécessaires à l'analyse d'une œuvre artistique, culturelle.

Dans ce dispositif la méthode utilisée est l'observation, car c'est une méthode commune aux sciences naturelles et à l'art.

Niveau seconde : L'actualité française et plus particulièrement « les élections présidentielles et législatives », amène l'enseignant à montrer aux élèves comment mobiliser les notions de statistiques dans notre réalité quotidienne. Le but du professeur n'est évidemment pas de faire un sondage pour savoir qui va gagner les élections présidentielles, mais il s'intéresse à l'analyse statistique des populations communales et la lie à la façon d'élire nos sénateurs et à certaines critiques récurrentes sur la composition du Sénat. Dans son dispositif il développe l'esprit critique des élèves, en leur donnant les outils nécessaires à la compréhension des modes de scrutins dans les élections représentatives.

La méthode utilisée est ici aussi l'observation. Cette méthode étant un lien entre les sciences humaines (histoire et géographie) et les mathématiques (statistiques). Les statistiques sont utilisées pour donner une interprétation. Elles sont mobilisées et ne représentent alors pas un nouveau savoir à acquérir. Cependant, la sensibilisation des élèves au principe d'échantillonnage et à la vigilance nécessaire lors du choix d'un échantillon, est un deuxième objectif important de cette activité. Le chapitre Échantillonnage sera traité peu après.

Chapitre 2

Analyse *a priori*

Ce chapitre est consacré à la préparation de nos dispositifs : des tâches à prise d'initiative. L'organisation de chaque dispositif est le suivant :

- Contexte du dispositif
- Structure, objectifs visés
- Étayage
- Organisation mathématique et Organisation de l'étude
- Fiche de préparation de la séance.

2.1 Plan incliné

LA PHYSIQUE DU PLAN INCLINÉ

Pose la gomme sur la couverture du livre puis incline cette dernière jusqu'à ce que la gomme commence à glisser.

Effectue les mesures qui te semblent pertinentes puis représente la situation sur un schéma.

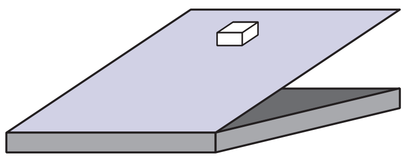


FIGURE 2.1 – Activité donnée aux élèves

2.1.1 Objectifs liés à notre problématique

- Positionner les élèves dans une situation expérimentale afin d'utiliser des méthodes appartenant à une autre discipline (ici ce seront les sciences physiques), pour que ces derniers repèrent un paramètre mathématique influençant un phénomène physique.

- Toujours dans cette démarche d'expérimentation, les élèves devraient être amenés à faire des choix sur un instrument de mesure (ici ce sera le rapporteur). Situation qu'ils rencontreront plus que régulièrement en travaux pratiques de sciences physiques.
- Le décloisonnement des deux disciplines mathématiques/sciences physiques devrait permettre de mettre en évidence la relation intime que ces deux domaines partagent, afin de développer la curiosité scientifique et apporter une plus-value à la raison d'être des mathématiques.

2.1.2 Contexte

Cette activité a été expérimentée avec deux classes de sixièmes. Elle a pour objectif principal de faire découvrir l'utilisation du rapporteur. Sa position dans la progression pédagogique, se situe juste après le type de tâche « mesurer un angle à l'aide d'un gabarit ». Un rapporteur a précédemment été construit par les élèves. Ce rapporteur étant gradué par tranches d'angles mesurant $22{,}5°$, la mesure de l'angle que les élèves auront à faire ici, devrait mettre ce dernier en défaut de par son imprécision.
Les élèves seront disposés par binômes, afin de faciliter les manipulations et pouvoir évaluer le travail en équipe. Chaque binôme devra disposer du livre de mathématiques, d'un rapporteur, d'un énoncé de l'activité, d'une feuille-réponses (Fig. A.1) et d'une gomme. Pour cela, le professeur distribuera deux types de gommes constituées de la même matière, un type par binôme, afin d'avoir un autre paramètre influençant le phénomène.
Le professeur ramassera en fin de séance les feuilles-réponses de chaque groupe, une feuille par groupe, pour rassembler les résultats et en faire une moyenne, afin de préparer une discussion pour la séance suivante. L'analyse des feuilles-réponses permettra aussi de préparer l'institutionnalisation et repérer les élèves en difficulté.

2.1.3 Objectifs visés

Compétences	Capacités à évaluer	Indicateurs de réussite
Chercher S'engager dans une démarche, observer, manipuler, expérimenter, émettre des hypothèses, en élaborant un raisonnement adapté à une situation nouvelle.	Mettre en place une situation de travaux pratiques. Manipuler et observer un phénomène.	Les élèves bloquent la couverture du livre quand la gomme commence à glisser. les élèves observent alors la tranche du livre.
Modéliser Utiliser des propriétés géométriques pour reconnaître des objets.	Repérer que l'on doit mesurer l'angle limite de début de glissement.	Les élèves remarquent qu'ils doivent mesurer un angle.
Représenter Utiliser des outils pour représenter un problème : dessins, schémas.	Effectuer un dessin simplifié, représentatif de la situation.	Les élèves représentent le plan incliné sous la forme d'un angle.
Raisonner En géométrie, passer progressivement de la perception au contrôle par les instruments pour amorcer des raisonnements s'appuyant uniquement sur des propriétés des figures et sur des relations entre objets. Progresser collectivement dans une investigation en sachant prendre en compte le point de vue d'autrui.	Passer de la mesure avec un gabarit à une mesure au rapporteur. Travail en binômes.	Les élèves tentent de mesurer avec le rapporteur déjà construit sans déterminer une valeur précise. Ils sortent alors leur rapporteur précis. Un élève maintient la couverture tandis que l'autre place le rapporteur.

Suite page suivante . . .

Continuation ...		
Compétences	Capacités à évaluer	Indicateurs de réussite
Communiquer Expliquer sa démarche ou son raisonnement, comprendre les explications d'un autre et argumenter dans l'échange.	Echanger au sein d'un binôme et organiser les idées de chacun.	Les élèves de chaque binôme remplissent la feuille-réponses en paramétrant leur dessin.

TABLE 2.1 – Objectifs de l'activité.

2.1.4 Étayage

L'expérience étant relativement simple à mettre en œuvre et le phénomène suffisamment concret pour pouvoir être observé, il est naturel de penser que les élèves rentrent assez rapidement dans l'activité. La principale difficulté que les élèves rencontreront sera liée à l'utilisation du rapporteur, étant donné que c'est la première fois qu'ils l'utilisent. Il ne faudra pas négliger la complexité de sa manipulation pour des sixièmes, surtout l'aspect réversible de ce dernier. Il sera donc crucial d'insister sur l'importance de la nature de l'angle que l'on mesure.
Types d'indications :

Si un binôme n'arrive pas à effectuer l'expérience ou à repérer le paramètre pertinent. P : demande à ce que le binôme effectue l'expérience en sa présence et s'assure que les élèves bloquent bien la couverture, puis leur demande de tourner autour du livre pour observer la situation sous tous les angles.

Un binôme ne sait pas quel outil utiliser pour mesurer l'angle. P : comment faisait-on pour déterminer la mesure des angles dans les exercices jusqu'à présent ?

Un binôme modifie l'inclinaison pour mesurer avec le gabarit. P : dans le cas où l'inclinaison a été réduite, le professeur pose la gomme sur la couverture : celle-ci ne glisse plus. Dans le cas où l'inclinaison a été augmentée, le professeur demande de la réduire un peu pour vérifier que la gomme glisse toujours.

Un binôme n'arrive pas utiliser le rapporteur P : Le professeur demande :

- comparer le rapporteur construit en classe avec le nouveau rapporteur plus précis.
- vérifier les angles sur le rapporteur construit en classe en effectuant des pliages.

- observer le rapporteur avec l'élève en le questionnant : Où pourrait-on placer le sommet de l'angle à mesurer ?

2.1.5 Organisation Mathématique

Type de tâche : Mesurer un angle de façon précise.

Technique : Utilisation du rapporteur.

- Repérer si l'angle à mesurer est obtus ou aigu afin de ne pas se tromper lors de la lecture sur le rapporteur.
- Placer le centre du rapporteur sur le sommet de l'angle.
- Aligner un des deux zéros du rapporteur sur un des côtés de l'angle de façon à ce que l'autre côté de l'angle se situe dans la zone de mesure du rapporteur.
- Lire la mesure en degré, qui est en accord avec la nature de l'angle correspondant au deuxième côté de l'angle. Exemple si obtus $135°$, si aigu $45°$.

Technologie : Définition d'un angle. L'angle d'un secteur angulaire est le nombre réel positif qui mesure la proportion du plan occupée par le secteur angulaire.

Théorie : géométrie euclidienne du plan.

2.1.6 Organisation de l'étude

Moment technico-théorique : La définition d'un angle a été vue en amont de cette activité par les élèves.

Moment exploratoire : Découverte pour la première fois par les élèves du rapporteur, un outil de mesure précis.

Moment de première rencontre : Les élèves rencontrent pour la première fois une situation où ils sont amenés à effectuer une mesure d'angle précise.

Moment de travail : Les exercices qui suivront la séance permettront le travail sur la manipulation du rapporteur.

Moment d'institutionnalisation : La technique exposée dans l'organisation mathématique sera formulée dans le cahier de leçons (un schéma représentatif de la méthode de positionnement du rapporteur sera probablement ajouté).

2.1.7 Préparation des séances

Première séance :

Durée	Rôle de l'élève	Rôle du professeur
3-5 min	Les élèves se placent par binômes.	Positionnement des élèves par binôme et distribution de l'activité et de la feuille-réponses (une de chaque par élève).
5 min	Les élèves découvrent l'activité et sortent leur livre.	Le professeur distribue les gommes (un type de gomme par groupe).
5-7 min	*Dévolution :* Les élèves effectuent l'expérience et repèrent la position limite du plan incliné.	Le professeur tourne dans les rangs et observe les manipulations des élèves.
2 min	L'élève interrogé répond qu'il y a une inclinaison limite pour laquelle la gomme commence à glisser.	Le professeur demande une exposition orale du phénomène et renvoie les élèves à l'activité.
2 min	L'élève interrogé répond qu'il faut mesurer un angle.	Le professeur renvoie à l'activité en demandant comment traduire le terme « inclinaison » et comment la mesurer.
10 min	*Recherche : phase 1* Les élèves tentent de mesurer l'angle à l'aide du rapporteur construit lors d'une séance précédente et sont confrontés à l'imprécision de la mesure.	Le professeur tourne dans les rangs, vérifie que les élèves manipulent correctement et aide les binômes en difficulté.
12 min	*Recherche : phase 2* Les élèves sortent leur rapporteur ; observent et manipulent l'outil pour déterminer son fonctionnement.	Le professeur tourne dans les rangs, vérifie que les élèves manipulent correctement et aide les binômes en difficulté.

Suite page suivante . . .

Continuation . . .		
Durée	Rôle de l'élève	Rôle du professeur
12 min	*Finalisation :* Chaque binôme remplit la feuille-réponses.	Le professeur demande la finalisation des productions de groupe.
2 min	les élèves rassemblent les feuille-réponses et les gommes.	Le professeur ramasse les feuilles-réponses et récupère les gommes.

TABLE 2.2 – Séance 1.

Deuxième séance :

Durée	Rôle de l'élève	Rôle du professeur
3 min	les élèves s'installent et lisent leur feuille-réponses.	Le professeur distribue les feuille-réponses de la séance précédente.
2 min	Les élèves écoutent.	Le professeur expose au tableau la moyenne des mesures pour chaque type de gomme.
5 min	Les élèvent observent. L'élève interrogé manipule le rapporteur avec les conseils de la classe.	Le professeur effectue l'expérience sur son bureau, d'abord avec les deux gommes en même temps pour vérifier laquelle glisse en premier. Puis, il effectue les mesures avec l'aide d'un élève ne maîtrisant pas l'outil.
3 min	L'élève écrit au tableau, les autres écoutent.	Le professeur demande à l'élève d'écrire ces dernières mesures au tableau. Le professeur lance le débat, en mettant en opposition ces dernières mesures aux moyennes des mesures de la séance précédente.
		Suite page suivante . . .

Continuation . . .		
Durée	Rôle de l'élève	Rôle du professeur
10 min	Les élèves réfléchissent ensemble pour déterminer la cause physique, expliquant pourquoi les gommes ne glissent pas pour la même inclinaison. Certains parleront de frottements.	Le professeur anime le débat. À la fin du débat, le professeur insistera sur l'importance de la place des mathématiques dans les sciences physiques et donc, l'importance de l'outil rapporteur.
10 min	Les élèves manipulent l'outil et mesurent les angles.	Le professeur distribue un exercice technique sur la mesure des angles au rapporteur. Le professeur tourne dans les rangs pour aider les élèves en difficulté.
10 min	*Institutionnalisation* Les élèves exposent la technique.	Le professeur interroge les élèves afin qu'ils décrivent l'utilisation du rapporteur. Le professeur écrit les idées au tableau et organise le débat.
12 min	Les élèves notent dans leur cahier de leçons et démarrent l'exercice.	Le professeur demande aux élèves d'écrire la technique dans le cahier de leçon. Le professeur distribue un autre exercice qui pourra être terminé à la maison.

TABLE 2.3 – Séance 2

2.2 EPI : Arts plastiques et Mathématiques

2.2.1 Contexte

La tâche complexe donnée aux élèves de 5^e mobilise l'interaction de différentes disciplines : arts plastiques, mathématiques, français et technologie, dans un des thèmes des EPI : « culture et création artistiques ».
Dans la discipline Mathématiques au niveau 5^e, la situation-problème, donnée aux élèves, permet le réinvestissement des notions de géométrie, plus spécifiquement de la symétrie. On trouve en effet dans le programme les capacités suivantes :

- Construire ou compléter la figure symétrique d'une figure donnée ou de figures possédant un axe de symétrie.
- Effectuer les tracés de l'image d'une figure par symétrie axiale.
- Construire ou compléter à l'aide des instruments usuels la figure symétrique d'une figure donnée.

Les documents d'accompagnement fournissent une aide pour que l'élève puisse être progressivement amené à observer, décrire et analyser certaines figures dans des domaines variés, puis à en construire des modèles géométriques exacts ou simplifiés. Cette activité encourage également l'utilisation du vocabulaire correspondant à l'institutionnalisation de la notion de symétrie en classe de 5^e et éventuellement des notions de rotation et translation vues au milieu et à la fin du cycle 4.
La pédagogie de cette activité favorise une démarche de projet conduisant à une réalisation concrète, collective, qui fera l'objet d'une évaluation. L'objectif est de placer l'élève dans une démarche active qui l'amène à utiliser et concrétiser savoirs et compétences.

