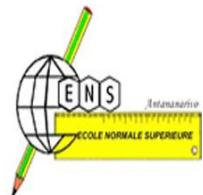




UNIVERSITE D'ANTANANARIVO

ECOLE NORMALE SUPERIEURE D'ANTANANARIVO



DOMAINE : « SCIENCES DE L'EDUCATION »

MENTION : « Formation des Ressources Humaines en Education »

SPECIALITE : Sciences Mathématiques

PARCOURS : Formation de Professeurs Spécialisés en Mathématiques

MEMOIRE de MASTER PROFESSIONNEL

L'utilisation du matériel didactique « M_aT_éH_oR_o » pour améliorer l'enseignement-apprentissage de la rotation: Cas des élèves TC₅ au Lycée Moderne Ampefiloha

Rédigé par : RANDRIANANDRASANA Tendrinjanahary

Membres de Jury :

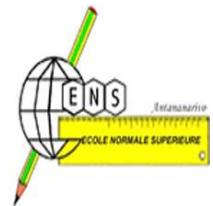
- Présidente : Dr RATOMPOMALALA Harinosy
Maître de conférences
- Juge : Dr RAJAONARIMANANA Herinaina Elysé
Maître de conférences
- Directeur : Dr RANDRIANIRINA Paul
Maître de conférences

Date de la soutenance : 27 février 2020

N° d'ordre : 04/FPSM/FRHE



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE NORMALE SUPERIEURE D'ANTANANARIVO



DOMAINE : « SCIENCES DE L'EDUCATION »

MENTION : « Formation des Ressources Humaines en Education »

SPECIALITE : Sciences Mathématiques

PARCOURS : Formation de Professeurs Spécialisés en Mathématiques

MEMOIRE de MASTER PROFESSIONNEL

**L'utilisation du matériel didactique « M_aT_eH_oR_o » pour améliorer
l'enseignement-apprentissage de la rotation:
Cas des élèves TC₅ au Lycée Moderne Ampefiloha**

Rédigé par : RANDRIANANDRASANA Tendrinjanahary

Membres de Jury :

- Présidente : Dr RATOMPOMALALA Harinosy
Maître de conférences
- Juge : Dr RAJAONARIMANANA Herinaina Elysé
Maître de conférences
- Directeur : Dr RANDRIANIRINA Paul
Maître de conférences

Date de la soutenance : 27 février 2020

N° d'ordre : 04/FPSM/FRHE

Remerciements

Avant tout, nous tenons à exprimer notre gratitude au Seigneur, le Dieu tout puissant, pour toutes les grâces, les bienfaits et la protection dont Il nous a accordé pour mener à terme ces cinq années d'étude à l'Ecole Normale Supérieure d'Antananarivo ainsi que pour la réalisation de ce mémoire de fin d'étude.

Ainsi, l'expression de notre sincère reconnaissance est destinée particulièrement aux personnes suivantes :

- Dr RATOMPOMALALA Harinosy, d'avoir accepté volontairement de présider ce mémoire.
- Dr RAJAONARIMANANA Herinaina Elysé qui a bien voulu juger ce mémoire.
- Nous remercions spécialement notre directeur de mémoire, Dr RANDRIANIRINA Paul, pour sa disponibilité et ses précieux conseils tout au long de notre travail. Nous le sommes très reconnaissant du temps et de l'attention qu'il a bien voulu consacrer pour nous aider et guider. La réalisation de ce mémoire n'aurait été possible sans votre aimable soutien, Monsieur, ainsi merci infiniment.

Nos sincères remerciements s'adressent également :

- Aux enseignants et personnels de l'Ecole Normale Supérieure, qui ont intégralement contribué à notre formation.
- Aux enseignants et les élèves du Lycée Moderne Ampefiloha qui ont accepté de collaborer avec nous pour la réalisation de travaux sur terrain.
- A nos parents et toute la famille, qui ont été toujours là pour nous apporter des soutiens moraux, matériels et financiers.
- A tous mes amis de la promotion ALPHA qui nous ont beaucoup aidé jusqu'à la fin de notre étude universitaire.
- Aux étudiants et amis, qui ont participé à notre étude, de nous avoir accordé du temps et d'avoir répondu à nos questions. Leur participation étant partie essentielle de notre mémoire.

Enfin, nous remercions au fond de notre cœur tous ceux qui ont participé de près ou de loin pour la réalisation de ce mémoire, la grâce de Dieu est avec vous.

MERCI A VOUS TOUS !!!

TABLE DES MATIERES

LISTE DES FIGURES.....	iii
LISTE DES TABLEAUX	iv
INTRODUCTION GENERALE	1
PARTIE I : REPERE THEORIQUE	3
Chapitre 1 : THEORIES D'APPRENTISSAGE ET METHODES D'ENSEIGNEMENT.....	4
1-Les théories de l'apprentissage.....	4
2-Méthodes d'enseignement.....	8
Chapitre 2 : TRANSFORMATION GEOMETRIQUE ET ETUDE DE LA ROTATION	10
1-Transformation géométrique	10
2-Quelque définition et application de la rotation.....	10
3-Enseignement de la rotation suivant la discipline mathématique	12
Chapitre 4: CONCEPTION DU MATERIEL DIDACTIQUE.....	21
1-Contexte.....	21
2-Définition et acception.....	21
3-Avantages de l'utilisation des matériels didactiques au sein de l'enseignement-apprentissage	22
4-Limites.....	
CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE	23
PARTIE II : INTRODUCTION DU MATERIEL DIDACTIQUE « M_aT_éH_oR_o » DANS LE DOMAINE DE L'ENSEIGNEMENT ET ANALYSE DES RESULTATS OBTENUS.....	24
Chapitre 1 : METHODOLOGIE DE RECHERCHE.....	25
1-Conception et élaboration du matériel didactique	25
2-Méthodologie de l'enseignement	28
3-Déroulement de l'enseignement	32
Chapitre 2 : INTERPRETATIONS ET ANALYSES DES RESULTATS	36
1-Résultats des notes du Test Baseline	36
2-Résultats de l'observation	37
3-Résultats du test Final	39
4-Résultats de questionnaire	43
DISCUSSIONS ET PERSPECTIVES.....	46
CONCLUSION	48

REFERENCES :	49
ANNEXES :	51
ANNEXE [1] : Grille d'évaluation du test Baseline	51
ANNEXE [2] : Grille d'observation des élèves	52
ANNEXE [3] : Fiche de préparation de la séance du cours	53
ANNEXE [4] : Exercice	62
ANNEXE [5] : Test final	63
ANNEXE [6] : Grille d'évaluation de test Final	64
ANNEXE [7] : Questionnaire destiné aux élèves du groupe test	65

LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1: Les principales étapes du behaviorisme.</i>	4
<i>Figure 2: Le mécanisme de l'apprentissage selon le modèle constructiviste.</i>	5
<i>Figure 3: Les étapes principales du socioconstructivisme.</i>	7
<i>Figure 4: Les processus de l'acquisition de la connaissance.</i>	8
<i>Figure 5 : La construction l'image d'un point à l'aide d'un compas et rapporteur.</i>	12
<i>Figure 6: La distance entre deux points sur un cercle.</i>	13
<i>Figure 7: Le traçage des cercles.</i>	13
<i>Figure 8: Le traçage d'un petit arc à chaque cercle.</i>	13
<i>Figure 9: Le traçage d'un petit arc.</i>	13
<i>Figure 10: L'identification des points obtenus.</i>	14
<i>Figure 11: L'image d'un point par une rotation d'angle plat.</i>	14
<i>Figure 12: L'image d'un point par une rotation d'angle 2π.</i>	14
<i>Figure 13: La composition de deux symétries orthogonales.</i>	15
<i>Figure 14: L'image d'un point par une composition de deux rotations.</i>	15
<i>Figure 15: La détermination du centre d'une rotation.</i>	16
<i>Figure 16: Le plan complexe.</i>	17
<i>Figure 17: La grande roue lors de la fête des loges.</i>	18
<i>Figure 18: L'horloge en carton représente une rotation d'un quart de tour.</i>	19
<i>Figure 19: L'horloge en carton représente une rotation de demi-tour.</i>	19
<i>Figure 20: Un disque fait à partir d'un carton.</i>	25
<i>Figure 21: La première aiguille façonnée à partir d'un contreplaqué.</i>	25
<i>Figure 22: La deuxième aiguille fait à partir d'un contreplaqué.</i>	26
<i>Figure 23: Une corde.</i>	26
<i>Figure 24: Un tableau blanc.</i>	26
<i>Figure 25: Un support fait à partir de fer six.</i>	27
<i>Figure 26: Le vue globale du $M_aT_eH_oR_o$.</i>	27
<i>Figure 27: Cheminement de l'enseignement.</i>	31
<i>Figure 28: Elèves en train de manipuler le matériel.</i>	34
<i>Figure 29: Elève en train d'expliquer - Figure 30: Elève en train d'écrire les résultats.</i>	34
<i>Figure 31: Les pourcentages des notes des 40 élèves lors du test Baseline.</i>	36
<i>Figure 32: Proportion des élèves ayant de bonne réponse.</i>	37
<i>Figure 33: La prise des paroles des élèves pendant les activités.</i>	38
<i>Figure 34: Les questions posées par les élèves.</i>	38
<i>Figure 35: Les comportements durant l'exécution des tâches.</i>	39
<i>Figure 36: Les pourcentages des élèves selon la note du test final.</i>	40
<i>Figure 37: Les pourcentages des élèves suivant les niveaux taxonomiques.</i>	40
<i>Figure 38: Les pourcentages des élèves sur la structure et l'efficacité du $M_aT_eH_oR_o$.</i>	45

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau 1: Les contenus du test Baseline et les objectifs à atteindre</i>	29
<i>Tableau 2: Les Moyenne des notes de chaque groupe lors des deux tests</i>	42
<i>Tableau 3: Comparaison des deux groupes selon le caractère de position et dispersion</i>	42
<i>Tableau 4: Les résultats de l'enquête auprès de 20 élèves.....</i>	44

INTRODUCTION GENERALE

La géométrie est l'un des domaines des mathématiques qui consiste à étudier les propriétés et les mesures des figures dans l'espace ou sur le plan (Philippe, 2000). Pour apprendre les notions dans ce domaine, les élèves ont besoin d'avoir un esprit créatif et un raisonnement clair. Ces derniers servent à résoudre des problèmes en géométrie.