2.2.2 Structure

La structure de l'activité à prise d'initiatives est indiquée dans le tableau Tab. 2.4 où sont spécifiées les différentes compétences à mobiliser dans les cinq domaines du socle commun du cycle 4. Les objectifs attendus par chaque compétence sont aussi précisés dans le tableau.

Domaine	Compétences	Indicateurs de réussite
1.- Les langages pour penser et communiquer.	• Établir des liens entre son propre travail et les œuvres rencontrées ou les démarches observées. • Proposer et soutenir l'analyse et l'interprétation d'une œuvre. • Expliquer à l'oral ou à l'écrit sa démarche. Comprendre les explications d'un autre et argumenter dans l'échange.	• Extraire et traiter l'information utile. • Interpréter l'œuvre. • Expliquer le protocole de construction géométrique de sa propre œuvre.

Suite page suivante . . .

Continuation . . .		
Domaine	Compétences	Indicateurs de réussite
2.- Les méthodes et outils pour apprendre.	• Recourir à des outils numériques de captation et de réalisation à des fins de création artistique. • Concevoir, réaliser, donner à voir des projets artistiques, collectifs. • Chercher : s'engager dans une démarche scientifique, observer, questionner, manipuler. • Modéliser : comparer une situation à un modèle connu.	• Traduction en langage mathématique la configuration géométrique de l'œuvre. • Observation et analyse d'œuvres, comparaison d'œuvres différentes.
3.- La formation de la personne et du citoyen.	• Proposer et soutenir l'analyse et l'interprétation d'une œuvre. • Expliciter la pratique collective, écouter et accepter les avis divers et contradictoires. • Raisonner : mener collectivement une investigation en sachant prendre en compte le point de vue d'autrui.	• Prendre part au débat (au sein du groupe) suscité par le fait artistique. • Travailler en groupe, prendre en compte les points de vue de ses camarades de groupe.
		Suite page suivante . . .

Continuation ...		
Domaine	Compétences	Indicateurs de réussite
4.- Les systèmes naturels et les systèmes techniques.	• Explorer l'ensemble des champs de la pratique plastique et leurs hybridations, notamment avec les pratiques numériques. • Modéliser : comprendre et utiliser une simulation numérique ou géométrique.	• Utilisation des outils numériques (des algorithmes simples) pour créer sa propre œuvre.
5.- Les représentations du monde et l'activité humaine	• Confronter intention et réalisation dans la conduite d'un projet pour l'adapter et le réorienter, s'assurer de la dimension artistique de celui-ci. • Représenter : Choisir et mettre en relation des cadres (numérique, géométrique) adaptés pour traiter un problème ou pour étudier un objet mathématique.	• Mise en scène et présentation d'objets à des fins expressives ou symboliques.

TABLE 2.4 – Compétences et indicateurs attendus pour l'activité.

2.2.3 Étayage

Étant données la nouveauté et la complexité de cette tâche pour les élèves, des difficultés peuvent apparaître. Il est donc nécessaire de prévoir des indications adaptées aux différentes étapes de l'activité.

Description du tableau

Comment les élèves peuvent décrire ce tableau ? Voici quelques questions qui sont importantes pour essayer une possible description.

- Que fait-on quand on regarde une peinture ?
- A quoi pense-t-on ?

- Qu'imagine-t-on ?
- Comment exprimer, comment se dire à soi-même ce que l'on voit ou devine ?

Analyser

Les élèves devront analyser ce tableau. Ces questions pourront aider à bien faire une analyse de ce tableau. On doit prendre en compte qu'il est également possible de faire une comparaison avec d'autres tableaux du même artiste ou d'un autre artiste du même courant artistique afin d'affiner l'analyse.

- Quel type d'objet (formes, textures, etc..) est présent ?
- Il y a une relation entre quantité et qualité de la couleur ?
- Quel type de mise en scène : expressive ou symbolique ?
- Est-ce qu'il y a un plan déterminé ?
- Est-ce que la comparaison de différentes œuvres nous aide à comprendre la représentation de l'objet ? Quelques sites d'aide :
  - http ://www.mcescher.com/
  - http ://pedagogie.ac-toulouse.fr/daac/IMG/pdf/msr_mosaiquemalette.pdf
  - http ://www.rarebooksberlin.de/fileadmin/haeckel_artforms.pdf
- Est-ce que ce type de pattern on le trouve dans une situation réelle ?

Production : œuvre

Les élèves, après avoir analysé l'œuvre de M. C. Escher, vont produire un pavage en s'appuyant sur la technique d'Escher. Pour cela, ils devront d'abord choisir un motif qu'ils pourront réaliser :

- à la main,
- avec GEOGEBRA,
- avec SCRATCH.

Ensuite, les élèves doivent utiliser ce motif de base (simple ou composé) pour y appliquer une ou plusieurs transformations : symétrie (centrale ou axiale), translation ou rotation. Les élèves peuvent suivre différentes stratégies :

- Le motif peut être réalisé à la main pour être ensuite importé dans un logiciel (GEOGEBRA ou SCRATCH).
- Le motif réalisé sur GEOGEBRA pourra être importé par SCRATCH.
- Le motif réalisé sur SCRATCH pourra être importé par GEOGEBRA.
- Il y a une possibilité qu'un élève intéressé par la programmation compilée utilise un logiciel différent.

La grande majorité choisira SCRATCH comme logiciel, car les élèves même en difficulté, aiment l'environnement et sa facilité d'utilisation. Le problème viendra quand ils voudront faire le symétrique d'une figure par rapport à un point. L'algorithme pour produire ce type d'image n'est pas simple même pour une figure usuelle (comme un carré ou un triangle), car il demande l'usage d'instructions (comme : « répéter, si ... alors, pendant que ») que nous n'avons pas traitées en classe (à exception de répéter) mais une fiche d'aide peut être donnée si les élèves en font la demande.
Ce type de tâche prend en compte la différenciation des élèves car ils peuvent produire une image :

- En utilisant un logiciel.
- En faisant l'image à la main.

Ces images doivent utiliser au moins un type de transformation : symétrie (axiale ou centrale), translation ou rotation.
Avant de choisir la méthode à utiliser, quelques élèves ne sauront pas comment commencer. Quelques minutes seront nécessaires afin de donner des exemples de construction d'une image par symétrie d'un motif de base, soit axiale soit centrale, comme nous l'avons fait en cours.
Les élèves prenant l'option manuelle devront utiliser la règle, le compas et le rapporteur (pour le cas d'une rotation) pour la production de l'image finale. L'utilisation correcte du rapporteur est un problème susceptible de surgir. Il est donc possible de donner des exemples de mesures d'angles pour que les élèves apprennent bien la technique.
Comparativement au fait de faire le pavage à la main, l'utilisation de logiciels permet aux élèves de produire des pavages composés de motifs plus complexes. En effet, les transformations pourront se faire automatiquement avec GEOGEBRA ou en écrivant un algorithme avec SCRATCH.
Le choix par les élèves du logiciel GEOGEBRA impliquera la nécessité de créer un motif et ensuite d'utiliser le menu de transformation. Pendant l'année nous avons utilisé plusieurs fois GEOGEBRA. Les élèves connaissent les différents menus à l'exception

du menu transformation sur lequel nous n'avons travaillé que l'option de construction du symétrique d'une figure par rapport à un axe et/ou un point. Les options de rotation et translation ne sont pas connues par les élèves ; je donnerai une fiche expliquant l'utilisation de ces outils. (voir annexe Fig. B.2).
Les élèves qui choisiront SCRATCH comme logiciel pour produire leur pavage pourront éventuellement rencontrer plusieurs petits problèmes dans l'enchaînement des blocs d'instructions. La programmation utilisant SCRATCH a été travaillée de façon intuitive, sans explication rigoureuse des blocs de contrôle. Au cours de ces séances nous avons utilisé ce logiciel, afin de produire des frises ou d'apprendre les notions liées aux angles. Il faut aussi noter que pendant le cours de technologie, les élèves ont utilisé le logiciel mais pas pour des notions mathématiques. Enfin, une fiche sera donnée expliquant l'utilisation d'une fonction(sous-programme) en informatique. (voir annexe Fig. B.3)

2.2.4 Organisation mathématique et moments de l'étude

Dans toute l'activité de prise d'initiatives, l'élève rencontre différents types de tâches correspondants à la notion de symétrie travaillée dans le cours.

T_1 Reconnaître le motif du tableau.

T_2 Reconnaître une transformation géométrique.

T_3 Construire l'image d'un motif par une transformation géométrique (symétrie centrale, rotation, translation).

Les deux premières tâches forment une partie de la description et l'analyse du tableau.
La dernière correspond à la partie de réalisation d'un tableau.
Les techniques pour les différentes tâches sont décrites ci dessous.

τ_1 : Si une figure se répète plusieurs fois dans le tableau, cela sera le motif.

τ_2 :
- Si le motif est tourné à $180°$ autour d'un point, il existe une symétrie centrale.
- Si le motif a été tourné autour d'un point d'un certain angle et que celui-ci n'a pas été déformé ni agrandi, il existe une rotation.
- Si le motif est glissé d'une certaine longueur, il existe une translation.
- Si le motif est réduit, agrandi ou inversé, il existe une homothétie.

τ_3^1 : Symétrie de centre E :

- On prend trois points du motif A, B, C.

- On trace les demi-droites $[BE)$, $[AE)$, $[CE)$.
- On trace un arc de cercle de centre E et de rayon AE.
- On place A' à l'intersection de cet arc et de $[AE)$, donc E est le milieu de $[AA']$.
- On procède de la même manière pour obtenir B', C'.
- Finalement on relie les points.

τ_3^2 **:** Rotation de centre O et d'angle β (β peut prendre n'importe quelle valeur).

- On prend trois points du motif A, B, C.
- On trace une demi-droite $[Ox)$ telle que $\widehat{AOx} = \beta$
- On trace un arc de cercle de centre O qui passe par A (le sens de rotation doit être choisi).
- On place A' à l'intersection de cet arc et de $[Ox)$.
- On procède de la même manière afin d'obtenir les points B', C'.
- On relie les points.

τ_3^3 **:** Translation qui envoie E en F.

- On prend trois points du motif A, B, C.
- On trace la demi-droite $[Ax)$ parallèle à (EF) dans le sens de E vers F.
- On trace un arc de cercle de centre A et de rayon EF.
- On place A' à l'intersection de cet arc et de la parallèle.
- On procède de la même manière afin d'obtenir les points B', C'.
- On relie les points.

Technologie et théorie justifiant les techniques :

θ_1 Définition de : rotation, symétrie centrale, translation et homothétie.

θ_2 Toutes ces transformations à l'exception de la l'homothétie, conservent les angles, les longueurs, les aires ainsi que l'alignement des points.

Θ Les transformations de Möbius.

Les moments de l'étude présents dans cette activité changent en fonction de la consigne que l'élève est en train d'effectuer.

Moment de première rencontre : quand le professeur distribue l'activité à travailler en groupe (première séance), l'élève se trouve pour la première fois avec un tableau de type pavage. C'est la première fois qu'il se confronte avec cette situation problématique : reconnaître l'image d'une figure (motif).

Moment exploratoire : entre la quatrième et la cinquième séance, on voit émerger la technique pour construire l'image d'une figure par une transformation de type translation et/ou rotation, en fonction de l'observation de différents tableaux de l'auteur.

Moment du technologico-théorique : la technologie associée aux transformations de translation et de rotation, viendra à la suite de l'émergence de la technique, pour qu'ensuite les élèves puissent créer leur propre tableau.

Moment du travail : deux épisodes du moment du travail :

- Le premier épisode correspond à la description du tableau donné, où les élèves devront travailler l'organisation mathématique faite en cours au début de l'année.
- Le deuxième épisode correspond à la production de leur propre création artistique, car ils devront travailler l'organisation mathématique correspondante au type de tâche : construction de l'image d'une figure par une transformation géométrique.

Moment de l'institutionnalisation : deux épisodes où on fera l'institutionnalisation :

- Au moment de la description du tableau, on fera un bilan de l'organisation mathématique travaillée pour la description.
- Après l'émergence de deux nouvelles techniques (transformation par translation et par rotation).

2.2.5 Scénario

Cette activité à prise d'initiatives doit de se réaliser en 7 séances. Les élèves travailleront en groupes de 4 soit 7 groupes par classe (sur un total de 2 classes). Les groupes sont composés de manière homogène, c'est-à-dire que les membres du groupe ont le même niveau. Chaque membre du groupe a un rôle :

- Ambassadeur : la personne qui pose les questions à l'enseignant.

- Vigilant : la personne qui gère le niveau de décibels du groupe ainsi que le comportement du groupe.
- Secrétaire : la personne qui maintient à jour le carnet de bord donné par l'enseignant.
- Animateur : la personne qui gère la parole dans le groupe.

Le travail s'effectuera soit dans la salle de classe soit au CDI, avec l'accord du documentaliste qui fournira aux élèves tous les outils pour chercher l'information. Les trois groupes qui travailleront au CDI seront composés de bons élèves, ce qui permet à la professeure de consacrer plus de temps aux élèves en difficulté. La classe mobile sera également utilisée afin que chaque groupe ait au moins un ordinateur. Les groupes qui seront au CDI pourront utiliser les ordinateurs installés sur place.
Un scénario prévu correspondant à la dévolution des élèves :

Rôle de l'élève	Rôle du professeur
• E : Madame, ce n'est pas la même chose description et analyse ?	• P : Décrire c'est dire ce que tu es en train d'observer. Analyser c'est dire si le graphiste utilise toujours la même technique, les mêmes éléments. Pour ça, vous devrez chercher d'autres tableaux du même artiste pour comparer.
• E : Madame, je ne sais pas comment faire.	• P : D'abord observez la figure. Qu'est ce que vous voyez ? Qu'est-ce qu'il y a comme motifs ?
• E : Madame, est-ce que vous avez l'image en couleur ?	• P : Il ne faut pas vous concentrer sur la couleur.

Suite page suivante . . .

Continuation . . .

Rôle de l'élève	Rôle du professeur
• E : Madame, on voit que les étoiles et les coquillages se répètent.	• P : De quelle façon se répètent-ils ? Ces formes sont-elles mises aléatoirement ?
• E : Non madame, elles sont ordonnées, elles sont symétriques.	• P : Il y a de la symétrie, laquelle ?
• E : Je ne sais pas.	• P : Quels types de symétrie a-t-on vu en cours ? Peux-tu regarder ton cahier de leçons ?

TABLE 2.5 – Scénario de la première partie : Description et Analyse.

Pour la deuxième partie du travail en groupe le scénario suivant est envisagé :

Rôle de l'élève	Rôle du professeur
• E : Madame, on ne sait pas comment commencer.	• P : Dis-moi ce que tu as observé dans l'œuvre d'Escher.
• E : Des étoiles qui forment un rond et les coquilles qui forment une hélice.	• P : Pardon ! C'est quoi un rond ?
• E : Un cercle.	• P : Bien. Qu'est-ce qu'un cercle et une hélice ?
• E : des formes géométriques.	• P : Très bien. Le groupe doit choisir quelle forme utiliser, par exemple des triangles ou parallélogrammes. Ensuite, vous avez le choix de la faire à la main ou avec GEOGEBRA ou SCRATCH. On a déjà fait en AP l'image d'une figure par symétrie centrale avec GEOGEBRA, regardez le cahier d'exercices. Avec SCRATCH on a dessiné des hexagones et des triangles qui forment un hexagone, cherchez dans le cahier d'exercice.

TABLE 2.6 – Scénario de la deuxième partie : Production d'un dessin.

2.3 Communes et Sénat

2.3.1 Hypothèse

Les Mathématiques au service des autres disciplines : du sentiment d'utilité à l'investissement dans l'activité.
Résolution d'un problème lié aux autres disciplines : Un contexte familier pour rentrer plus profondément dans le problème et une dévolution plus naturelle.

2.3.2 Organisations mathématique et didactique

ORGANISATION MATHÉMATIQUE

- **Type de tâche 1 :** Déterminer le type de série.
- **Technique :** Repérer la population et le caractère étudié.
  En déduire si le caractère est quantitatif ou qualitatif.
- **Technologie :** Définitions des termes « population », « caractère », « caractère quantitatif » et « caractère qualitatif ».
- **Théorie :** Cadre de la théorie des statistiques.

- **Type de tâche 2 :** Organiser les données (par population décroissante)
- **Technique :** Utiliser l'option de tri du tableur
- **Technologie :** Algorithme de tri
- **Théorie :** Algorithmes de tri

- **Type de tâche 3 :** Calculer la moyenne
- **Technique :** Utilisation de la formule MOYENNE() du tableur.
- **Technologie :** Utilisation des formules du tableur.

- **Type de tâche 4 :** Calcul de l'effectif total
- **Technique :** Utilisation de la fonction SOMME() du tableur

---

- **Type de tâche 5 :** Calculer la médiane et les quartiles et traduire les résultats par des phrases
- **Technique :** Repérer le nombre total de communes dans le tableur
  En déduire le rang des quartiles, leur valeur et la médiane.
- **Technologie :** Définition de la médiane et des premier et troisième quartiles.

- **Théorie :** Quantiles

- **Type de tâche 6 :** Interpréter un histogramme, discuter d'un choix pertinent de représentation.
- **Technique :** Lecture du graphique
  Choisir des tranches pertinentes : Concéder entre exhaustivité et visibilité.

- **Type de tâche 7 :** Réfléchir au choix d'un échantillon représentatif (de la population française)
- **Technique :** Exploiter les documents proposés selon les critères suivants :
  - l'âge
  - la taille des communes (« ruralité »)
  - les votes au second tour des élections présidentielles

ORGANISATION DIDACTIQUE

MOMENT TECHNICO-THÉORIQUE :

Le chapitre de Statistiques se conclut sur cette activité. Toutes les notions ont été vues et appliquées précédemment.

MOMENT EXPLORATOIRE :

Découverte de l'utilisation d'un outil logiciel dans le but d'exploiter une grand nombre de données. Les formules et leurs intérêts sont spécifiés au tableau dès le début de la séance.

MOMENT DE PREMIÈRE RENCONTRE :

Les élèves découvrent un enjeu des statistiques à une autre échelle et dans un domaine lié à une autre discipline, ainsi que l'apport du tableur.

MOMENT DE TRAVAIL :

Cette activité est l'occasion de travailler une nouvelle fois certaines techniques de Statistiques.

MOMENT D'INSTITUTIONNALISATION :

Un bilan sera écrit dans le cours sur cette activité, ayant pour thème l'apport des statistiques dans des domaines variés, et ici pour analyser la constitution du Sénat. Les

élèves rappellent ces domaines dans lesquels ont servi les statistiques au cours des différents exercices et activités.
Puis le professeur synthétise en ouvrant sur la vigilance à avoir pour choisir pertinemment un échantillon, permettant ainsi d'intéresser les élèves au sujet de l'Échantillonage qui sera le prochain chapitre de Statistiques.

2.3.3 Contexte

Il s'agit d'un travail où se croisent différents champs disciplinaires et qui est par nature propice à décloisonner les enseignements. Les élèves seront sûrement un peu surpris de rencontrer de la géographie en maths, des maths en géographie.
Au delà de ceci, les élèves seront amenés dans cette activité à utiliser des notions en mathématiques, en géographie (commune, agglomération, espace rural), en histoire (Vème république, Sénat, droite et gauche en politique) ou en éducation civique (suffrage universel direct et indirect, légitimité démocratique).
Comme toujours essayé, cette activité a pour fonction :

- de conforter l'acquisition par chaque élève de la culture mathématique nécessaire à la vie en société et à la compréhension du monde ;
- d'assurer et de consolider les bases mathématiques nécessaires aux poursuites d'étude du lycée ;
- d'aider l'élève à construire son parcours de formation.

Quelques objectifs généraux de l'année de seconde sont travaillés ici :

- Faire une analyse critique d'un résultat, d'une démarche ;
- Pratiquer une lecture active de l'information (critique, traitement), en privilégiant les changements de registre (graphique,numérique, algébrique, géométrique) ;
- Utiliser les outils logiciels (ordinateur ici) adaptés à la résolution d'un problème ;
- Communiquer à l'écrit ou à l'oral.

A ce niveau, cette activité permet le réinvestissement des notions étudiées en statistiques (médiane, moyenne, quartiles) et d'aiguiser la vision critique des élèves vis-à-vis des méthodes d'échantillonnage.

2.3.4 Structure

Cette activité est réalisée en collaboration avec le professeur d'Histoire Géographie.

Pour la partie mathématique, le chapitre de Statistiques a déjà été traité. Cette activité arrive après le chapitre sur les fonctions du second degré. J'espère que les élèves démarreront ainsi le chapitre sur l'échantillonage qui suivra avec un oeil vigilant sur la question de la représentativité de l'échantillon.

L'activité prend place sur trois séances.

> **La première séance** vise à découvrir comment on peut exploiter et manipuler un gros fichier (issu du recensement 2006 de l'INSEE) à l'aide du tableur.
>
> Ce travail nous permet d'aborder les notions de communes et d'agglomération, puis d'évoquer **la question de l'échelon le plus pertinent et le plus démocratique pour administrer un territoire**. Nous nous interrogeons ensuite sur l'usage possible d'un tel fichier.
>
> > *« L'objectif est de faire réfléchir les élèves sur des données réelles, riches et variées (issues, par exemple, d'un fichier mis à disposition par l'INSEE), synthétiser l'information et proposer des représentations pertinentes. »* (BO de seconde)
>
> Sont alors abordées les notions de moyenne, médiane, quartiles : quelles informations en tirer et comment les calculer.
>
> **La deuxième séance** porte sur la représentation graphique. Il s'agit de réfléchir aux différents choix que l'on peut faire pour représenter graphiquement le nombre d'habitants des différentes communes francaises. On se demande quelles informations sont lisibles sur le graphique et quelle légende mettre.
>
> **La troisième séance** permet de faire un lien entre l'étude des communes francaises réalisée jusqu'alors et une spécificité du Sénat francais. En s'appuyant sur les connaissances acquises lors des deux premières séances ainsi que sur deux nouveaux documents, nous tentons d'apporter des éléments de réponse à la question suivante : pourquoi le Sénat français est-il resté ancré politiquement à droite depuis le début de la Vème République ?

Détails du dispositif

Toute l'activité est réalisée en *demi-groupe*.

La première séance se passe en salle informatique, les deux autres en salle de classe. Les deux premières séances sont réalisées par le professeur de Mathématiques et la troisième séance par le professeur d'Histoire-Géographie.
Si possible, le professeur d'Histoire-Géographie sera aussi présent pendant la première séance.

2.3.5 Objectifs visés

CHERCHER

- Extraire, organiser et traiter l'information utile.

MODÉLISER

- Traduire en langage mathématique une situation réelle à l'aide d'outils statistiques.

REPRÉSENTER

- Passer d'un mode de représentation à l'autre.

COMMUNIQUER

- Critiquer une démarche ou un résultat
- S'exprimer avec clarté et précision à l'écrit et à l'oral

Chapitre 3

Analyse *a posteriori*

3.1 Le plan incliné

3.1.1 Description : première partie

L'activité s'est déroulée comme prévu pour les deux classes. Les binômes se sont vite constitués. Le fait de disposer les élèves par binômes a pu apporter un gain de temps, pas de déplacement des tables. Les deux classes étant en nombre impair le jour de l'activité, dans une des classes un trinôme fut constitué et dans l'autre une élève a préféré travailler seule. Le timing prévu par l'analyse a priori a été respecté dans les grandes lignes. Dans la première demi-heure, les seules interventions du professeur ont été de présenter l'activité, d'observer les manipulations des élèves et d'aider l'élève travaillant seule. Cette aide consista à servir d'assistant de manipulation du livre. Aucun conseil quant à l'utilisation du rapporteur n'a été prodigué.
Moment de première rencontre et exploratoire.
Lors des observations, le professeur constate que tous les binômes ont compris qu'il fallait mesurer un angle. La majorité des binômes n'utilisent pas le rapporteur fabriqué précédemment. Ces binômes tentent de manipuler directement le rapporteur plus précis et ne passent pas par des gabarits. Cependant, certains binômes proposent d'utiliser le rapporteur fabriqué. Le choix du professeur est alors de se concentrer sur les binômes utilisant le rapporteur fait maison. À cet instant, l'étayage prévu à cet effet a été relativement efficace et ces binômes ont donc continué avec le rapporteur plus précis. Durant la deuxième partie de la séance, le professeur demande si les mesures ont été effectuées et incite les élèves à échanger leur rôle. Le professeur tourne à nouveau et observe les manipulations des élèves. Comme aucune institutionnalisation n'est prévue pour cette séance, le professeur ne donne que très peu d'indications aux élèves quant aux imprécisions de manipulation. Une fois que tous les élèves ont fait au

moins une série de mesures chacun, le professeur demande aux binômes de remplir la feuille-réponses en étant le plus descriptif possible, afin de pouvoir comprendre la technique employée par chaque binôme. Les phrases prononcées sont : « Remplissez la feuille comme vous voulez, mais je dois pouvoir comprendre ce que vous avez fait. J'ai besoin d'un compte rendu de votre expérimentation ».

3.1.2 Analyse des productions : liens avec les indicateurs

L'analyse des feuilles-réponses a permis de distinguer trois types de productions. La première est erronée et permettra au professeur de comprendre l'erreur commise par les élèves afin de mieux pouvoir y remédier. La deuxième est proche d'un schéma que l'on pourra retrouver en physique. La dernière mettant en avant la technique pour utiliser le rapporteur servira au moment de l'institutionnalisation.

Dans la Fig 3.1 nous pouvons observer l'erreur commise par le binôme. Les membres de ce dernier ont utilisé le rapporteur pour bloquer la couverture du livre sur la position limite de début de glissement. Malgré le fait que ce binôme ait repéré la grandeur à mesurer, ses membres n'ont pas réussi à déterminer la technique liée à la manipulation du rapporteur. Ce binôme sera choisi par le professeur lors de la deuxième séance pour assister ce dernier.

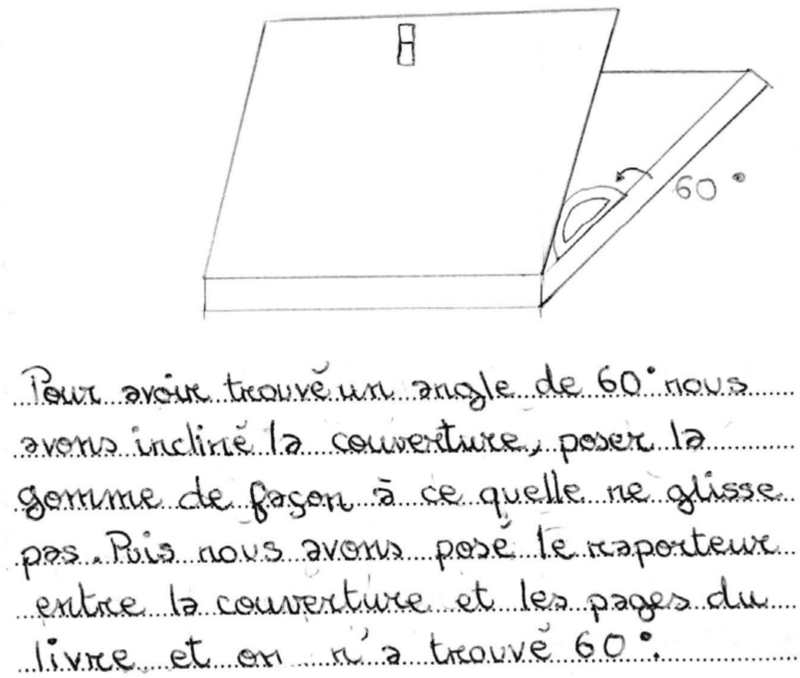


FIGURE 3.1 – Un type d'erreurs.

Dans la Fig 3.2 nous avons deux réponses très similaires. Ces dernières sont très proches d'une représentation que l'on peut retrouver en physique (bien plus tard bien sûr, etc...). La technique employée quant à l'utilisation du rapporteur est absente. Cependant, la valeur de l'angle mesuré étant acceptable, on peut en déduire que la méthode employée par les élèves est correcte. Sur la première production (à gauche), le calcul du cosinus de l'angle permet de mettre en évidence les imprécisions de mesures, mais nous ne pouvons pas déterminer si c'est l'angle qui a mal été mesuré où les côtés du triangle. Sur la deuxième production, cette fois-ci, le calcul de la tangente révèle la précision avec laquelle les mesures ont été effectuées. De plus, les élèves mettent bien en avant le phénomène physique observé.