Brueckner (1928) disait qu'il est reconnu depuis longtemps, l'apprentissage de la géométrie a été difficile. De plus, des enseignants au collège et au lycée ont rencontré des problèmes sur le mécanisme de transmission des connaissances. C'est pour cette raison que la série scientifique est moins choisie que la série littéraire ; les enquêtes auprès des établissements confirment ce choix.

L'étude de la rotation fait partie du programme scolaire malagasy et aussi l'une des notions en géométrie. L'apprentissage de la rotation a commencé en classe de quatrième ; en terminale scientifique, les élèves approfondissent cette notion. La session 1999 jusqu'à 2019, le sujet pour la série D est composé de la similitude plane directe. Cette transformation est la composition de la rotation et l'homothétie de même centre.

Pendant une année (2017-2018), nous avons enseigné la mathématique en terminale scientifique dans un lycée privé sis à Ambolonkandrina. Nous avons constaté que des élèves essaient simplement de connaître les informations enseignées puis les mémorisent. De ce fait, ils adoptent l'apprentissage par cœur pour la notion de « rotation ». Cette attitude peut devenir un véritable piège puisqu'elle ne permet pas d'obtenir une idée approfondie. Face à cela, les élèves ne maîtrisent que partiellement les contenus de ce chapitre. Par conséquent, ils rencontrent diverses difficultés.

Par ailleurs, durant notre stage d'observation au Lycée Jean Joseph RABARIVELO, nous avons vu que l'enseignement de la rotation est centré uniquement sur la transmission des théories. L'enseignant effectue la majorité du travail dans le processus d'enseignement-apprentissage tandis que la participation des élèves se résument à écouter, suivre, imiter et appliquer. Son apprentissage consiste à mémoriser intelligemment les contenus enseignés : il faut d'abord comprendre la leçon après la représenter mentalement. En quelque sorte, c'est une abstraction qui sert à saisir des connaissances. Nous avons aussi constaté que beaucoup d'élèves ont échoué lors de l'évaluation. Cela signifie qu'ils ne savent pas recueillir les informations utiles et les appliquer correctement pour la résolution des problèmes.

Quant à nous, futur enseignant, nous sommes toujours disposés à améliorer la technique d'enseignement, étant donné que la théorie n'est pas suffisante pour transmettre les savoirs (Camille et Tania, 2013). Puisque la mathématique est une discipline abstraite, faire participer activement les élèves (par la manipulation de matériels didactiques), concrétiser les cours sont de méthodes très importantes pour améliorer l'enseignement-apprentissage.

Ce contexte nous mène à nous poser la question suivante : quel outil doit-on utiliser pour faciliter la résolution des problèmes, renforcer les connaissances des élèves et concrétiser les cours lors de l'enseignement-apprentissage de la rotation en classe terminale scientifique ? La réponse de cette question nous conduit à orienter notre mémoire de fin d'étude vers l'importance de l'utilisation de matériel didactique dans le cadre d'enseignement. Ainsi, nous avons intitulé notre travail : « **L'utilisation du matériel didactique $M_aT_eH_oR_o$ ¹ pour améliorer l'enseignement-apprentissage de la rotation : cas des élèves TC₅ au Lycée Moderne Ampefiloha** ». Nous sommes persuadés qu'il est nécessaire de faire participer les élèves pendant les travaux pratiques pour exploiter leurs représentations et pour susciter leurs intérêts. Concevoir, élaborer et exploiter des matériaux didactiques avec lesquels nous pouvons faire participer l'élève constitue une solution à ce problème.

Ce travail de mémoire se divise en deux parties :

- Dans la première partie, nous allons mettre en place les repères théoriques qui comportent : les théories de l'apprentissage et les méthodes d'enseignement, les transformations géométriques et l'étude de la rotation ainsi que les conceptions du matériel didactique.
- Dans la deuxième, nous allons introduire le matériel didactique nommé $M_aT_eH_oR_o$ dans le domaine de l'enseignement-apprentissage de la rotation. Notre travail pratique s'est déroulé au Lycée Moderne Ampefiloha auprès des élèves TC₅. Pour tester l'efficacité de cet outil, nous avons interprété et analysé les résultats obtenus durant l'expérimentation.

¹ MaTériel réalisé pour enseigner l'Homothétie et la Rotation

PREMIERE PARTIE : REPERE THEORIQUE

Cette partie est une analyse bibliographique des concepts suivants :

- théories de l'apprentissage et méthodes d'enseignement ;
- transformations géométriques et rotation ;
- conceptions de matériel didactique.

L'analyse des résultats de la deuxième partie de notre travail s'appuie sur ce repère théorique.

Chapitre 1 : THEORIES D'APPRENTISSAGE ET METHODES D'ENSEIGNEMENT

1-Les théories de l'apprentissage

Les théories de l'apprentissage visent à expliquer le phénomène d'acquisition des connaissances ; elles désignent un ensemble de lois ou de principes qui décrivent la manière pour que l'apprentissage se déroule (Goupil et Lusignan, 1994).

Du point de vue Hill en 1977, les théories de l'apprentissage sont utiles pour deux principales raisons : elles fournissent un cadre conceptuel pour l'interprétation de ce que nous observons et elles offrent des orientations pour trouver les solutions face aux problèmes rencontrés.

Les théories d'apprentissage portent des finalités de l'apprentissage sur le rôle de l'apprenant, sur le rôle de l'enseignant et le rôle du processus cognitif interne du cerveau (Villiot et Leclercq, 2007). Dans ce travail, nous essayons de donner les principes des différentes théories d'apprentissages telles que behaviorisme, constructivisme et socioconstructivisme.

1-1-Le behaviorisme

Le bémorisme (ou comportementalisme) est une théorie de l'apprentissage qui s'intéresse à l'étude de comportements observables sans faire appel à des mécanismes internes au cerveau ou des processus mentaux non directement observables (Good et Brophy, 1995).

Du point de vue de l'enseignement, le bémorisme considère l'apprentissage comme une modification durable du comportement résultant d'un entraînement particulier. L'apprentissage se fonde sur les théories du conditionnement : établir une relation stable entre les réponses que l'on souhaite, les comportements observables et le stimulus de l'environnement, à l'aide des renforcements (positifs ou négatifs) (Skinner, 1969). La répétition en associant des *stimulus-réponse* est très importante dans cette théorie.

Le modèle behavioriste priviliege l'acquisition d'automatisme par les élèves. Ces derniers restituent, imitent et reproduisent des informations ou des comportements grâce aux renforcements positifs de l'enseignant (Chekour, Laafou et Janati, 2015).

La figure ci-dessous résume les principales étapes du behaviorisme.

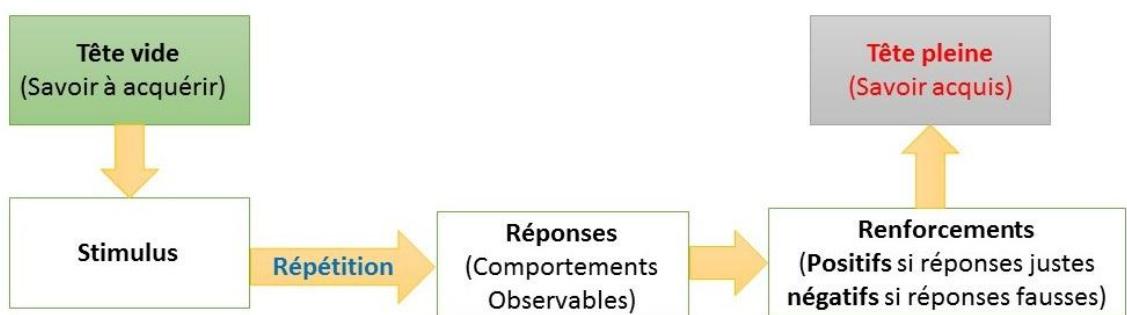


Figure 1: Les principales étapes du behaviorisme.

Source : Auteur

1-2-Le constructivisme

Les origines de la pensée constructiviste remontent à l'empirisme du 17^{ème} siècle, mais son élaboration le plus moderne dérive de l'épistémologie génétique et de la science cognitive contemporaine (Dougiamas, 1998).

Contrairement au modèle bélavioriste, cette théorie de l'apprentissage développe l'idée que les connaissances se construisent par ceux qui apprennent. Chaque apprenant construit la réalité ou l'interprète en se basant sur sa perception d'expériences passées.

Selon le modèle constructiviste, l'acquisition de connaissances ne se réalise pas par simple empilement mais passe par une réorganisation de conceptions mentales précédentes, un travail de construction ou de reconstruction. Si on privilégie le rapport avec élèves, enseigner consiste à aider les élèves dans son apprentissage en leur proposant des activités qui leur permettent de construire eux-mêmes leurs connaissances. Les enseignants ne font qu'aider, accompagner les élèves pendant leur recherche (Barnier, 2001). Ici les connaissances se construisent par ceux qui apprennent. Donc l'acquisition des connaissances exige l'activité de l'apprenant, activité qui vient parfois bousculer, contrarier ses représentations antérieures (Barnier, 2001). « Celui qui apprend n'est pas simplement en relation avec les connaissances qu'il apprend ; il organise son monde au fur et à mesure qu'il apprend, en s'adaptant » (Piaget, 1936, cité dans Barnier, 2001).

La construction des connaissances demande une réorganisation de la structure mentale, ou processus d'équilibration, qui se fait par une double adaptation : l'assimilation et l'accommodation.