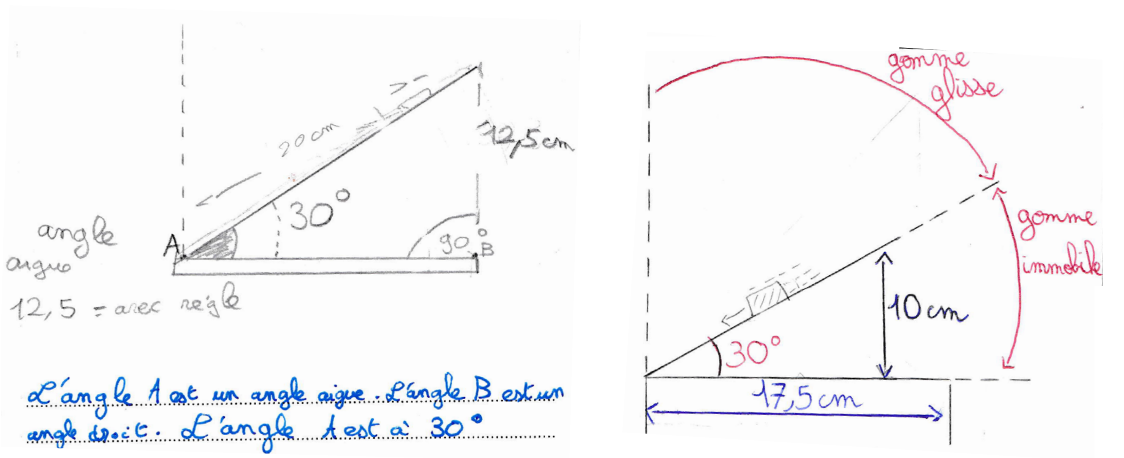


FIGURE 3.2 – Schémas très détaillés.

Dans la Fig 3.3 nous pouvons observer deux productions où les élèves ont choisi de mettre en avant la technique associée à l'utilisation du rapporteur. On remarque que ces binômes ont su placer le rapporteur correctement, notamment en ce qui concerne le sommet de l'angle. Sur la première production (à gauche), les élèves ont baptisé les côtés de l'angle, ce qui pourra être un avantage de visualisation pour permettre d'aider les élèves en difficulté lors du moment de travail. Ces deux productions serviront au moment de l'institutionnalisation. Elles seront projetées au tableau par le professeur.

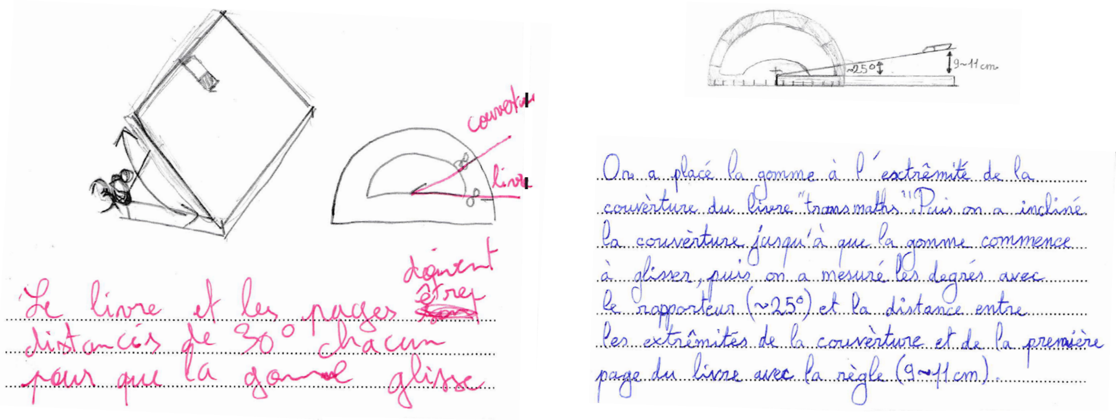


FIGURE 3.3 – Utilisation du rapporteur.

3.1.3 Description : deuxième partie

t = 0 à 5 min : Les élèves s'installent. Le professeur projette au tableau les moyennes des mesures effectuées par les élèves. Le professeur restitue les feuilles-réponses à chaque binôme. Le fait que les productions ne sont pas annotées par le professeur interpelle les élèves. Le professeur leur rappelle alors, que le but n'était pas de les noter mais seulement de rassembler les résultats.

6ème 1	GRANDE GOMME	petite gomme
angle	30	40
angle	32	38
angle	30	33
angle	30	38
angle	38	30
angle	30	30
angle		30
angle		25
Moyenne	31,6666666666667	33

6ème muse	GRANDE GOMME	petite gomme
angle	30	30
angle	30	30
angle	22,5	60
angle	30	34
angle	22,5	30
angle	25	20,1
angle		35
Moyenne	26,6666666666667	34,1571428571429

t = 5 à 15 min : Comme prévu par l'analyse a priori, le professeur effectue la manipulation lui-même, avec la participation d'un binôme n'ayant pas déterminé la bonne technique. Il demande alors au binôme interrogé comment placer le rapporteur. Les membres de ce binôme n'étant pas sûrs, le professeur demande alors à un élève ayant déterminé la bonne technique d'exposer sa méthode à l'oral. Après plusieurs tentatives, le binôme interrogé finit par placer correctement le rapporteur et effectuer la bonne mesure.

t = 15 à 30 min : Une fois les résultats écrits au tableau les élèves interrogés regagnent leur place. La mise en opposition des valeurs obtenues avec les moyennes amorce le débat. Sans qu'aucune question ne soit posée par le professeur les premières idées surgissent. Dans une des deux classes une élève parle de « Newton », après avoir questionné son entourage (le papa a étudié la physique). Dans l'autre classe, l'analyse physique se termine par : « la petite descend en premier car plus légère donc moins de frottements ».

t = 30 à 40 min : Moment de travail. Distribution d'une planche d'exercices sur la mesure d'un angle avec le rapporteur. Les élèves sortent leur rapporteur et travaillent. Le professeur tourne dans les rangs et aide les élèves qui utilisent mal l'outil.

t = 40 à 55 min : Moment d'institutionnalisation. Correction de l'exercice et institutionnalisation de la technique. Le professeur projette une des feuilles-réponses au tableau, afin de pouvoir réaliser avec les élèves un schéma qui sera reproduit dans le cahier de leçons.

3.1.4 Retour aux objectifs liés à la problématique

Pour ce qui est de la première hypothèse, les élèves ont tous déterminé qu'il fallait mesurer l'angle d'inclinaison de la couverture et que ce dernier était le paramètre principal influençant le glissement de la gomme. De plus, comme ils sont rentrés dans l'activité par la porte des sciences physiques et qu'ils ont décidé par eux-mêmes qu'il fallait mesurer un angle, le professeur n'a pas eu à influencer le choix de l'instrument. Les élèves ont tous sorti leur rapporteur de leur propre chef. Certains ont même fait le choix de récolter d'autres mesures comme l'altitude initiale de la gomme. Ces mesures ne sont pas utiles ici, mais elles le seront un jour prochain (pour la trigonométrie par exemple, il suffirait de reformuler l'activité).
En ce qui concerne la dernière hypothèse, le fait qu'à la deuxième séance une élève ait parlé de Newton, montre qu'elle a dû discuter de cette activité avec son entourage, ce qui pourrait être indicateur d'une réussite quant au développement de la curiosité scientifique.
Finalement, le principal avantage sur le court terme de cette activité, a été de donner une représentation mentale de la mesure d'un angle. En effet, les élèves ont pour la plupart tous retenus l'image de la couverture donnant la mesure de l'angle. Le rappel de cette image a souvent permis de débloquer des élèves lors des moments de travail.

3.2 Arts Plastiques et Maths

3.2.1 Description d'une séance

Le travail a été réalisé pendant 2 semaines (7 séances pour chaque classe). Les élèves rentraient dans la salle, se plaçant en groupes. A chaque séance, l'enseignante a remis le carnet de bord aux élèves, pour leur permettre de regarder qu'elle avait donné des solutions aux difficultés rencontrées au cours de la séance précédente. L'enseignante a ensuite choisi trois groupes pour travailler au CDI, de manière à ce que tous les groupes aient l'opportunité de travailler avec le documentaliste du collège au cours des 7 séances.
La professeure détaillera ici certains échanges parmi les différentes séances de travail en groupes. Dans une première partie, le travail des groupes correspond à la description et l'analyse de l'oeuvre donnée. Dans la deuxième partie, quelques dialogues s'installent avec certains groupes au moment de rédiger le compte-rendu et la production d'un dessin.
Première partie
La première séance a été assez difficile ; les élèves ayant été assignés à leur groupe par l'enseignante, ils n'étaient pas satisfaits et le démarrage du cours s'est donc fait attendre. L'enseignante a choisi les groupes de niveaux fort et moyen pour aller au CDI. Un des deux groupes de niveau faible n'a pas réussi à se mettre au travail et a commencé à s'agiter. Ce groupe était composé de 5 élèves car il y a au total 29 élèves dans la classe et donc 6 groupes de 4 et 1 groupe de 5 élèves.

P : Qui est le "vigilant" dans ce groupe, parce que je vois que vous ne travaillez pas ?

Élève L : Madame, c'est F le vigilant. Le problème madame, c'est que J ne nous laisse pas nous concentrer. Il parle trop.

P : Alors, si J ne fait que parler, ne lui répondez pas, comme ça il va se mettre au travail. Est-ce que vous avez compris la consigne ?

Élève H : Madame, faire une description et analyser ça n'est pas la même chose ?

Élève L : Non H, dans la description on doit dire ce qu'on voit. Madame, pour analyser, on fait quoi ?

P : D'abord, vous devez vous focaliser sur ce que vous voyez. O, dis-moi ce que tu observes ?

Élève O : Je vois des étoiles de mer, des coquillages, des escargots.

P : Est-ce que tous ces éléments sont disposés au hasard ?

Élève H : Non madame, ils forment un carré.

Élève L : Où est-ce que tu vois un carré ?

Élève H : Regarde, il y a d'abord les coquillages et les étoiles de mer sont disposées autour et au fond il y a quelque chose de gris, les escargots. Tout ça est placé en carré.

Élève L : Moi je vois que les étoiles forment un rond.

P : c'est quoi un rond ?

Élève H : Un cercle madame.

Élève O : Ah oui !

P : F, Qu'est-ce que tu vois ?

Élève F : Je vois que tout se répète. Vous n'avez pas la photo en couleur, parce que je ne vois pas bien ?

P : Ok, je te donne ma copie qui est en couleur. C'est très bien ce que vous dites, continuez comme ça. Je vais voir l'autre groupe et je reviens.

Autre séance de la même partie, avec un groupe de niveau moyen :

Élève M : Madame, on a fini les deux premières parties.

P : Montrez-moi votre analyse..... Hmmmm, mais comment pouvez-vous parler de « Opt Art » si vous n'avez pas observé d'autres œuvres du même auteur ?

Élève J : Comment ça madame ? On a lu dans un des livres que nous a montré M. Moreau (le documentaliste) et c'est marqué ça.

P : [Visite le site officiel de M.C. Escher (http ://www.mcescher.com/gallery/symmetry/) pour montrer les différentes œuvres] Voici quelques œuvres d'Escher, regardez et utilisez les pour faire des comparaisons.

Élève M : [choisi le tableau « *Eagle* »] C'est la France madame, bleu, blanc, rouge.

P : Alors, vous observez quoi ?

Élève J : On voit des aigles de 3 couleurs, alignés...

Élève K : Une ligne regarde vers la droite et l'autre vers la gauche, elles sont intercalées ou déplacées.

Élève J : Comme si le graphiste avait glissé une ligne sur deux.

P : Très bien J. Ce qu'on observe c'est une translation. L'effet de glisser est une translation. Vous avez observé de la symétrie centrale, c'est ce que vous avez écrit pour la première question. Dans ce tableau il y a de la translation. En mathématique on appelle transformation géométrique le fait de faire l'image d'une figure par symétrie (centrale ou axiale) ou par translation par exemple. Vous avez compris. Vous pouvez choisir un autre tableau si vous voulez.

Élève M : Oui madame. J, regarde cela.... (elle signale le tableau « *Two birds* » où le graphiste utilise le même effet.)

P : Vous m'expliquez ça dans votre réponse en m'indiquant quels tableaux vous avez choisis.

Deuxième partie

L'enseignante avait prévu que tous les groupes commencent à travailler sur le dessin. La majorité des groupes discutait de la forme géométrique ou de la figure à utiliser pour faire leur dessin. L'enseignante en circulant entre les groupes, a observé que la majorité des groupes utilisait GEOGEBRA (dans l'une des deux classes). Un groupe appelle l'enseignante :

Élève E : Madame, vous aimez notre dessin ?

P : Expliquez-moi ce que vous utilisez.

Élève S : Madame, c'est M. Moreau qui nous a dit qu'on peut utiliser « Triangle Colorier »

P : Montrez-moi comment ça marche.

Élève R : C'est facile madame, on doit simplement dessiner une image et ensuite choisir si on veut faire une symétrie centrale ou axiale. C'est un logiciel pour faire des pavages.

P : Très bien. Le jour de l'exposé il va falloir bien expliquer ce que vous avez fait pour réaliser ce dessin.

Élève R : D'accord madame.

Une classe a fait majoritairement le dessin à la main (4 groupes sur 7), l'autre classe a préféré utiliser GEOGEBRA (4 groupes sur 7), deux des trois groupes en difficulté ont préféré utiliser TRIANGLE COLORIER (http ://trianglacolorier.free.fr/).

3.2.2 Analyse : Organisation mathématique et organisation de l'étude

Moment didactique	Rôle de l'élève	Rôle du professeur
Moment de la première rencontre. Les élèves confrontés à une situation de la vie (culturelle), ne se rendent pas compte qu'ils sont en train de faire des mathématiques quand ils décrivent l'œuvre, qu'ils doivent reconnaître une image d'une figure par symétrie (centrale ou axiale).	• E : Madame, les étoiles forment un cercle et les coquillages une hélice. • E : Non madame, il y a de la symétrie. • E : La symétrie axiale. • E : Si on plie la feuille on voit qui est symétrique. • E : On doit mesurer les distances.	• P : Tous ces éléments sont-ils disposés au hasard ? • P : quel type de symétrie ? • P : vous êtes sûrs ? • P : il y a une autre méthode pour vérifier la symétrie axiale.

Suite page suivante . . .

Continuation . . .

Moment didactique	Rôle de l'élève	Rôle du professeur
Moment du travail.	• Partie description, les élèves sont en train de travailler l'organisation mathématique de la symétrie centrale. • Partie production, de leur propre dessin, les élèves utilisent les techniques des transformations géométriques afin de bien élaborer leur dessin.	P : Dit de regarder dans le cahier de leçon la méthode : comment on fait l'image d'une figure pour la symétrie centrale.
Moment technologico-théorique. Des éléments technologiques ont émergé au moment de l'analyse des techniques du graphiste Escher.	• E : On voit des aigles de 3 couleurs, alignés... ... Une ligne regarde vers la droite et l'autre vers la gauche. Elles sont intercalées ou déplacées. ... Comme si le graphiste avait glissé une ligne sur deux.	• P : Alors, vous observez quoi ? • P : Très bien J. Ce qu'on observe c'est une translation. L'effet de glisser est une translation. Vous avez observé de la symétrie centrale, c'est ce que vous avez écrit pour la première question. Dans ce tableau il y a de la translation. En mathématique on appelle transformation géométrique le fait de faire l'image d'une figure par symétrie (centrale ou axiale) ou par translation par exemple.

Suite page suivante . . .

Continuation ...		
Moment didactique	Rôle de l'élève	Rôle du professeur
Moment d'institutionnalisation.	• Le rapport écrit par les élèves sur la description et l'analyse de l'œuvre d'Escher fait partie d'une institutionnalisation, car ils écrivent ce qu'ils ont compris de la tâche complexe. • Le dessin réalisé est aussi une institutionnalisation : en faisant le dessin ils utilisent les techniques de transformations géométriques.	P : Aide les groupes qui la sollicitent pour l'orthographe ou pour la mise en page.

TABLE 3.1 – Moments de l'étude rencontrés.

L'organisation mathématique prévue a bien été mise en place. Les élèves ont pu reconnaître dans certaines œuvres d'Escher différentes transformations géométriques (symétrie centrale, axiale, rotation, translation). Un groupe (de bons élèves) a parlé de la perspective, soit indirectement l'homothétie, ce qui n'était pas prévu dans l'organisation mathématique.

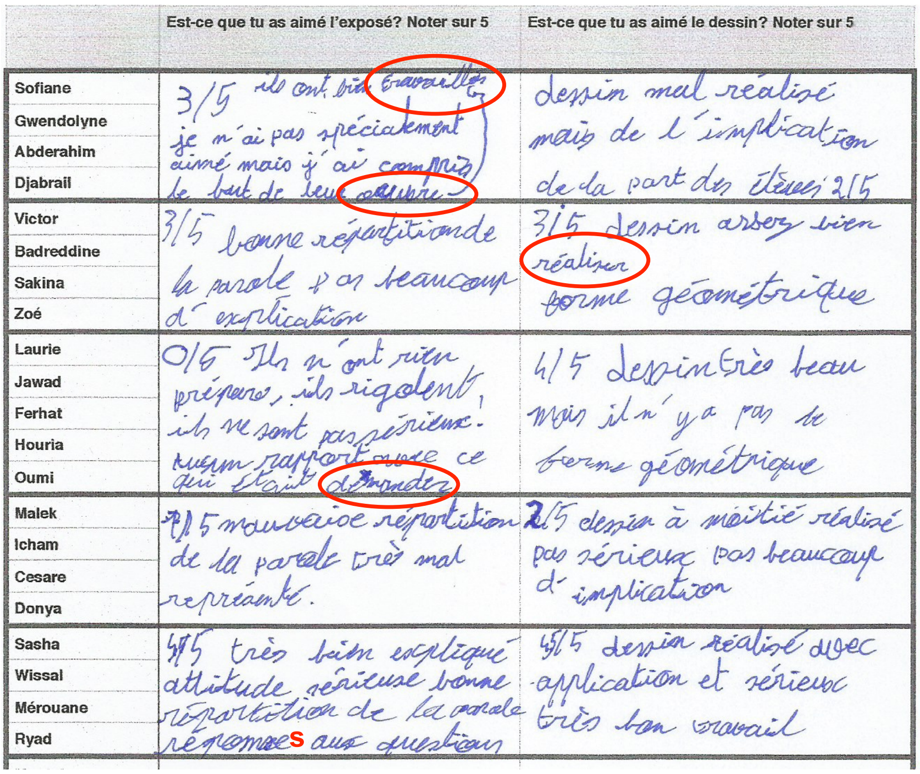
3.2.3 Analyse des écarts

Le dispositif qui rentre dans le cadre des EPI (FRANCE, 2016), prend en compte 3 disciplines : arts plastiques, français et mathématiques. Ce projet n'a pas pu se dérouler comme un réel projet interdisciplinaire, car l'établissement donnait la priorité aux classes de troisièmes au niveau de la charge pédagogique. Ce projet n'a donc été mis en place que par l'enseignante de mathématiques dans deux classes de cinquièmes. L'atteinte de l'ensemble des objectifs visés (dans les 3 disciplines) par un seul enseignant était donc très ambitieuse. Pourtant, du point de vue des mathématiques (et dans une certaine mesure dans les autres disciplines), les écarts ne sont pas très grands.

Un des écarts trouvé a été la rédaction du rapport demandé à la fin de la tâche à prise d'initiatives. Le niveau de rédaction a été faible, il aurait fallu travailler la rédaction avec l'enseignant de français pour bien mettre en forme les réponses aux questions. Il aurait été également possible de travailler le vocabulaire, car ce dispositif est riche en termes spécialisés à la fois aux arts plastiques et aux mathématiques. Un travail avec le professeur de français pourrait être plus enrichissant pour les élèves.
D'autre part, l'aide du professeur d'arts plastiques aurait été bienvenue. Dans l'observation d'une œuvre d'art il y a aussi des subtilités liées aux styles et mouvements artistiques, connaissances que l'enseignant de mathématiques n'a pas toujours. Le dispositif a bien motivé les élèves à chercher sur internet ou dans les livres (au CDI) car les œuvres d'Escher leur ont plu. Le dispositif a réveillé l'intérêt des élèves, certains d'entre eux parlaient par exemple des tableaux et d'illusion optique dans la cour de récréation.
Du point de vue mathématiques, les élèves ont bien travaillé. Ils ont bien mobilisé leurs connaissances sur la symétrie centrale principalement, mais aussi pour certains qui ont trouvé les notions de translation et de rotation. Au niveau de la production artistique, l'enseignante n'avait pas prévu l'utilisation d'un autre logiciel que GEOGEBRA et SCRATCH. Le logiciel TRIANGLE COLORIER est facile d'utilisation et donne un outil pour la différenciation pédagogique. Tous les élèves ont été en contact avec ce logiciel, mais il y a que deux groupes (de niveau moyen-faible et faible) qui l'ont utilisé.
D'un autre côté, l'enseignant ne s'attendait pas à la bonne intégration d'un élève (avec le syndrome d'Asperger) dans le travail de groupe. Son rôle dans le groupe a été celui de secrétaire. Il devait donc tenir à jour le carnet de bord : écrire ce que faisait chaque membre du groupe, les références consultés (internet, CDI) et noter les difficultés rencontrées. À travers ce carnet de bord l'enseignante a eu, pour la première fois, la possibilité de connaître l'opinion de cet élève. Il est assez précis dans ses démarches, mais le manque de communication orale rend son intégration difficile. Pendant les séances, l'élève rigolait, se sentait bien avec le groupe. C'est un point positif dans la mise en place du dispositif.
Pour la plupart des groupes, après avoir écrit un commentaire sur le travail en groupe, les élèves ont trouvé que le travail en groupe est un exercice difficile. Certains pensent que la difficulté venait du fait que les membres du groupe n'étaient pas copains. D'autres disent qu'il n'y avait pas de bons élèves dans leur groupe. Malgré ce sentiment légèrement négatif, les productions des élèves (dessins) sont bonnes.

3.2.4 Analyse de productions des élèves

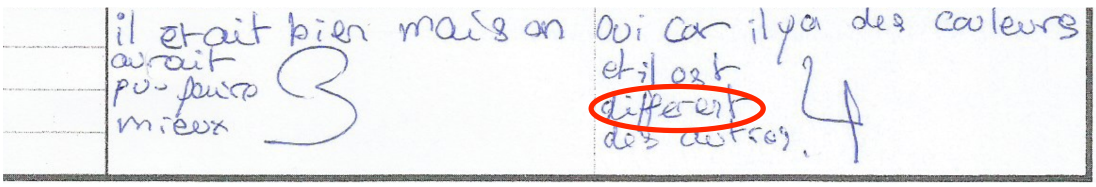
Les productions des élèves présentées, Fig. B.4, correspondent à celles d'une classe hétérogène. Les dessins sont représentatifs de ce que les élèves ont compris et travaillé pendant la première partie de la tâche, l'analyse de l'œuvre de M.C. Escher. Certains élèves ont reproduit ce qu'ils savaient bien faire, comme la symétrie axiale, Fig. B.4 (a-c), mais aussi la translation, Fig. B.4(a). L'utilisation des objets pour représenter des formes géométriques, l'effet « *Op Art* » est illustré en Fig. B.4(b).
Les Fig. B.4(d-e) sont réalisées avec le logiciel TRIANGLE COLORIER, (*Triangle à Colorier*), outil utilisé par les élèves moyens-faibles et faibles. Ces dessins répètent ce qu'ils ont observé dans le tableau donné : l'usage d'un objet pour former une hélice et ils essaient d'expliquer ce qui a été discuté en groupe : la rotation.
La Fig. B.4(f), tout comme la Fig. B.4(g) même si elles ne sont pas finies, montrent une illusion d'optique avec un effet tri-dimensionnel. Les élèves ont joué avec les couleurs pour donner l'effet de profondeur, une des techniques d'Escher pour réaliser un pavage.
Les élèves sont passés à l'oral. Le but était de présenter leur dessin en expliquant ce qui les avait motivé à le faire et quel type de transformation géométrique (symétrie, translation, rotation) ils avaient utilisé. Lors de leur passage à l'oral, les élèves ont été évalués par le reste de la classe. La Fig 3.4 montre par exemple une évaluation d'un élève très critique envers les exposés et les dessins de ses camarades. Comme dans cet exemple, tous les élèves dans sa classe ont évalué leurs camarades avec des remarques très pertinentes, (mais également sévères) pour justifier la note. De la lecture de ces commentaires, il est possible d'observer les mêmes fautes d'orthographe (entourées en rouge) faites par la majorité des élèves. Ce type d'erreurs fréquent dans les copies des élèves, nous indique où par exemple l'enseignant de français pourrait travailler en accompagnement personnalisé.



	Est-ce que tu as aimé l'exposé? Noter sur 5	Est-ce que tu as aimé le dessin? Noter sur 5
Sofiane Gwendolyne Abderahim Djabrail	3/5 ils ont bien travailler je n'ai pas spécialement aimé mais j'ai compris le but de leur oeuvre	dessin mal réalisé mais de l'implication de la part des élèves 2/5
Victor Badreddine Sakina Zoé	3/5 bonne répartition de la parole et on beaucoup d'explication	3/5 dessin assez bien réaliser forme géométrique
Laurie Jawad Ferhat Houria Oumi	0/5 Ils n'ont rien préparé, ils rigolent, ils ne sont pas sérieux. Aucun rapport avec ce qui était demander	4/5 dessin très beau mais il n'y a pas de forme géométrique
Malek Icham Cesare Donya	1/5 mauvaise répartition de la parole très mal représenté.	2/5 dessin à moitié réalisé pas sérieux pas beaucoup d'implication
Sasha Wissal Mérouane Ryad	4/5 très bien expliqué attitude sérieuse bonne répartition de la parole réponses aux questions	4/5 dessin réalisé avec application et sérieux très bon travail

FIGURE 3.4 – Évaluation de la part des élèves.

Dans l'autre classe, en plus d'être critique, la majorité des élèves a su faire une auto-critique comme le montre la Fig. 3.5. Cette élève, en général, est très dispersée dans les cours, mais s'est montrée très intéressée le jour des exposés par le travail de ses camarades. Elle a fait des commentaires très critiques tout en étant très généreuse au moment de noter. Elle a également fait une observation très pertinente sur son propre travail.



	il etait bien mais on aurait pu faire mieux 3	Oui car il y a des couleurs et il est different des autres. 4

FIGURE 3.5 – Une auto-évaluation.

Les deux évaluations présentées font ressortir les problèmes qu'ont les élèves au moment d'écrire. Une erreur récurrente est l'utilisation d'un infinitif à la place du participe passé.

3.2.5 Le dispositif a-t-il permis de mobiliser des connaissances mathématiques ?

La mise en place de ce projet interdisciplinaire avait comme objectif principal de faire travailler une partie de la géométrie qui a été, pour beaucoup d'élèves, difficile à comprendre lors de la réalisation de la leçon. L'effet d'avoir « masqué » les transformations géométriques dans l'observation et l'analyse de l'œuvre de M. C. Escher, a renforcé et augmenté les notions de transformations géométriques chez les élèves qui avaient déjà acquis ces notions. Chez les autres élèves ces notions étaient en cours d'acquisition et ont été acquises grâce au dispositif. Ce type d'augmentation dans la performance des élèves est conforme à ce qui a été précédemment décrit (HULLEMAN et HARACKIEWICZ, 2009). La recherche sur l'œuvre d'Escher, soit sur le site officiel (*M.C. Escher official website*), soit sur le livre (BRUNO, 2016), disponible au CDI, a permis de situer les notions sur les transformations géométriques dans un contexte différent à celui des mathématiques. L'enseignante a pu vérifier les acquis des élèves lors des exposés des créations des élèves. Chaque groupe décrivait son dessin en utilisant des mots et des techniques qu'il avait compris au moment de l'analyse de l'œuvre d'Escher. Après chaque exposé, chaque groupe répondait aux questions de leurs camarades en défendant le choix de leur dessin.

3.3 Communes et Sénat

3.3.1 Déroulement, phases de la séance

On explique aux élèves qu'on va travailler sur les communes françaises. Le fichier dont ils disposent est une partie du fichier de l'INSEE, issu du recensement de 2013 (`https://www.insee.fr/fr/statistiques/2044751`). De ce fichier nous n'avons retenu que les colonnes suivantes du premier onglet qui concerne les communes :

1. le département,
2. le libellé géographique,
3. la population en 2013,
4. la population par tranches d'ages en 2013.

On commence par demander aux élèves s'ils connaissent un ordre de grandeur du nombre de communes françaises.

DURÉE	Rôle de l'élève	Rôle du professeur
5 min	Les élèves se placent aux postes d'ordinateur et se connectent à leur session. Mettre en commun Mathématiques et Histoire-Géographie semble susciter des questions chez les élèves.	Le professeur d'Histoire-Géographie rappelle aux élèves que nous allons réaliser une activité mêlant Histoire-Géographie et Mathématiques. Le professeur de Mathématiques distribue la fiche de la séance 1 en disant qu'on va travailler sur les communes françaises puis explique ce qu'est l'INSEE.
5 min	Les élèves découvrent le fichier contenant le tableau de l'INSEE et commencent à lire la fiche distribuée.	Les professeurs passent dans les rangs pour vérifier que tout le monde arrive à se connecter et à trouver le fichier, puis incitent les élèves à démarrer à répondre aux questions.
2 min	De bons ordres de grandeur sont assez rapidement cités (30 000, 40 000). Certains élèves n'en avaient aucune idée.	Le professeur d'H-G demande s'ils connaissent un ordre de grandeur du nombre de communes françaises.
4 min	QUESTION 1 Les élèves repèrent que les communes sont classées par ordre alphabétique au sein de chaque département. Ils proposent de les classer en fonction de la population. Après une demande de précision du professeur, les élèves décident de classer les communes de la plus peuplée à la moins peuplée.	Les professeurs mettent en commun le travail des élèves sur la question 1.