- **L'assimilation** désigne l'intégration des informations nouvelles qui viennent du milieu extérieur dans la structure mentale préexistante. Ces informations entrent en conflit (conflit cognitif) avec les connaissances initiales de l'apprenant, un conflit qui se traduit par un déséquilibre dans sa structure mentale (Girault, 2007).
- **L'accommodation** se rapporte à l'adaptation du sujet aux nouvelles informations. Ceci entraîne la modification stable de sa structure mentale pour aboutir à un nouvel équilibre (Girault, 2007).

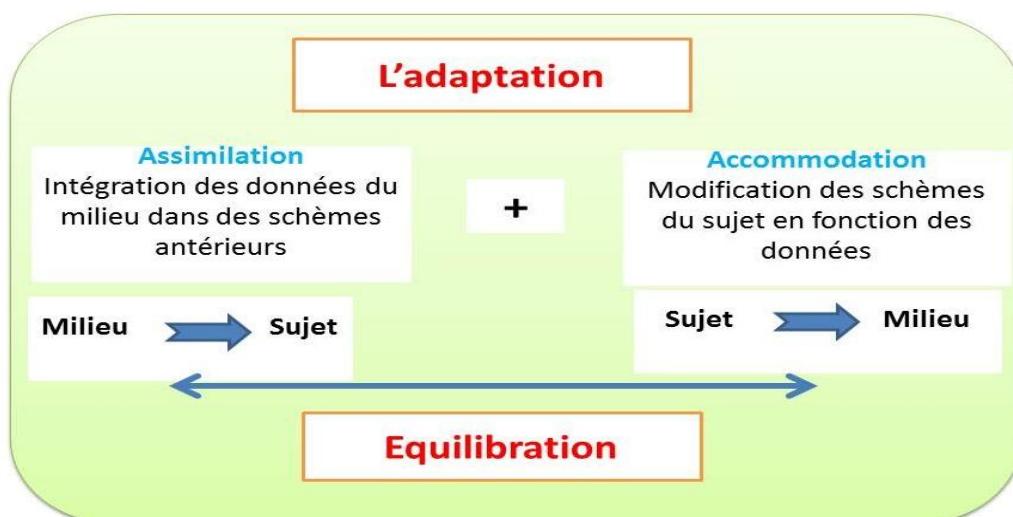


Figure 2: Le mécanisme de l'apprentissage selon le modèle constructiviste.

Source: Girault, 2007

1-3-Le socioconstructivisme

Pour Piaget « La connaissance n'est pas préformée dans l'individu, elle ne s'imprègne pas non plus dans l'esprit sous la pression des éléments extérieures. Elle se construit à travers des interactions du sujet et de l'objet. »²

Le concept d'interaction de l'homme avec son milieu a été pris en considération par plusieurs théories psychologiques (Bélanger et Johanne, 2014). Ce concept est centré dans le socioconstructivisme. Selon cette théorie, le sujet, en agissant sur le milieu environnant, construit les connaissances. Ainsi, la construction d'un savoir, bien que personnelle, s'effectue dans un cadre social : les interactions sociales sont le moteur du développement cognitif (Piaget ,1896). Il faut donc tenir compte de la nature sociale des processus locaux dans l'apprentissage collaboratif et dans la discussion d'une collaboration sociale plus large pour un sujet donné.

Ce type de théorie est une dimension supplémentaire par rapport au constructivisme pour expliquer le phénomène de l'acquisition de savoir (Bruner, 1896). Le socioconstructivisme tire principalement ses sources des travaux sur l'évolution et l'adaptation de l'être humain (Piaget ,1896).

1-3-1-Définition

Le terme **socioconstructivisme** est composé des mots **socio-** et **constructivisme** dont le préfixe "socio-" souligne l'importance de l'interaction sociale et le "constructivisme" traduit l'idée que toute connaissance relève d'un processus de construction (Vygotsky, 1896).

C'est un processus d'apprentissage où les gens construisent leurs connaissances par le biais d'interaction sociale et avec leur milieu. Pédagogiquement, les élèves élaborent leur compréhension d'une réalité par la comparaison de leur perception avec celle de leurs pairs et celle de l'enseignant(e) (Vygotsky, 1896).

1-3-2-Le modèle socioconstructiviste face à l'enseignement-apprentissage

Selon Bruner (1896) « apprendre est un processus interactif dans lequel les gens apprennent les uns des autres ». Par la mise d'interactivité et échange, le savoir se construit. L'acquisition des connaissances passe par un processus qui va du social (connaissances interpersonnelles). Une nouvelle connaissance peut être soit subjective (propre à un individu), soit objective (commune à un groupe) (Vygotsky, 1896).

Les tenants du socioconstructivisme considèrent l'apprentissage comme une « coconstruction » où l'apprenant développe ses connaissances à travers ses interactions avec les autres (Adams, 2006). La finalité de ce courant de pensée est le développement de la capacité de l'apprenant à résoudre des problèmes de façon autonome (Vienneau, 2005). Enseigner revient à faire apprendre, faire étudier en mettant les élèves dans une situation de débat et de discussion. C'est donc privilégier les processus d'acquisition et de construction de connaissances par les élèves ; autrement dit, privilégier le rapport aux élèves (Barnier, 2001).

² Crahay M., Théorie de l'apprentissage, Edition du seuil. P. 26

Rôles de l'enseignant :

- Effectuer une guidance c'est-à-dire diriger les élèves de façons indirectement.
- Planifier les formations au cours desquelles les étudiants ont des défis à relever en équipe.
- Former le groupe en tenant compte des niveaux de chaque élève.
- Se comporter comme un encadreur c'est-à-dire énoncer l'ensemble des règles et des valeurs qui organisent l'accomplissement des tâches, donner le sens de l'activité et de savoir (Rhety, 2011).

Rôles des élèves :

- S'engager à résoudre le problème en mobilisant leurs conceptions initiales.
- Confronter des conceptions pour que la prise en compte de l'insuffisance soit possible (conflits sociocognitifs).
- Réaliser et intégrer des procédures.
- Prendre conscience de l'insuffisance de leurs conceptions.

1-3-3-Les étapes principales du socioconstructivisme

Pour faciliter l'apprentissage selon cette conception, il est nécessaire d'inciter le travail en équipe et de superviser l'augmentation de zone proximale de développement (ZPD)³ (Vienneau, 2005). Dans ce travail, chaque participant explicite sa démarche et construit ainsi de nouvelles connaissances. Cette démarche s'inscrit également dans la volonté d'utiliser les acquis individuels et collectifs pour faciliter l'élaboration de nouvelles connaissances.

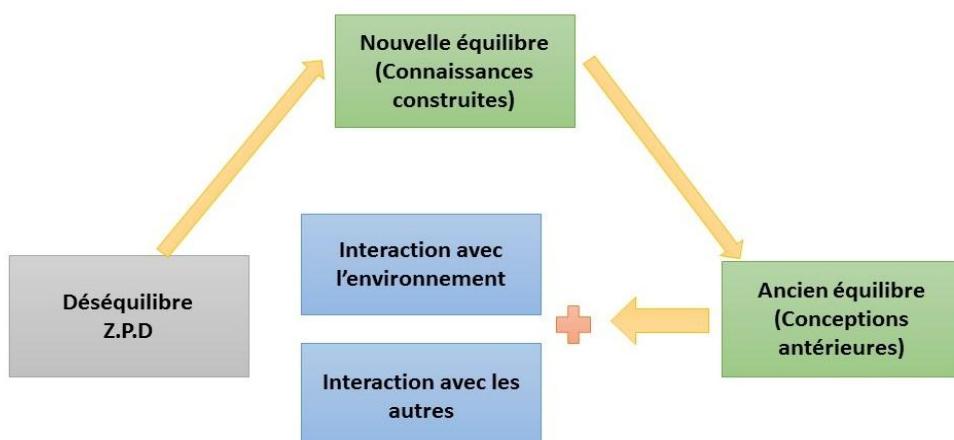


Figure 3: Les étapes principales du socioconstructivisme.

Source : Ramanantsoa, 2018.

Au sein d'un enseignement socioconstructiviste, la construction de la connaissance se fait en prenant compte les représentations initiales, par la mise en place de situations problèmes qui mettent en œuvre des métacognitions et des conflits sociocognitifs (Vienneau, 2005).

³ C'est l'écart existant entre le niveau actuel de l'enfant (ce qu'il est capable de produire seul) et son niveau potentiel (ce qu'il est capable de réaliser avec l'aide de l'adulte).

2-Méthodes d'enseignement

2-1-Définition

Selon le dictionnaire des concepts et mots (pédagogie, didactique, management des systèmes éducatifs) ; « méthode » signifie une démarche rationnelle de l'esprit pour arriver à la connaissance ou à la démonstration d'une vérité.

L'enseignement, c'est une méthode pour apprendre quelque chose à autres ou pour susciter les connaissances chez les autres (Smith, 1996).

Selon Forcier (2003), « une méthode d'enseignement est une façon d'organiser une activité pédagogique dans le but de faire apprendre des apprentissages aux élèves ».

C'est une méthode pédagogique qui décrit le moyen pédagogique adopté par l'enseignant pour favoriser l'apprentissage et pour atteindre l'objectif pédagogique.

2-2-Typologie des méthodes d'enseignement

A propos des méthodes d'enseignement, nombreuses recherches en didactique les expliquent davantage ; les auteurs présentent différentes façons pour classifier les méthodes d'enseignement. Dans ce travail, nous décrirons deux types de méthodes qui se différencient en fonction des interrelations élèves-élèves et l'enseignant-contenus : la méthode passive et la méthode active.

2-2-1-Méthode transmissive, passive, magistrale ou expositive

Selon ce modèle, la tête de l'élève est « vide de connaissances » ; il s'appuie sur l'hypothèse que l'apprenant ne sait rien du contenu enseigné ou ne le connaît que de façon incomplète (Girault, 2007). L'enseignant cherche alors à remplir cette « tête vide » en expliquant ou en montrant le savoir, le savoir-faire.