Suite page suivante . . .

Continuation . . .

DURÉE	Rôle de l'élève	Rôle du professeur
4 min	QUESTION 2 **E :** C'est le classement des 20 premières unités urbaines. **E :** C'est le classement des 20 premières agglomérations. Les élèves remarquent ensuite que ces deux termes sont les mêmes en échangeant. Beaucoup constatent la différence entre les deux classements, celui des communes et celui des agglomérations, mais ne la comprennent pas, ou ne cherchent pas à l'expliquer. Certains font remarquer que les agglomérations englobent plusieurs communes.	Une fois les tableaux triés et vérifiés, les professeurs demandent aux élèves ce qu'est le tableau de la fiche puis invitent les élèves à comparer le classement des communes à celui des agglomérations.
4 min	QUESTION 3 Quelques élèves avaient eu le temps de trouver les définitions de commune et d'agglomération. Une élève énonce les définitions après confirmation par le professeur d'H-G. Les autres élèves écrivent ces définitions.	Le professeur demande si certains élèves ont eu le temps de chercher les définitions d'agglomération et de commune. Une fois les définitions dictées, le professeur invite les élèves à se repencher sur l'explication de cette différence.

Suite page suivante . . .

Continuation . . .		
DURÉE	Rôle de l'élève	Rôle du professeur
3 min	**E :** Ca dépend du nombre de communes dans l'agglomération. Par exemple, Rouen a beaucoup de communes dans son agglomération et donc même si elle est petite, c'est une agglomération bien classée. D'autres élèves approuvent. **E :** Et pareil pour Lyon. C'est pour ça qu'elle passe devant Marseille au classement.	Après ces excellentes réflexions, le professeur demande à un élève de venir faire un schéma au tableau d'une agglomération et de sa commune principale, puis de réexpliquer à partir du schéma. Le professeur demande alors aux élèves ce que l'on peut calculer pour rendre compte de la taille de la commune par rapport à son agglomération.
4 min	Les élèves trouvent assez rapidement la réponse et calculent le ratio $\frac{\text{Nombre d'habitants de la commune}}{\text{Nombre d'habitants de l'agglomération}}$ pour les villes de Lyon, Marseille et de Rouen.	Le professeur passe voir si les élèves prennent bien les notes et s'ils arrivent à calculer ces ratio.
15 min	QUESTION 4 Après un moment de doute, les élèves estiment que l'agglomération est le meilleur échelon car c'est ce qui se rapproche le plus d'une métropole. Concrètement, ils citent l'exemple des transports.	Les questions 4, 5 et 6 sont traitées exclusivement par le professeur d'H-G.
1 min	Les élèves, ayant la leçon statistique fraiche en tête, se sont assez rapidement tournés vers une étude statistique du tableau. Ils proposent en premier de calculer moyenne, médiane, quartiles et un élève pense à citer l'effectif total.	**P :** Essayons d'exploiter un peu plus en profondeur cet énorme fichier de l'INSEE. Que pouvons nous calculer dans ce fichier ? Le professeur liste les quantités à calculer proposées par les élèves au tableau puis laisse les élèves commencer l'étude statistique.
		Suite page suivante . . .

Continuation . . .		
DURÉE	Rôle de l'élève	Rôle du professeur
8 min	Les élèves sont au travail et globalement silencieux.	Le professeur d'H-G passe demander aux élèves la signification de ce qu'ils sont en train de calculer. Il leur demande ensuite de garder une trace écrite de ces significations. Le professeur de Mathématiques passe vérifier la technique des élèves et si les phrases d'explication des quartiles sont exactes.
5 min	**P :** Et si ce diagramme en boite était une représentation à l'échelle ? **E :** Tout serait presque sur la plus petite commune. Les élèves écrivent cette dernière remarque et peuvent sortir.	Le professeur met en commun le travail de chacun. Il conclut la séance sur la signification des valeurs trouvées, sur un diagramme en boite.

TABLE 3.2 – Déroulement et moments de la séance 1.

3.3.2 Bilan

La première séance, et globalement toute l'activité, s'est déroulée comme nous l'espérions. Nous pensions même devoir terminer la première séance, qui nous semblait un peu longue, au début de la deuxième séance.
Au cours de la deuxième séance, j'ai commencé par demander aux élèves de faire une phrase qui montre que le graphique est compris. Il m'a semblé que cela a aidé les élèves à appréhender le graphique, certains n'ayant pas encore le réflexe de s'auto-interroger sur leur compréhension de l'histogramme. La réflexion sur la possibilité de représenter à la fois exhaustivement et lisiblement cette série de données est venue des élèves dès la première question pour environ la moitié des élèves, et a suivi chez les autres.
Les points sur lesquels nous avons insisté durant les deux premières séances ont apparemment suffi aux élèves pour avoir une réflexion riche au cours de la troisième séance d'après le professeur d'Histoire-Géographie.
La familiarisation avec les commandes utilisées du logiciel Excel s'est faite sans trop d'obstacles. Ça a été l'occasion de vérifier la maitrise du cours de Statistiques par les

élèves, ce qui fut dans l'ensemble un succès, bien que quelques élèves aient encore confondu rang et valeur pour les calculs des quartiles.

3.3.3 Analyse des moments didactiques

L'activité a respecté les moments didactiques prévus dans l'analyse a priori. Le moment d'institutionnalisation est quant à lui arrivé au début du premier cours de Mathématiques réalisé après la troisième séance (Histoire-Géographie), sous la forme prévue dans l'analyse a priori.

3.3.4 Ressenti

Au-delà de l'excitation de réaliser cette activité à deux professeurs, ça a été une agréable surprise de voir à quel point les élèves ont été réactifs à cette activité.
L'ensemble des acteurs de cette activité a été réceptif à l'efficacité de l'outil statistique pour analyser des problèmes connus.
Les retours des élèves ont été très positifs et ont trouvé « marrant »et original de travailler deux matières en même temps à l'école. Je suis certain que les élèves se rappelleront de cette activité un long moment.
Les élèves m'ont même fait part qu'ils avaient le sentiment que « les Mathématiques étaient utiles ».

Au final, cette activité est allée dans le sens de mes hypothèses, avec une puissance inattendue. La dévolution s'est réalisée très naturellement : les élèves sont rentrés dans l'activité immédiatement. La curiosité suscitée par le mélange de ces deux disciplines s'est révélée bénéfique à la créativité des élèves. Ce type d'activité semble être un véritable atout pour la représentation des notions, l'ancrage des idées étant plus profond.
J'ai hâte de tester à nouveau la transdisciplinarité avec les élèves à travers d'autres activités pour le confirmer.

3.4 Notre problématique

Nos activités donnent un bon espoir pour valider notre hypothèse. Cependant, une activité seule sur un faible nombres de séances est insuffisante pour pouvoir se rendre compte de tout le potentiel de l'interdisciplinarité. Nous pensons qu'un projet interdisciplinaire mené sur une année, ou tout du moins sur un trimestre serait bien plus efficace. Ceci implique par contre, une connaissance profonde des programmes ainsi qu'un travail en amont titanesque hors de portée pour de simples stagiaires. De plus, le travail sur l'interdisciplinarité nécessite une collaboration étroite entre chaque membre de l'équipe pédagogique, chose loin d'être évidente lors d'une année de réformes.

Chapitre 4

Évaluation

Nous avions comme projet, avec ces dispositifs, d'évaluer la manière dont les enseignements interdisciplinaires peuvent motiver l'apprentissage des mathématiques. L'analyse de ces dispositifs nous a permis de réaliser l'effet de la contextualisation d'un « problème » sur la motivation des élèves. La contextualisation est ici définie comme l'intervention et la mise en relation de plusieurs disciplines, donc un processus interdisciplinaire, afin de décrire une situation ou un phénomène de la vie courante, (REVERDY, 2013). La « météo » nous fournit une bonne illustration. Les professeurs du second degré comprennent qu'il y a au moins trois disciplines qui entrent en jeu dans la compréhension des prévisions météorologiques. La physique permet de décrire le phénomène naturel et de fournir un modèle descriptif et prédictif. Les mathématiques aident à la résolution des équations différentielles impliquées dans le modèle élaboré par la physique et permettent le calcul des probabilités. L'histoire-géographie donne les informations nécessaires pour l'optimisation des paramètres du modèle (la géographie du lieu par exemple). Une prévision météorologique est impossible en l'absence d'une discipline. En effet, si nous ne connaissons pas la géographie du lieu ni comment résoudre une équation différentielle, il est impossible d'établir un modèle.

En utilisant le même procédé que l'exemple donné, nous avons contextualisé notre enseignement pour motiver les élèves en cherchant des situations-problèmes qui rentrent dans les programmes d'enseignement secondaire (Collège et Lycée). Comme suggéré par (ARNOUX, 2006), nous avons cherché des liens entre les mathématiques et les autres disciplines. Nos dispositifs ont bien fait travailler les élèves et ont permis : de faire émerger une nouvelle technique de mesures d'angles pour le cas de sixièmes ; de mobiliser des notions de transformations géométriques (symétrie centrale, axiale) et d'en faire émerger d'autres (translation et rotation) pour les cinquièmes.

En temps que stagiaires, nous manquons d'expérience dans l'enseignement et les connaissances dans les autres disciplines. La constitution d'un projet ou d'une activité interdisciplinaire aurait donc pu poser problème. Cette question a été abordée par (HASNI, LENOIR et FROELICH, 2015), qui insiste sur la nécessité d'une formation initiale et continue des enseignants dans l'interdisciplinarité, pour un travail d'équipe optimal et la préparation des enseignements. Toutefois, deux des trois stagiaires ont une formation et un parcours professionnel nécessitant l'application des mathématiques (à un niveau élevé), l'un ayant une formation en physique et l'autre un parcours de recherche universitaire en neurosciences computationnelles. Ces parcours ont permis d'avoir suffisamment de recul pour trouver des activités ou projets qui prennent en compte au moins deux disciplines.

Reste à savoir si nous avons les capacités et les connaissances nécessaires à la mise en place de la meilleure façon possible de ces projets interdisciplinaires. Si deux d'entre nous ont reçu une formation interdisciplinaire, nous ne sommes pas pour autant formés pour fournir un enseignement interdisciplinaire. Il nous apparaît donc important de développer par la formation des enseignants, les compétences nécessaires pour bien choisir les aspects didactiques et pédagogiques de la mise en œuvre de l'interdisciplinarité, comme le préconise (LENOIR, HASNI et LAROSE, 2007).

Chapitre 5

Conclusion

5.1 Niveau professionnel

Quand à la fin des activités, des élèves viennent voir leur professeur en lui demandant : « Est-ce qu'on a fait des maths aujourd'hui ? Parce que je n'ai pas eu l'impression de faire de maths » alors qu'ils ont fait un très bon travail, c'est pour nous une preuve que nous avons réussi à motiver les élèves. Notre hypothèse principale était d'examiner l'intérêt de l'interdisciplinarité afin de motiver les élèves au travers de situations de la vie courante. Les dispositifs utilisés dans nos classes ont permis aux élèves de travailler en autonomie. Nous nous sommes rendu compte que les élèves mobilisent leurs connaissances mathématiques dans leur propre environnement sans s'en apercevoir. Cela nous encourage donc à poursuivre ce travail sur l'application des mathématiques. Au travers de ces dispositifs qui requièrent la mobilisation des savoirs, nous pourrons évaluer au mieux les compétences acquises par nos élèves tout en favorisant l'émergence des nouveaux savoir-faire.

Néanmoins, les dispositifs mis en place ne sont pas faciles à élaborer. Ils exigent une préparation importante en amont, que ce soit sur différents sujets des mathématiques ou dans les autres disciplines impliquées. Si les liens entre certaines disciplines proches peuvent se faire aisément, entre physique et mathématiques par exemple, nous avons également souhaité élargir l'interdisciplinarité à des domaines où les liens ne sont pas évidents, typiquement l'art et les mathématiques. Cette approche permet de montrer que la variété des types projets interdisciplinaires est principalement dépendante de l'imagination et de l'investissement de l'équipe pédagogique. De plus, ce type de démarche se révèle être un outil efficace pour éveiller la curiosité des élèves.

5.2 Niveau personnel

Nous sommes stagiaires et nous aimons le dynamisme. Notre but est de chercher des activités pour faire travailler les mathématiques avec plaisir. Nous avons conscience que les activités construites cette année ne sont que partiellement adéquates pour nos futurs élèves, car ce qui motive un groupe n'intéresse pas forcement un autre.
Le vrai défi sera de piocher dans nos savoirs multidisciplinaires, afin de construire des activités adaptées pour les élèves. Pour cela, la difficulté sera de décloisonner ces différentes disciplines pour générer des projets interdisciplinaires comme le prône P. Meirieu (MEIRIEU, 2015). Nous devrons être chercheur et découvreur de notre propre savoir : « ... Le professeur doit être un enseignant chercheur dans son propre savoir ; explorateur de son propre savoir ; découvreur en permanence de son propre savoir, pour communiquer cette découverte à ceux et celles à qui il doit les transmettre. Mais il faut que cela se fasse avec précautions. Il faut toujours dans les savoirs et dans l'enseignement, comme dans la totalité des choses humaines, que la force de la démonstration n'écrase pas d'un voile impudique les plaisirs de la découverte ... »

Bibliographie

ARNOUX, Pierre (2006). *Crise de l'enseignement des math. ? : Étude*. Sous la dir. d'Institut Français de L'ÉDUCATION. `http://educmath.ens-lyon.fr/Educmath/ressources/etudes/pierre-arnoux/mad2.pdf`.

BRUNO, Ernest (2016). *Le Mirroir magique de M. C. Escher*. Sous la dir. de TASCHEN.

D'HAINAUT, Louis, éd. (1985). *L' interdisciplinarité dans l'enseignement général. À la suite d'un Colloque international sur l'interdisciplinarité dans l'enseignement général organisé à la Maison de l'Unesco*.

FRANCE Ministère de l'Éducation, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche (2016). *Que sont les EPI ? En quoi les EPI différent-ils des itinéraires de découverte (IDD) ?* `http://eduscol.education.fr/cid87584/le-college-2016-questions-reponses.html`.

GEOGEBRA. `http://www.geogebra.org`.

HASNI, Abdelkrim, Yves LENOIR et Alessandra FROELICH (2015). "Mandated In terdisciplinarity in secondary school :The Case of Science, Technology, and Mathematics Teachers in Quebec". Dans : *Issues in Interdisciplinary Studies* 33, p. 144–180.