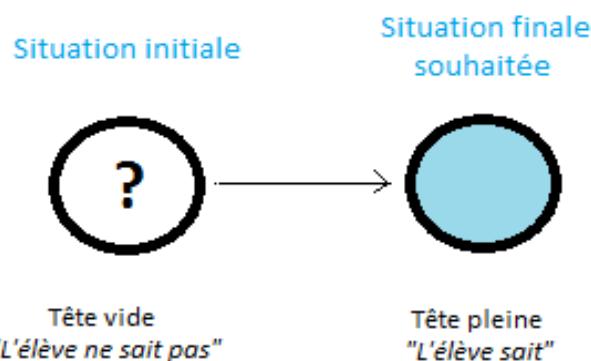


Figure 4: Les processus de l'acquisition de la connaissance.

Source : Girault, 2007

Selon ce modèle, « enseigner » consiste à transmettre des connaissances aux élèves. Les enseignants exposent les cours de façon très claire à l'ensemble des élèves qui à leur tour prennent des notes ou écrivent ce qui est dicté (Barnier, 2001).

Dans ce modèle, le processus d'enseignement-apprentissage privilégie l'acquisition des savoirs par les élèves. L'élève dans son métier ne fait que : « écouter, suivre, imiter, répéter et

appliquer » (Ourghanian, 2014). Dans ce cas, apprendre consiste à mémoriser intelligemment les contenus enseignés.

L'enseignant maîtrise un contenu structuré et transmet ses connaissances sous forme d'un exposé : c'est le cours magistral qui laisse un peu de place à l'interactivité avec l'apprenant (Barnier, 2001). Dans le triangle de Jean Houssaye, cela correspond à la relation privilégiée enseignant-savoir où l'enseignant est un expert du contenu, un détenteur de vérité qui transmet l'information de façon univoque. Il est souvent difficile que le discours magistral en tant que tel puisse permettre d'apprendre quoi que ce soit, sauf dans le cas où il est articulé à d'autres activités qui permettront un véritable travail cognitif (Ourghanian, 2014).

2-2-2-Méthode active

Contrairement à la méthode transmissive, la méthode active bâtit son fondement sur l'activité des élèves. L'enseignant crée un scénario pédagogique avec du matériel qui permet d'utiliser les essais, les erreurs et le tâtonnement pour apprendre (El-Hage, 2013). Il mobilise l'expérience personnelle de l'apprenant ou celle d'un groupe pour apprécier la situation et résoudre le problème avec leurs moyens. Le travail intra cognitif et le travail co-élaboratif entre pairs sont favorisés (Duplessis, 2014). Cette méthode suit l'enchaînement suivant : faire faire à l'étudiant, faire dire à l'apprenant puis l'enseignant reformule.

Les élèves n'écoutent pas passivement le professeur, ils ne se contentent pas de répondre aux questions posées. Le processus de l'enseignement-apprentissage est basé sur l'expérimentation et la discussion qui permettent de dégager les représentations et les conceptions des élèves (Duplessis, 2014).

Cette méthode est une famille d'approches pédagogiques qui permettent d'apprendre en faisant quelque chose (ex : réfléchir, critiquer, créer) à partir des connaissances, au-delà de l'écoute d'un exposé ou de la lecture d'un texte (Anderson et al. 2000), dans lequel l'apprentissage est plus significatif et plus en profondeur. Les étudiants sont cognitivement actifs et au centre de leur processus d'apprentissage. Un continuum d'activités où les étudiants ont de plus en plus de contrôle sur leurs apprentissages : discussions, présentations orales, études de cas (Duplessis, 2014).

Chapitre 2 : TRANSFORMATION GEOMETRIQUE ET ETUDE DE LA ROTATION

1-Transformation géométrique

Une transformation géométrique est une bijection du plan dans lui-même, de telle manière que tout point soit l'image d'un autre point, et que deux points différents aient des images différentes. Les transformations conservent la plupart de propriétés géométriques comme dans un triangle la somme des mesures de l'angle est égale 180 degrés, si un triangle est rectangle, alors les deux angles aigus sont complémentaires, les diagonales d'un parallélogramme ont le même milieu etc. (Thienard, 2006).

Desargue et Pascal avaient ouvert la voie de l'étude des transformations géométriques. A la fin du XVIII^e siècle, elles commencèrent vraiment à retenir l'attention des mathématiciens. La rotation, la translation, l'homothétie, la symétrie centrale et axiale sont des transformations géométriques les plus reconnues (Budzinski, 2003).

Divers types de recherches tendent à donner aux transformations une place non plus marginale mais centrale, en géométrie. Elles sont très utiles dans la résolution de problèmes en géométrie plus élémentaires et un instrument pour effectuer une démonstration (Thienard, 2006). Par exemple, pour vérifier que deux figures sont égales ; on fait appel la translation, la rotation et la symétrie centrale pour démontrer que deux figures sont superposables (Gordeaux, 1947).

2-Définitions et applications de la rotation

D'après le dictionnaire grand Larousse, le mot « rotation » signifie : révolution, tour, roulement, circulation, roulage, changement, bouleversement.

Etymologie : La rotation vient du mot latin « *rotare* » qui signifie tourner. Elle est l'un des mouvements fondamentaux des solides avec le mouvement rectiligne.

En science mécanique : Un solide est en rotation si la trajectoire de tous ses points sont des cercles dont le centre est une même droite ; cette droite est appelée « axe de rotation ». En cinématique dans le plan, les trajectoires des points sont des cercles concentriques et le centre commun de ces cercles est appelé « centre de rotation » (Poincaré, 1901).

En astronomie : La rotation est un phénomène communément observé. Les étoiles, les planètes et les corps semblables tournent tous sur leurs axes. Le taux de rotation des planètes dans le système solaire a d'abord été mesuré en suivant les caractéristiques visuelles (Decaux, 1959)

En Physique-Chimie : La rotation d'une particule d'une molécule est le mouvement autour du centre de masse ou d'un axe passant par ce centre. La rotation interne dans une molécule est le mouvement circulaire d'une partie d'une molécule par rapport à l'autre (Broglie, 1959). La rotation libre est la possibilité pour deux parties d'une molécule unie par une liaison simple de passer d'une position angulaire à un autre autour de cette liaison (Kastler, 1983).

En anatomie : La rotation est le mouvement d'un membre ou segment de membre autour de son axe longitudinal (Vander 1936).

En mathématiques : La rotation est une transformation géométrique qui conserve la longueur d'une figure, sa taille et l'orientation de l'angle. Elle est un déplacement d'une figure autour d'un point fixe (centre de rotation) ou un axe fixe (axe de rotation). Cette transformation est définie par la donnée du triplet [centre, angle géométrique, sens de rotation] (Ruyer, 1930).

- La rotation est un mouvement circulaire dans lequel les trajectoires des points sont également des cercles des mêmes rayons (Karmim, 2016).
 - Cette transformation est caractérisée par :
 - **Un centre** : un point fixe autour duquel se fait la rotation.
 - **Une mesure d'angle** : généralement représentée par une flèche et l'unité de mesure est exprimée en degré ou en radian.
 - La rotation est une isométrie puisqu'elle est une application du plan affine euclidien dans lui-même qui conserve la distance (Karmim, 2016).
- Par une rotation, l'image :
- D'un point est un point.
 - D'un segment est un segment de même longueur.
 - D'un cercle est un cercle de même rayon.
 - Deux droites parallèles sont deux droites parallèles.
- La rotation est un déplacement puisqu'elle est une isométrie du plan qui conserve l'orientation des figures. Si ACB est un triangle dans le sens direct alors son image $A'C'B'$ est aussi un triangle dans le sens direct (Karmim, 2016).

Une rotation est une application du plan dans le plan qui est déterminée par le triangle isocèle. Une rotation de centre O qui transforme A en A' veut dire que AOA' est un triangle isocèle en O . En effet, la rotation est contextualisée dans le triangle isocèle qui joue le rôle de configuration de référence liées à cette transformation (Sangaré, 2000).

Interactions entre angle et rotation

Dans les textes de programmes de mathématiques du primaire au lycée, l'angle a toujours précédé la rotation. De plus, la rotation en tant qu'objet d'enseignement a toujours été située au niveau du lycée si on commence à enseigner l'angle au niveau primaire et collège (Sangaré, 2000). En effet, le lien entre l'angle et la rotation est très fort sur le plan théorique et sur le plan didactique.

Sur le plan didactique, l'enseignement de la géométrie prend en compte les relations entre l'angle et la rotation. L'angle a été défini comme « une rotation qui a perdu son centre et permet de caractériser la rotation »⁴. Il devient alors la caractéristique essentielle de la rotation et ne dépend pas du centre de cette transformation. La rotation va servir progressivement comme outil dans la conceptualisation de l'angle orienté en tant que figure géométrique (Sangaré, 2000).

⁴ Papy, G. (1967). Mathématiques Modernes, Tome III : Voici Euclide. Paris, M. Didier.

Sur le plan théorique, les interactions entre les notions d'angle et la rotation dans le plan se résument pour l'essentiel, aux propriétés liées aux isomorphismes de groupes des angles (α , $+$), et les groupe de rotation (R, o) (Sangaré, 2000).

3-Enseignement de la rotation suivant la discipline mathématique

3-1-Etude géométrique de la rotation

3-1-1-Définition

Soit O un point du plan euclidien \mathcal{P} et α un angle quelconque. On appelle rotation de centre O (qui reste invariant par celle-ci) et d'angle α ; la transformation qui, à tout point M du plan, associe le point M' (Ruyer, 1930).

$$r_{(O; \alpha)} : \mathcal{P} \rightarrow \mathcal{P}$$

$$M \rightarrow r_{(O; \alpha)}(M) = M'$$

$$\text{Avec } \begin{cases} OM = OM' \\ \widehat{OM, OM'} = \alpha \end{cases}$$

Remarque :

- L'image du point O par une rotation de centre O est lui-même. On dit qu'il est le point invariant.
- Le sens positif de la rotation est le sens trigonométrique tandis que le déplacement des aiguilles d'une montre est le sens négatif.

3-1-2-Technique de construction l'image d'une figure par la rotation

Deux types de techniques de construction les plus utilisés par le professeur et les élèves seront proposés ci-dessous.

Utilisation d'un compas et un rapporteur :

Nous allons construire l'image du point M par la rotation de centre O , d'angle 140° dans le sens des aiguilles d'une montre.

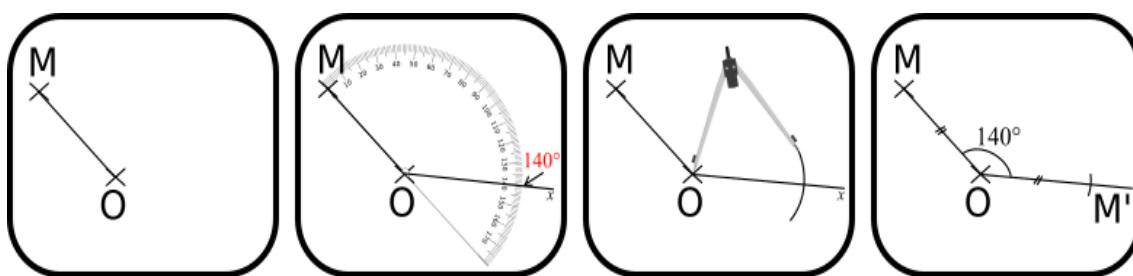


Figure 5 : La construction l'image d'un point à l'aide d'un compas et rapporteur.

Source : <https://www.google.com/search?rotation>

- On commence par tracer le segment $[OM]$
- On trace un angle \widehat{Mox} de 140°
- On reporte au compas la longueur du segment $[OM]$ sur la demi-droite $[Ox)$ et on note M' l'intersection de $[Ox)$ et la trace du compas.

Le point M' est l'image de M par la rotation de centre O et d'angle 140° dans le sens des aiguilles d'une montre. Comme la longueur des segments $[OM]$ et $[OM']$ sont égales, alors MOM' est un triangle isocèle en O .

Utilisation d'un compas et une règle :

On peut construire la figure image par une rotation en utilisant un compas et une règle.

Dans ce cas, nous allons tracer l'image d'un trapèze par la rotation de centre P et d'angle -140° suivant les étapes ci-dessous :

Etape 1 : Placer la pointe du compas sur le centre de rotation P et tracer des cercles passant par chaque sommet de la figure.

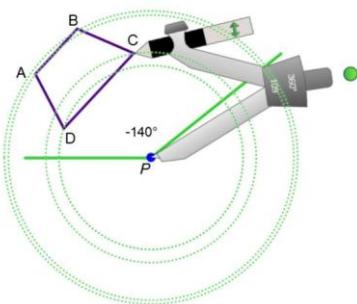


Figure 7: Le traçage des cercles.

Source : <https://www.google.com/search?q=technique de construction d'une rotation>.

Etape 2 : Pour un sommet de la figure, ouvrir le compas selon l'ouverture équivalant à l'arc de cercle délimité par l'angle de rotation et son cercle respectif.

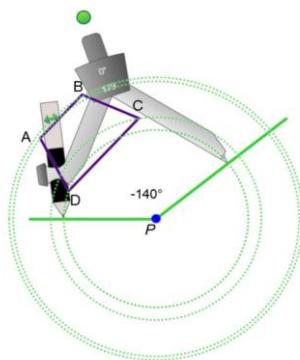


Figure 6: La distance entre deux points sur un cercle.

Source : <https://www.google.com/search?q=technique de construction d'une rotation>.

Etape 3 : Placer la pointe du compas sur le sommet choisi à l'étape 2 et tracer un petit arc sur son cercle associé en respectant le sens indiqué par la flèche de rotation.

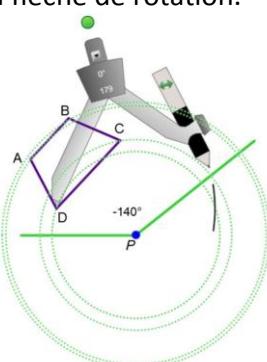


Figure 9: Le traçage d'un petit arc.

Source : <https://www.google.com/search?q=technique de construction d'une rotation>.

Etape 4 : Refaire les étapes 2 et 3 pour les autres sommets de la figure.

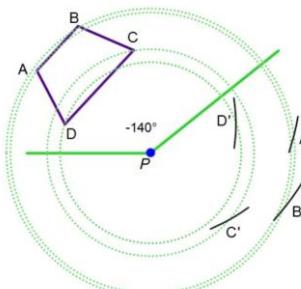


Figure 8: Le traçage d'un petit arc à chaque cercle.

Source : <https://www.google.com/search?q=technique de construction d'une rotation>.

Etape 5 : Identifier les points images obtenus (intersection du cercle et le petit arc). En utilisant une règle, relier les points images de la même façon que les points initiaux.

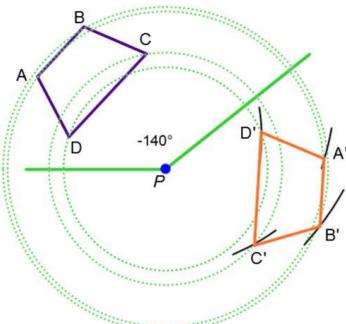


Figure 10: L'identification des points obtenus.

Source : <https://www.google.com/search?q=technique+de+construction+d'une+rotation>.

3-1-3-Propriétés

Les preuves des propriétés et propositions suivantes sont décrites aux ouvrages ci-dessous :

- Démonstrations, raisonnements et validation dans l'enseignement secondaire des mathématiques, Cabassut R.
- Ressource pour la classe de seconde : Notation et raisonnement mathématiques.
- Mathématiques Terminales C. E : Nombre Complexe – Probabilités-Géométrie, Barra et Jobert.
- Mathématiques seconde, Corrieu, L., Lion, G., Pensivy, M. et Vilatte, J.

Propriété 1: Une symétrie centrale n'est qu'un cas particulier de la rotation avec un angle 180° .

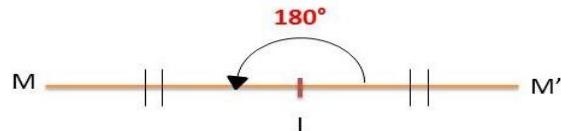


Figure 11: L'image d'un point par une rotation d'angle plat.

Source : auteur

En générale : $r_{[I; (2k+1)\pi]} = S_I$, avec $k \in \mathbb{Z}$ et S_I la symétrie de centre I.

Propriété 2 : L'image d'une figure par la rotation d'angle 360° est lui-même.



Figure 12: L'image d'un point par une rotation d'angle 2π .

Source : auteur

En générale : $r_{(I; 2k\pi)} = \text{Identité}$, avec $k \in \mathbb{Z}$

3-1-4-Propositions

Proposition 1: La transformation réciproque de $r_{(I; \alpha)}$ est $r_{(I; -\alpha)}$; $[r_{(I; \alpha)}]^{-1} = r_{(I; -\alpha)}$

Proposition 2: L'image d'une figure par la composition d'une rotation avec sa réciproque est lui-même ; $r \circ r^{-1} = \text{Identité}$.

Proposition 3 : Une rotation de centre O est la composition de deux symétries orthogonales d'axes sécants au point O.

Soient (d) et (d') deux droites qui se coupent en un point O et y font un angle θ . Soient s, la symétrie orthogonale d'axe (d) et s' celle d'axe (d'). Alors s'os est la rotation de centre O et d'angle 2θ .

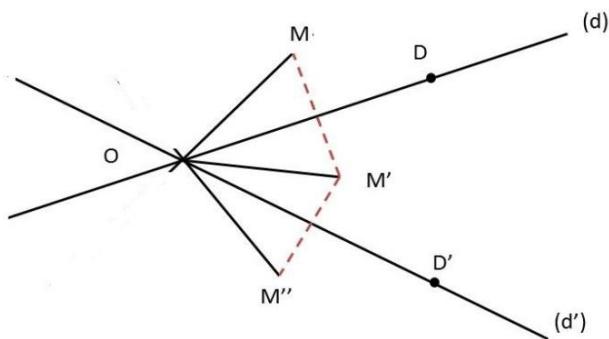


Figure 13: La composition de deux symétries orthogonales.

Source : Thomas, 2013

Proposition 4: La Composition de deux rotations de même centre $r_1=r_{(I; \theta_1)}$ et $r_2=r_{(I; \theta_2)}$ est une rotation de centre I et d'angle $\theta_1 + \theta_2$: $r_1 \circ r_2 = r_{(I; \theta_1 + \theta_2)}$.

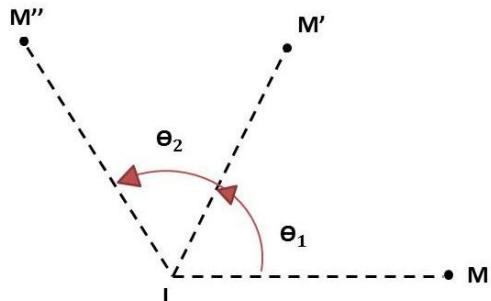


Figure 14: L'image d'un point par une composition de deux rotations.

Source : auteur

Proposition 5: Permutation de la composition des rotations de même centre

Soient $r_1=r_{(I; \theta_1)}$, $r_2=r_{(I; \theta_2)}$ $r_n=r_{(I; \theta_n)}$

On a la composition $r_1 \circ r_2 \circ \dots \circ r_n$ à partir de ces rotations ; le nombre de permutation est factorielle n ($n!$).

Ces permutations sont tous les mêmes, c'est-à-dire : $r_1 \circ r_2 \circ \dots \circ r_n = r_2 \circ r_1 \circ \dots \circ r_n = \dots$

Détermination de centre d'une rotation

Le centre d'une rotation peut être déterminé à partir des figures images et des figures initiales. On peut procéder de la façon suivante :

- Relier entre eux les points homologues (A' avec A et B' avec B).
- Tracer les médiatrices du segment $[AA']$ et $[BB']$.
- Identifier le point d'intersection des deux médiatrices comme étant le centre de rotation.

Concrètement, on obtiendrait une démarche semblable à celle qui suit, dont le centre de rotation est situé à la rencontre des médiatrices des segments $[AA']$ et $[BB']$.