HASNI, Abdelkrim et al. *Interdisciplinarité et enseignement des sciences, technologies et mathématiques au premier cycle du secondaire : Place ; Modalités de mise en œuvre ; Contraintes disciplinaires et institutionnelles*. Report. Centre de recherche sur l'enseignement et l'apprentissage des sciences, technologies et mathématiques, CREAS. Faculté d'éducation. Université de Sherbrooke.

HULLEMAN, Chris et Judith HARACKIEWICZ (2009). "Promoting Interest and Performance in High School Science Classes". Dans : *Science* 326.5958, p. 1410–1412.

INSEE. *Evolution et structure de la population en 2013*. `https://www.insee.fr/fr/statistiques/2044751`.

LENOIR, Yves. (2015). "Quelle interdisciplinarité à l'école ?" Dans : *Les Cahiers pédagogiques* 07, p. 1–8.

LENOIR, Yves, Abdelkrim HASNI et Françoise LAROSE (2007). "L'interdisciplinarité et la formation à l'enseignement : Analyse de résultats de deux recherches". Dans : *Revista Pensamiento Educativo* 41.2, p. 255–276.

LENOIR, Yves et Lucie SAUVÉ (1998a). “De l’interdisciplinarité scolaire à l’interdisciplinarité dans la formation à l’enseignement : un état de la question”. Dans : *Revue Française de Pédagogie* 125.1, p. 109–146.

— (1998b). “De l’interdisciplinarité scolaire à l’interdisciplinarité dans la formation à l’enseignement : un état de la question . Nécessité de l’interdisciplinarité et rappel historique”. Dans : *Revue Française de Pédagogie* 124.1, p. 121–153.

— (1998c). “Introduction. L’interdisciplinarité et la formation à l’enseignement primaire et secondaire : quelle interdisciplinarité pour quelle formation ?” Dans : *Revue des sciences de l’éducation* 24.1, p. 3–29.

M.C. Escher official website. `http://www.mcescher.com/`.

MEIRIEU, Philipe (2015). *Retrouver le plaisir d’apprendre et d’enseigner*. Sous la dir. de Reseau CANOPÉ. `https://www.youtube.com/watch?v=LpJSCDLiAPc`.

REVERDY, Catherine. (2013). “Des projets pour mieux apprendre ?” Dans : *Dossier d’actualité - Veille et analyses . IFE* 82, p. 1–24.

— (2015). “Éduquer au-delà des frontières disciplinaires”. Dans : *Dossier de Veille. IFE - Lyon* 100, p. 1–32.

— (2016). “l’utilisation de l’interdisciplinarité dans le secondaire”. Dans : *Veille et analyse . IFE - Lyon*, p. 1–5.

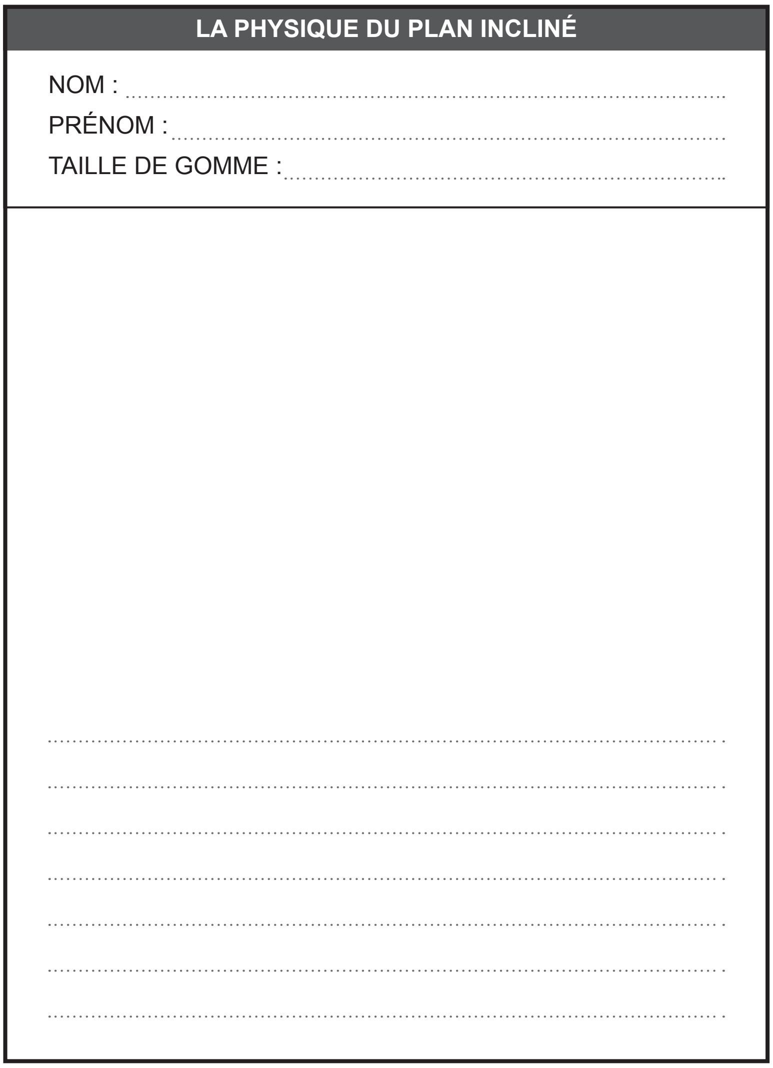
SCRATCH 1.5. `https://scratch.mit.edu/`.

Triangle à Colorier. `http://trianglacolorier.free.fr/`.

Annexe A

Le plan incliné

Dispositif mis en place


LA PHYSIQUE DU PLAN INCLINÉ

NOM : ....

PRÉNOM : ....

TAILLE DE GOMME : ....

....

....

....

....

....

....

....

FIGURE A.1 – Feuille-réponses.

Annexe B

Arts Plastiques et Maths

B.1 Dispositif mis en place

Maurits Cornelis ESCHER est né le 17 juin 1898 à Leeuwarden, en Frise (PAYS-BAS). Son père est ingénieur hydraulicien. Alors que ses frères ont des cursus scolaires scientifiques, il semble que les seuls points lumineux de ses études secondaires soient les cours de dessin. Ce qui est sûr, c'est qu'il ne manifeste aucun don pour les mathématiques et la physique ! Très jeune, il reçoit des leçons de menuiserie et l'amour du travail du bois se révéla à lui à cette époque. Un de ses professeurs du lycée l'initie à la gravure sur linoléum, contribuant ainsi à développer ses dispositions pour l'art graphique.
La figure ci-après montre une œuvre de M.C. Escher appelée “Shells and Starfish”.

1. Décrire l'œuvre de M.C. Escher, “Shells ans Starfish”.
2. Analyser l'œuvre et essayer d'identifier différentes particularités.
3. Est-ce que c'est possible de trouver ces particularités dans d'autres domaines (matière, thématique, situation réelle).
4. En t'inspirant de l'œuvre d'Escher, crée ton propre tableau (à la main, en utilisant un logiciel).

FIGURE B.1 – *Shells and Starfish (No. 42).1941 India ink, colored ink, colored pencil, watercolor*

B.2 Utilisation de logiciels

Aide à l'utilisation de GEOGEBRA.

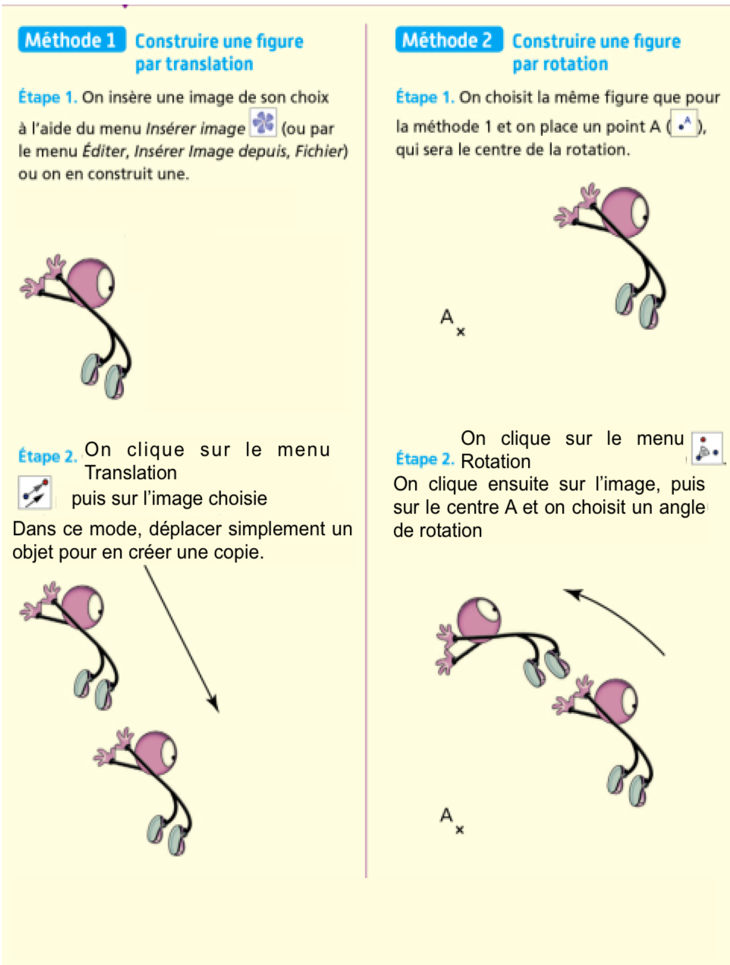
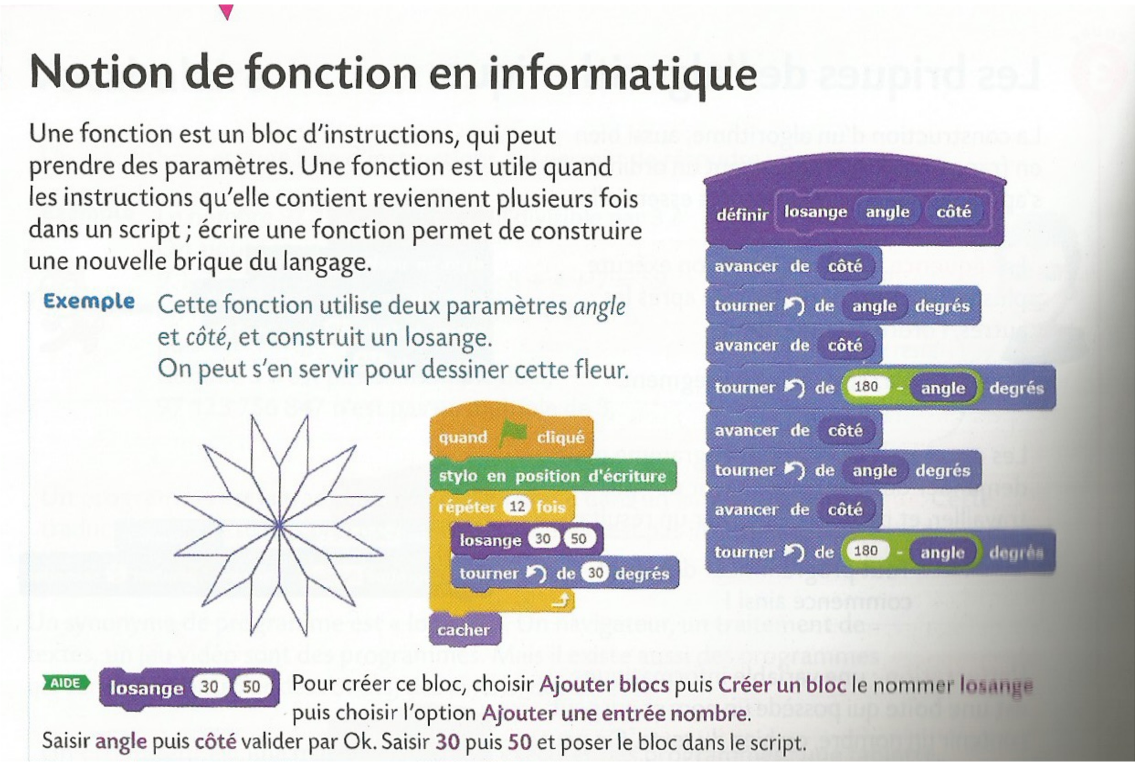


FIGURE B.2 – Comment fait-on une rotation et une translation avec GEOGEBRA ?

Aide à l'utilisation de SCRATCH



Notion de fonction en informatique

Une fonction est un bloc d'instructions, qui peut prendre des paramètres. Une fonction est utile quand les instructions qu'elle contient reviennent plusieurs fois dans un script ; écrire une fonction permet de construire une nouvelle brique du langage.

Exemple Cette fonction utilise deux paramètres *angle* et *côté*, et construit un losange.
On peut s'en servir pour dessiner cette fleur.

AIDE losange 30 50 Pour créer ce bloc, choisir **Ajouter blocs** puis **Créer un bloc** le nommer **losange** puis choisir l'option **Ajouter une entrée nombre**.
Saisir **angle** puis **côté** valider par Ok. Saisir **30** puis **50** et poser le bloc dans le script.

FIGURE B.3 – Comment met-on une liste d'instructions dans une fonction en SCRATCH ?

B.3 Production des élèves

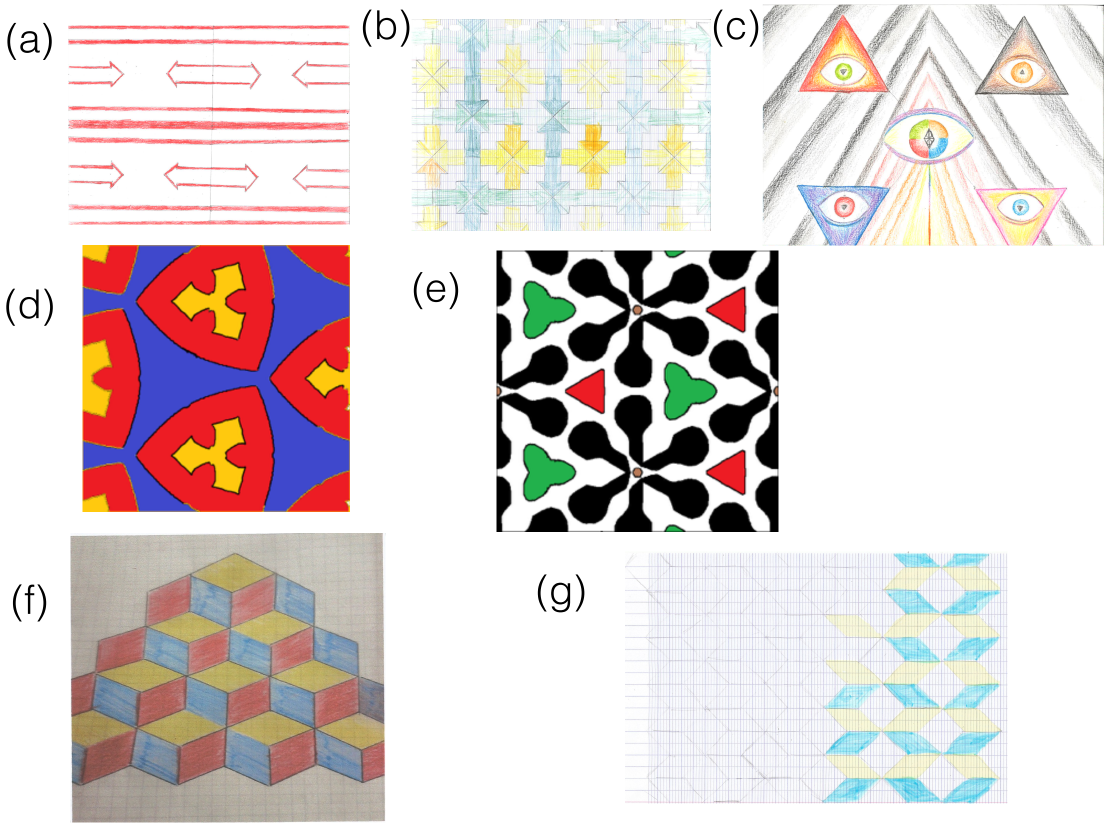


FIGURE B.4 – Institutionnalisation : transformations géométriques.