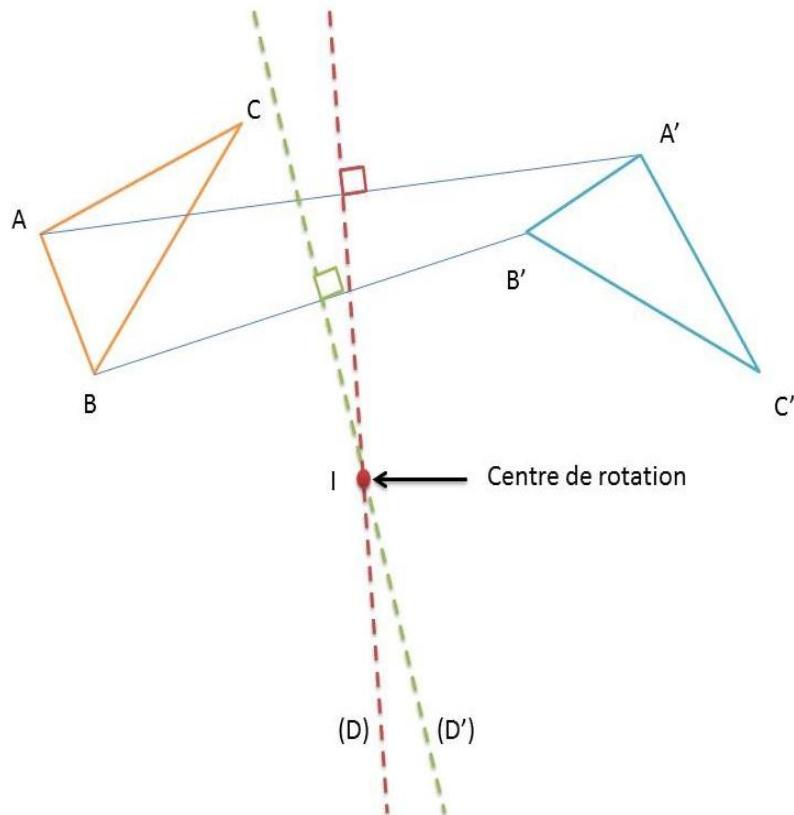


Figure 15: La détermination du centre d'une rotation.

Source : <https://www.google.com/search?rotation>

3-2-Etude analytique et complexe de la rotation

La construction d'une figure et l'application des propriétés ou propositions ne sont pas suffisantes pour l'étude de la rotation en mathématiques. Il est nécessaire d'effectuer l'étude analytique qui consiste à la détermination des coordonnées d'un point et l'expression analytique et complexe de cette transformation.

3-2-1-La rotation dans un plan complexe

Soient M et M' deux points dans le plan complexe $(\vec{O}; \vec{i}; \vec{j})$ avec des affixes respectivement z_M et $z_{M'}$.

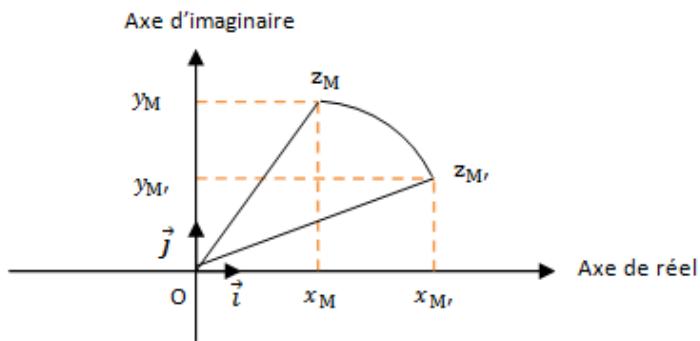


Figure 16: Le plan complexe.

Source : auteur

Dans un plan complexe, on appelle rotation de centre O d'affixe z_0 et d'angle α , la transformation qui à tout point M du plan associe le point M' tel que $(\overrightarrow{OM}, \overrightarrow{OM'}) = \alpha$ et $|z_M - z_0| = |z_M' - z_0|$

Une rotation de centre O qui transforme un point M en M' vérifie l'égalité suivante : $|\frac{z_M - z_0}{z_M' - z_0}| = 1$

3-2-2-Expression complexe de la rotation

$Z_{M'} = aZ + b$, avec a, b sont des nombres complexes et $|a|=1$

Pour le point invariant ou centre de la rotation d'affixe $Z_0 = \frac{b}{1-a}$

3-2-3-Expression analytique de la rotation

$\begin{cases} x' = x\cos \alpha - y\sin \alpha + k_1 \\ y' = x\sin \alpha + y\cos \alpha + k_2 \end{cases}$, avec α est l'angle de la rotation et k_1, k_2 sont des nombres réels.

3-3-Outils pédagogiques permettant d'enseigner la rotation

Plusieurs outils permettent d'apporter un plus dans l'enseignement de la rotation. En générale, l'objectif de l'utilisation de ces outils tend à amorcer la compréhension des élèves lors de l'étude de la rotation. Dans cette partie, nous allons présenter trois outils qui permettent d'apprendre cette transformation.

3-3-1-Utilisation des activités documentaires

L'activité documentaire vise à créer un cadre motivant et un contexte pour les élèves, et leur sert de support à la découverte de nouvelles notions (Feller, 2008). L'enseignant(e) partage des polycopies aux élèves qui comportent le contexte, la figure et les questionnements. D'abord, les élèves doivent comprendre le contexte ou l'histoire qui est décrit là-dedans. Après, ils font appel à leurs connaissances acquises pour répondre aux questions.

L'activité suivante consiste à décrire la rotation sous forme mathématique et de présenter un mouvement rotationnel. « **Une grande roue est installée à la fête des loges de Saint-Germain en Laye. Elle tourne à une vitesse constante dans le sens indiqué par les flèches et effectue un tour complet en 40 minutes exactement. Paulo commence son tour sur la grande roue au point d'embarquement P** » (Monka, 2016).

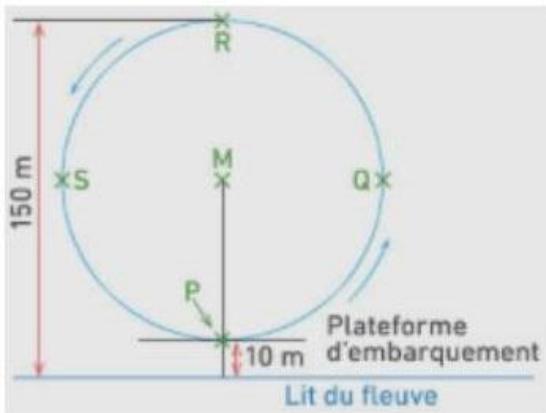


Figure 17: La grande roue lors de la fête des loges.
Source : www.maths-et-tiques.fr

- 1- Où se trouve Paulo au bout de 20 minutes ?
- 2- De combien de degré aurait-il tourné ?
- 3- Compléter cette phrase à partir des réponses des questions 1 et 2 : la rotation de centre M et de mesure d'angle transforme le point P en
- 4- Que peut-on dire pour les points P, M et R?
- 5- Quelle autre transformation permet de passer le point P en R ?

Les réponses de ces questions permettent de connaître des notions sur la rotation, y compris la définition, les caractéristiques et les propriétés.

Quand la grande roue tourne dans le sens contraire de l'aiguille d'une montre, Paulo se trouve au point R après 20 minutes. Sur la grande roue : la position initiale, le point fixe (centre) et la position de Paulo au bout de 20 minutes sont situés à une même droite, on a un alignement. Cela signifie que Paulo a tourné un angle plat (180 degrés). La rotation est donc un mouvement circulaire caractérisé par un centre et un angle.

Sur la figure, les points P, M et R sont alignés. De plus, les points P et R appartiennent au cercle de centre M et de rayon MP. Par conséquent, M est milieu du segment [PR]. ***La symétrie centrale, la translation et homothétie de rapport k=-1***, ce sont d'autres transformations qui permettent de déplacer le point P en R.

Limits : cette activité documentaire se limite tout simplement à l'introduction, la définition et les éléments caractéristiques d'une rotation. Lors de l'apprentissage avec cet outil pédagogique, on ne peut pas obtenir des informations concernant des propositions et propriétés de la rotation. De plus, les élèves doivent présenter mentalement les notions étudiées pour les mieux comprendre.

3-3-2-Utilisation d'une horloge en carton avec deux aiguilles fixées à l'aide d'une attache

L'enseignement de rotation débute au collège ; pour définir ce type de transformation, il vaut mieux indiquer :

- l'emplacement du centre de rotation ;
- la mesure d'angle de la rotation ;

- le sens de la rotation (dans le sens des aiguilles d'une montre ou dans le sens contraire des aiguilles d'une montre).

En classe de 4^{ème}, les élèves doivent comprendre ce que représente une rotation d'un quart de tour, d'un demi-tour et de trois quarts de tour dans le sens des aiguilles d'une montre ou dans le sens contraire (Charles et Randall, 2005).

Une horloge en carton avec deux aiguilles fixées est un outil qui pourrait aider les élèves à développer leur compréhension de la rotation. Dans un premier temps, les élèves placent d'abord les aiguilles à 12. Au deuxième temps, ils déplacent l'aiguille des minutes à 3 pour représenter une rotation d'un quart de tour dans le sens des aiguilles d'une montre. L'aiguille des heures représente la direction initiale alors que celle des minutes représente la direction après la rotation (Charles et Randall, 2005).

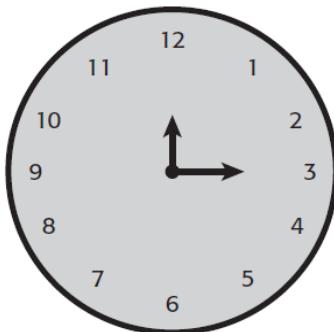


Figure 18: L'horloge en carton représente une rotation d'un quart de tour.
Source : Guide d'enseignement efficace de mathématiques

Les élèves doivent faire le lien entre la fraction de tour de rotation de la grande aiguille d'une horloge, le nombre de minutes et la valeur de l'angle en degrés. Par exemple, une rotation d'un quart de tour de la grande aiguille correspond à 15 minutes ou à 90 degrés.