Annexe C

Communes et Sénat

C.1 Dispositif mis en place

Première séance - Les communes françaises

Vous disposez d'une partie du fichier de l'INSEE (Institut national de la statistique et des études économiques), issu du recensement de 2013.

Communes et agglomérations

1. Comment sont classées les communes dans ce fichier ? Que peut-on faire pour rendre le fichier plus facile à exploiter ?

2. Voici le classement des 20 plus grandes agglomérations (unités urbaines) françaises.

	Unité urbaine	Population municipale 2013	Variation relative annuelle 2008-2013 (en %)	Nombre de communes (1)
1	Paris	12 405 426	0,5	1794
2	Lyon	2 237 676	1,1	511
3	Marseille - Aix-en-Provence	1 734 277	0,2	90
4	Toulouse	1 291 517	1,4	453
5	Bordeaux	1 178 335	1,3	255
6	Lille (2)	1 175 828	0,4	125
7	Nice	1 004 826	0,0	129
8	Nantes	908 815	1,2	114
9	Strasbourg (2)	773 447	0,4	267
10	Rennes	700 675	1,4	190
11	Grenoble	684 398	0,6	197
12	Rouen	660 256	0,3	293
13	Toulon	611 978	0,2	40
14	Montpellier	579 401	1,5	116
15	Douai - Lens	539 322	-0,2	103
16	Avignon	518 981	0,4	97
17	Saint-Étienne	515 240	0,3	117
18	Tours	487 023	0,6	144
19	Clermont-Ferrand	472 943	0,6	185
20	Nancy	432 788	-0,1	285

(1) : au 1er Janvier 2015. (2) : partie française. *Source : Insee, RP 2013.*

DOCUMENT 1 : Les 20 premières unités urbaines en 2013

Comparez le classement des 20 plus grandes communes et celui des 20 plus grandes agglomérations. Que constatez-vous ?

3. Pour expliquer cette différence, cherchez sur internet les définitions officielles de commune et d'agglomération. Comparez Marseille et Lyon.

4. Quel est l'échelon le plus pertinent pour mener des politiques urbaines : la commune ou l'agglomération ? Pourquoi ? Essayez de trouver un exemple concret pour Marseille.

5. Qui sont les représentants des communes ? Comment sont-ils élus ?

   Les agglomérations sont gérées par des Communautés d'agglomérations (entre 50 000 et 500 000 habitants) ou des Communautés urbaines (plus de 500 000 habitants). Comment leurs représentants sont-ils élus ? Quel problème cela pose-t-il ?

6. Afin d'avoir des politiques urbaines plus efficaces et plus démocratiques, quelle réforme proposeriez-vous ?

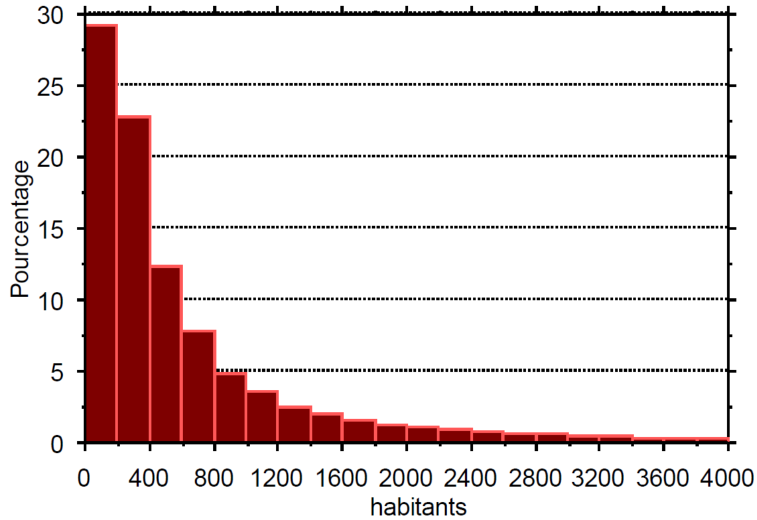
Calculs à partir du fichier

1. Que serait-il intéressant de calculer avec ce fichier ?

2. Calculer ces grandeurs.

Deuxième séance - Représentation graphique

1. Observez l'histogramme ci-dessous et donnez lui un titre.



2. Cette représentation graphique permet-elle d'avoir des informations sur l'ensemble des communes françaises ?
3. Si l'on avait voulu représenter toutes les communes, combien de tranches auraient été nécessaires ?
4. Le tableau ci-dessous présente une répartition des communes françaises selon des tranches souvent utilisées en géographie.

Nombre d'habitants	Communes
Plus de 500 000	3
Entre 200 000 et 500 000	8
Entre 100 000 et 200 000	30
Entre 50 000 et 100 000	81
Entre 20 000 et 50 000	327
Entre 10 000 et 20 000	505
Entre 5 000 et 10 000	1124
Entre 2 000 et 5 000	3119
Entre 1 000 et 2 000	4624
Entre 500 et 1 000	7048
Moins de 500	19758

DOCUMENT 3 : Répartition des communes françaises en 2013 en fonction de leur nombre d'habitants.

Comparez ces deux types de présentation des communes françaises. Quels sont les avantages et inconvénients de cette nouvelle présentation ?

Troisième séance - Les communes françaises et le Sénat

1. Connaissez-vous le type de suffrage utilisé pour élire les sénateurs ?

2. Pourquoi Gambetta en 1875 a-t-il été qualifié de « *Grand Conseil des Communes de France* » ? (Gambetta est un des fondateurs de la IIIème République dans laquelle le Sénat était déjà élu au suffrage universel indirect)

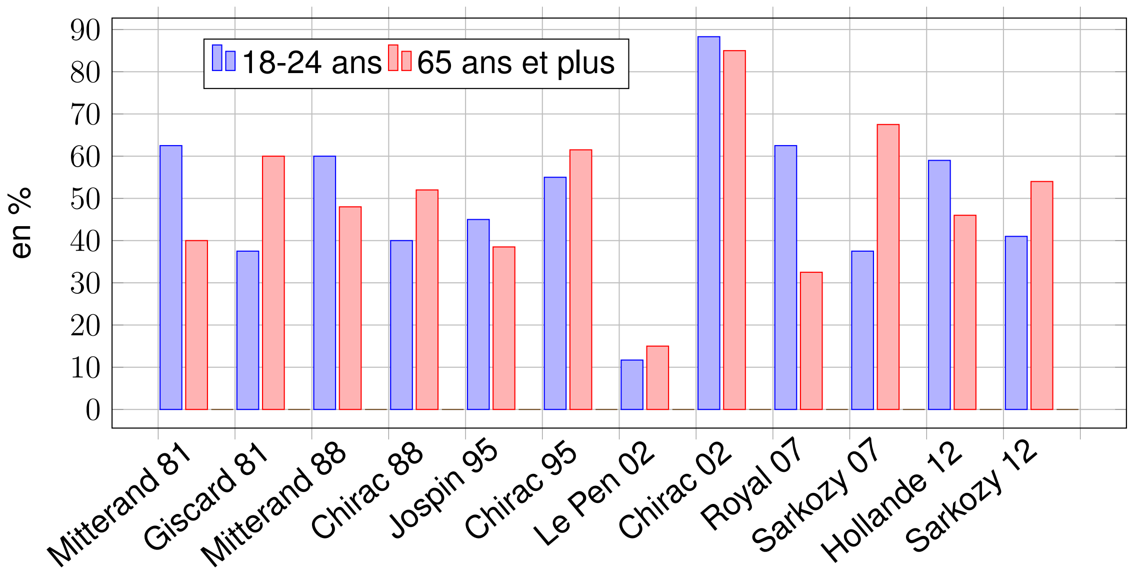
3. Pourquoi dans ces conditions le Sénat a été qualifié de « *Chambre d'agriculture* », par Maurice Duverger (spécialiste de droit constitutionnel) ou encore de chambre de « *la France du seigle et de la châtaigne* »selon la formule de Georges Vedel (1910-2202, professeur de droit public) ? Répondez en utilisant les connaissances acquises lors de ce module.

4. Le Sénat n'a jamais connu l'alternance politique jusqu'en 2008 (il avait toujours été à droite depuis 1958), ce qui fit dire à Lionel Jospin en 1998, alors Premier ministre, qu'il constituait une « anomalie démocratique »en France.

   A l'aide des deux documents ci-dessous, quel lien pouvez-vous faire entre cet ancrage à droite du Sénat et la sur-représentation des communes rurales dans le collège électoral du Sénat ?

	Pourcentage d'hab. de + de 60 ans
Communes de + de 50 000 hab.	21
Communes de 5 000 à 50 000 hab.	24
Communes de - de 5 000 hab.	26

DOCUMENT 4



DOCUMENT 5 : Répartition des votes au second tour des élections présidentielles en fonction l'âge, en %.

C.2 Aperçu du fichier tableur (une fois trié)

Chiffres clés - Évolution et structure de la population

France - Communes (hors Mayotte)

Mise en ligne le 30/06/2016 Découpage géographique au 01/01/2015

©Insee Sources : Insee, Recensements de la population.

Département	Libellé géographique	Population en 2013 (princ)	Pop 0-14 ans en 2013 (princ)	Pop 15-29 ans en 2013 (princ)	Pop 30-44 ans en 2013 (princ)	Pop 45-59 ans en 2013 (princ)	Pop 60-74 ans en 2013 (princ)	Pop 75-89 ans en 2013 (princ)	Pop 90 ans ou plus en 2013 (princ)	Tableau tronqué
DEP	LIBGEO	P13_POP	P13_POP0014	P13_POP1529	P13_POP3044	P13_POP4559	P13_POP6074	P13_POP7589	P13_POP90P	
75	Paris	2229621	320102	522245	514579	406469	296422	148090	21715	
13	Marseille	855393	156902	167716	169173	160058	119477	72425	9642	
69	Lyon	500715	77739	146122	107001	76997	54619	33182	5055	
31	Toulouse	458298	66310	145981	97978	69158	46458	28149	4265	
06	Nice	342295	52758	64722	63420	63591	55798	36727	5280	
44	Nantes	292718	45744	85097	58871	48259	31790	19731	3226	
67	Strasbourg	275718	47932	77854	54879	44984	30740	17048	2281	
34	Montpellier	272084	42354	85710	54379	39944	30191	17070	2437	
33	Bordeaux	243626	32915	76026	50216	39011	26283	16332	2844	
59	Lille	231491	35355	84216	47006	31786	20436	11170	1521	
35	Rennes	211373	29179	72770	38070	32521	22659	14291	1884	
51	Reims	182592	31000	50940	34241	30387	21704	12418	1901	
76	Le Havre	172074	31692	36484	30944	32200	24137	14836	1781	
42	Saint-Étienne	172023	28591	38665	30407	29306	24479	18227	2349	
83	Toulon	163760	26478	28734	30365	31093	27460	17130	2501	
38	Grenoble	160215	24141	48660	32115	23170	18056	12451	1622	
21	Dijon	153003	21016	45343	27899	25230	19648	11918	1948	
30	Nîmes	150564	26191	31507	26203	27848	22662	14078	2075	
49	Angers	150125	23370	46165	25055	24003	17496	12090	1947	
69	Villeurbanne	147192	26205	41726	30733	22628	15130	9676	1095	
72	Le Mans	144244	24774	31113	25630	26041	20595	14246	1844	
974	Saint-Denis	142442	30820	33243	27916	28766	15511	5638	548	
13	Aix-en-Provence	141545	19612	38716	25677	25081	19691	11223	1545	
63	Clermont-Ferrand	141463	19542	43888	25322	22878	17986	10582	1265	
29	Brest	139386	20900	38923	26359	23728	17439	10790	1246	
87	Limoges	135098	19879	33750	23775	23394	19704	12771	1825	
37	Tours	134803	19394	39802	23719	21087	16596	12159	2046	
80	Amiens	132699	22987	38327	24939	21828	15012	8412	1194	
66	Perpignan	120959	22838	23344	21983	20618	18098	12331	1746	
57	Metz	118634	19034	30185	23497	21311	15532	8062	1013	
25	Besançon	116952	17284	34429	20897	19377	14830	8818	1317	
92	Boulogne-Billancourt	116794	20082	23137	28521	20498	14891	8367	1298	
45	Orléans	114375	20615	29619	22638	18950	13575	7787	1190	
68	Mulhouse	112063	24246	23436	23129	19086	13414	7928	824	
76	Rouen	110755	15701	35390	20994	17649	12162	7688	1171	
93	Saint-Denis	109343	26097	23561	26780	18628	9819	4028	430	
14	Caen	107229	14221	33351	18750	17084	12938	9414	1472	
95	Argenteuil	106817	24212	21949	23636	19831	11409	5252	527	
974	Saint-Paul	104332	23785	20878	23534	21531	10726	3494	384	
93	Montreuil	104139	21641	19497	25466	20309	11183	5416	627	
54	Nancy	104072	12519	37504	19332	16006	11290	6430	991	
59	Roubaix	95866	25492	21976	19312	14830	8969	4742	545	
59	Tourcoing	93974	22651	20061	19735	16040	9593	5291	602	
92	Nanterre	92227	19791	20809	20756	17292	9272	3807	500	
84	Avignon	90305	17155	19099	16325	16578	12681	7486	980	

Graph1 | COM_2013 | COM_2008 | ARM_2013 | ARM_2008 | Variables_2013 | Variables_2008 | Définitions | Formules | Conseils et utilisation