Il importe encore une fois de varier la direction initiale des aiguilles. Par exemple, l'enseignant(e) peut placer les deux aiguilles de l'horloge à 2 et demander aux élèves d'effectuer une rotation d'un demi-tour dans le sens des aiguilles d'une montre. Ces derniers peuvent alors utiliser le fait qu'une rotation d'un demi-tour de la grande aiguille correspond à 180 degrés ou à 30 minutes pour déterminer que l'aiguille des minutes doit être placée à 8 (Charles et Randall, 2005).

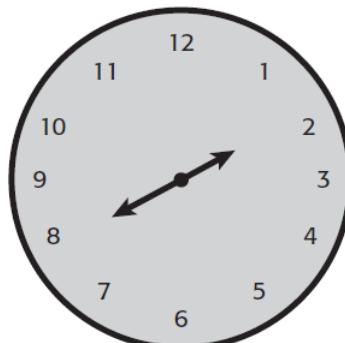


Figure 19: L'horloge en carton représente une rotation de demi-tour.
Source : Guide d'enseignement efficace de mathématiques

Limites de l'utilisation de cet outil :

- Nous remarquons que cette correspondance n'est pas tout à fait exacte puisque normalement, l'aiguille des heures se déplace légèrement lorsque l'aiguille des minutes effectue une rotation d'un quart de tour.
- Il faut effectuer une correspondance entre la valeur de l'angle et les nombres marqués sur le carton. Cela est difficile à trouver pour certaines valeurs d'angles, par exemple une rotation d'angle trois quarts de tour ou un quart de tour.

3-3-3-Utilisation du logiciel GeoGebra

GeoGebra est un logiciel de géométrie dynamique qui permet de manipuler des objets géométriques du plan (par exemple : cercle, droite angle) et de voir immédiatement le résultat (Saloum et Sinaly, 2007). Cet outil informatique peut aider les élèves à l'apprentissage des transformations géométriques comme: la symétrie orthogonale, la rotation, la translation (Safaa et Abdelmouttalib, 2013).

Dans cette partie, la manipulation du GeoGebra sert à construire l'image d'une figure géométrique de la rotation. Pour déplacer une figure géométrique par la rotation, il est nécessaire de suivre les étapes ci-dessous:

Etape 1 : Ouvrez un nouveau fichier Geogebra, dans le menu « **Affichage** », et cochez **la fenêtre algébrique**.

Etape 2 : Sélectionnez d'abord l'objet dont vous voulez créer l'image par la rotation.

Etape 3 : Cliquez sur le point qui sera le centre de cette rotation et une fenêtre vous demande la mesure de l'angle de rotation. Si vous avez choisi une valeur positive, un message « **sens antihoraire** » se situe au-dessous. Pour la valeur négative, ce logiciel affiche « **sens horaire** ».

Etape 4 : Cliquez « OK » pour que l'image d'une figure s'affiche à l'écran.

Limites de l'utilisation du GeoGebra:

- L'utilisation de cet outil requiert une bonne compétence en informatique pour les élèves, surtout les enseignants.
- En cas d'insuffisance des infrastructures ou matériels, l'enseignement avec GeoGebra n'est pas parfait.
- L'utilisation de cet outil n'est pas réalisable pour les établissements non électrisés.

Ces outils pédagogiques jouent un rôle important dans le domaine de l'enseignement-apprentissage de la rotation. Ils peuvent être considérés comme un moyen de référence, aidant les élèves à mieux comprendre et permettant l'accélération de la résolution du problème sur la rotation. Toutefois, ces outils ont des limites; c'est pourquoi nous avons élaboré un matériel didactique appelé **M_aT_éH_oR_o**. Ce dispositif est utilisé pour faciliter et/ou améliorer l'enseignement-apprentissage de la rotation.

Chapitre 4: CONCEPTION DU MATERIEL DIDACTIQUE

L'acquisition d'un concept peut se faire sous différentes formes : par répétition, par recherche, par essai-erreur et aussi sous différentes modalités de travail : individuellement, en binôme, collectivement, en groupe. Pour la mathématique, qui est une science et un langage dont les objets d'étude sont abstraits, le passage par la manipulation de matériel didactique est une étape importante (Camille et Pittet, 2013). L'enseignant(e) propose aux élèves diverses activités d'apprentissage qui les amènent à réfléchir, manipuler, explorer, construire, simuler, discuter, structurer ou s'entraîner (Berbaum, 2003). Grâce aux activités, les élèves peuvent s'approprier des concepts et utiliser le matériel de manipulation. Dans ce chapitre, nous allons donner quelques définitions et acceptations de matériel didactique, les apports de son utilisation ainsi que ses faiblesses.

1-Contexte

Soutenue par les théories contemporaines du développement cognitif ; l'utilisation de matériel est dorénavant bien ancrée dans l'enseignement des mathématiques (Neil et Jarvin, 2007). Au Québec, l'importance de son utilisation est d'ailleurs mentionnée dans la description de la compétence raisonnée. Alors, pour favoriser le développement de cette compétence, on recommande que « l'élève doit utiliser prioritairement du matériel de manipulation » (MEQ, 1997).

Dans l'article de Servais (1969), l'auteur met en évidence l'importance de matériel didactique pour l'abstraction des élèves. En effet, selon lui, la plus grande valeur pédagogique du matériel concret est de permettre à l'élève de se faire une expérience mentale à sa mesure, en dehors de l'autorité du maître. »

Piaget affirmait en 1964 que les élèves n'ont pas atteint la maturité nécessaire pour comprendre des notions abstraites dans leur apprentissage, sans utiliser de matériel didactique et par des représentations concrètes.

Grace à l'utilisation de matériel, les élèves peuvent établir des liens, se représenter des objets mathématiques de différentes façons, les organiser mentalement, arrivant ainsi progressivement à l'abstraction (MELS, 2009).

2-Définition et acceptation

Selon le dictionnaire des concepts et mots (pédagogie, didactique, management des systèmes éducatifs):

- **Le matériel** : c'est l'ensemble des objets ou instruments qui sont nécessaires pour bien faire fonctionner l'exploitation d'une activité. Les matériaux sont des éléments différents qui peuvent être regroupés selon leur utilisation pour un usage spécifique.
- **La didactique** : c'est l'étude des questions posées par l'enseignement et l'acquisition des connaissances dans les différentes disciplines scolaires.

Selon le dictionnaire français « le matériel didactique » peut avoir des synonymes : moyen d'enseignement, matériel d'apprentissage, matériel éducatif, matériel pédagogique. Il est important de noter que le matériel didactique doit comporter des éléments qui permettent d'avoir un certain apprentissage spécifique.

Matériel didactique : c'est un outil réunissant des moyens et des ressources qui favorise l'enseignement et l'apprentissage (Boutonnet, 2018). Ces sont des objets visuels ou tactiles qui

permettent de comprendre une notion. Ce genre de matériel est très utilisé dans l'environnement éducatif afin de faciliter l'acquisition de concepts, développer les habiletés, intégrer les attitudes et les compétences (Camille et Pittet, 2013). Un matériel didactique vise à faire manipuler les élèves pour apprendre une notion. En effet, il se situe à la confluence des interactions qui s'instaurent entre l'enseignant, l'élève et les objets d'apprentissage (Moyer, 2001). Il peut s'agir de matériel didactique commercial ou de matériel construit par les enseignants.

Manipulation : c'est une action de manipuler, c'est-à-dire de toucher avec la main les matières premières d'un produit que l'on prépare, les instruments que l'on utilise (Foulquié, 1971). Ici, la manipulation se distingue par l'utilisation de matériel didactique.

La manipulation est la manière concrète pour que l'élève puisse se faire une meilleure représentation spatiale. En mathématiques, la manipulation a une importance primordiale dans l'élaboration des concepts. Elle aide les élèves à se construire des images mentales et facilite ainsi l'accès à l'abstraction, notamment pour les élèves en difficultés (Raoul et Bellanger, 2010).

3-Avantages de l'utilisation des matériaux didactiques au sein de l'enseignement-apprentissage

Plusieurs recherches montrent que l'introduction des matériaux didactiques a un effet positif sur la réussite des élèves et le développement de l'enseignement-apprentissage. L'utilisation de matériel didactique favorise la représentation des notions (Medici, Ricci et Rinaldi, 2007). Le fait de manipuler permet à l'élève de se représenter concrètement une notion. Nous entendons par "représentation", ce que l'élève imagine de la forme de l'objet et de la notion mathématique. En outre, l'activité expérimentale explicite les significations des symboles et des signes pour rendre visible les notions abstraites.

Le fait de manipuler un matériel favorise le processus de pensée en mathématiques et la compréhension de certains concepts comme celui de division (Hoover, 2012), celui du positionnement dans notre système de numération ou encore celui du concept de la géométrie (Paris et Grinyer, 2013).

Grâce aux matériaux, l'élève peut résoudre des problèmes posés ou assimiler un concept. La mathématique fait à l'aide du matériel de manipulation est facile à résoudre : d'une part, l'activité sans matériel est difficile ou impossible et d'autre part, elle est colorée en présence des matériaux (Medici, Ricci et Rinaldi, 2007).

L'association de théorie d'apprentissage par les matériaux développe la structuration de la pensée, l'analyse, l'esprit critique et la créativité chez les élèves (Camille et Pittet, 2013). Lors de l'apprentissage, la manipulation des matériaux amène les élèves à faire appel leur intuition, leur sens de l'observation, leurs habiletés manuelles ainsi que leur capacité de s'exprimer. Grâce à la manipulation d'un matériel, les élèves peuvent davantage réfléchir et analyser une notion (Hoover, 2012).

L'exploitation des matériaux didactiques permet apprendre facilement des données théoriques et conduit à éviter le dogmatisme. L'élève qui a des difficultés à se représenter un objet pourra avoir une meilleure représentation grâce au matériel manipulable. La compétence et la réflexion personnelle des élèves augmentent facilement lors de son apprentissage. En revanche, l'élaboration de matériel vise une amélioration de la qualité l'enseignement-apprentissage.

CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE

Il n'est pas suffisant de considérer l'enseignement-apprentissage comme un processus de transmission des connaissances ni de considérer que les élèves reçoivent après reproduisent les connaissances transmises par l'enseignant. Pour améliorer l'enseignement-apprentissage, il vaut mieux adopter des méthodes bien structurées. Les travaux pratiques tiennent une place importante dans la construction des connaissances des élèves. Les participations des élèves lors de l'activité expérimentale apportent des intérêts comme : développer leur esprit d'observation, retenir leurs engagements cognitifs, permettre de faire une analyse et synthèse des résultats théoriques. Il est aussi important d'établir une théorie d'apprentissage bien choisie. Concernant l'étude de la rotation, nous avons adopté l'approche socioconstructiviste qui met les élèves au cœur dans la construction de leurs propres connaissances et agit positivement leur motivation. Comme l'étude de cette notion requiert une représentation mentale donc il est aussi important de concrétiser le cours par l'utilisation de matériel. Ces méthodes doivent être le plus adaptées pour que les élèves soient capables de comprendre la définition, les propriétés, les propositions et la construction d'une figure par la rotation.

Les objectifs d'enseignement-apprentissage sur ce chapitre viennent du programme scolaire malagasy. A l'issue du cours les élèves doivent être capable de (d') :

- caractériser une rotation ;
- composer deux rotations de même centre ou non ;
- décomposer une rotation en un produit de deux symétries orthogonales ;
- utiliser les rotations dans des problèmes de constructions et de lieux géométriques.

DEUXIEME PARTIE : INTRODUCTION DU MATERIEL DIDACTIQUE « $M_aT_eH_oR_o$ » DANS LE DOMAINE DE L'ENSEIGNEMENT ET ANALYSE DES RESULTATS OBTENUS

Dans cette partie, nous allons utiliser un type de matériel pour enseigner la rotation en classe scientifique. Notre travail a pour objectif de vérifier que l'utilisation du matériel didactique $M_aT_eH_oR_o$ aide les élèves à mieux comprendre la rotation. L'efficacité de ce dispositif dans le cadre « enseignement/apprentissage » est mesurée selon les indicateurs suivants :

- Comportements des élèves lors de l'exécution de la tâche
- Notes des élèves durant le test final
- Résultats de questionnaire destiné aux élèves du groupe testé après l'utilisation du $M_aT_eH_oR_o$

Chapitre 1 : METHODOLOGIE DE RECHERCHE

1-Conception et élaboration du matériel didactique

1-1-Description

Le matériel que nous avons élaboré porte le nom de **M_aT_eH_oR_o** qui signifie **Matériel** réalisé pour enseigner l'**Homothétie** et la **Rotation**. Il sert à effectuer les travaux pratiques sur l'étude de la rotation, l'homothétie et leur composition en classe de terminale scientifique. Durant le travail, nous limiterons notre étude à l'enseignement-apprentissage de la rotation en utilisant ce matériel didactique.

M_aT_eH_oR_o a été construit à partir de produits locaux tels que contreplaqué, fer, corde. Tous les composants sont fixés sur un support métallique.

La réalisation de cet outil a commencé au début du mois d'octobre 2018. Pendant un mois, nous avons procédé à l'étude théorique comme sa forme, sa structure, ses composantes et son mode d'emploi. Nous avions fabriqué un échantillon et l'a présenté devant notre professeur et nos collègues. Durant cette présentation, ces derniers ont donné des critiques et des remarques constructives sur sa forme.

Une journée scientifique s'est déroulée à l'E.N.S Ampefiloha le mois de janvier 2019. A l'occasion de cette journée scientifique, des matériels didactiques ont été exposés dont faisait partie le **M_aT_eH_oR_o**. Cela nous a donné une idée pour son amélioration.

1-2-Les éléments constitutifs



Figure 20: Un disque fait à partir d'un carton

Un disque a été fait à partir d'un carton. Sur lequel, on trouve la valeur des angles remarquables. On y trouve aussi le sens positif (sens direct de la rotation) et le sens négatif où l'angle est négatif.



Figure 21: La première aiguille façonnée à partir d'un contreplaqué

La première aiguille a été faite à partir d'un contreplaqué. Elle sert à indiquer l'angle de la rotation sur le cercle trigonométrique. On la fait tourner suivant le sens de l'aiguille d'une montre ou dans le sens contraire. Sa position initiale se trouve à l'angle 0 degré.



Figure 22: La deuxième aiguille fait à partir d'un contreplaqué

De même, **la deuxième aiguille** a été façonnée à partir d'un contreplaqué. Elle est plus longue par rapport à la première. Elle sert à garder la position initiale d'un point ; dans ce cas, ce point reste immobile. Quand on fait tourner la première aiguille, l'angle de la rotation est l'angle qui est formé par ces deux aiguilles.



Figure 23: Une corde

La corde est l'un des éléments constitutifs du **M_aT_eH_oR_o**. Puisque la rotation est une transformation isométrique, par l'utilisation de la corde, nous pouvons garder la distance ou la longueur entre deux points. Sur l'étude de l'homothétie, la corde sert à varier la distance entre deux points selon le rapport k .

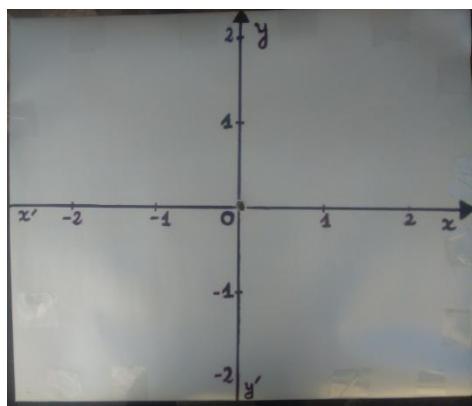


Figure 24: Un tableau blanc

Un tableau blanc rectangulaire de 80 cm de longueur et 50 cm de largeur, sur lequel on trouve un repère orthonormé (O, \vec{i}, \vec{j}) qui permet de déterminer les coordonnées de points.



Figure 25: Un support fait à partir de fer six

Le support est fabriqué à partir d'un fer six de 1,5 mètre de longueur. La base est en forme de croix, sur laquelle on a soudé une potence de 80cm de hauteur. Toutes les composantes précédentes s'attachent à son extrémité.

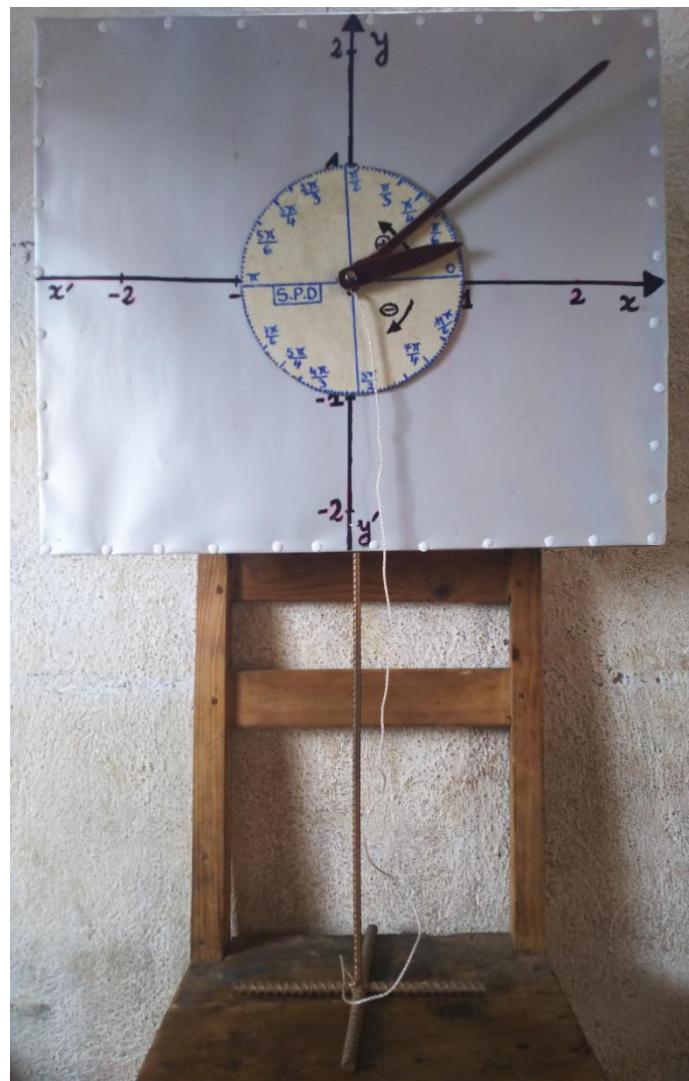


Figure 26: Le vue globale du $M_aT_eH_oR_o$

2-Méthodologie de l'enseignement

Notre étude sur terrain s'est déroulée au Lycée Moderne Ampefiloha auprès des élèves TC₅, cette classe est constituée de 40 élèves dont 6 filles et 34 garçons. Nous avons choisi cette classe parce que l'enseignant n'a pas encore commencé le chapitre de la rotation. De plus, le professeur de mathématiques de TC₅ a accepté de dispenser le cours sur la rotation.

Pour atteindre notre objectif⁵, nous avons adopté la méthodologie qui consiste à repartir les élèves en deux groupes dont l'un est le groupe témoin et l'autre le groupe test. Les notes mathématiques des élèves en deuxième trimestre ont permis de distinguer les niveaux des élèves et le critère permettant de former les deux groupes. Pour favoriser plus d'interaction entre les élèves, nous avons fait en sorte que chaque groupe comportait des élèves de niveaux différents : niveau inférieur, niveau moyen et niveau supérieur. Effectivement, les deux groupes étaient de mêmes structures.

Pour tester l'influence de l'usage du **M_aT_éH_oR_o**, les groupes sont enseignés de deux manières différentes :

- Dans le groupe témoin, les élèves construisent leurs propres connaissances selon le modèle socioconstructiviste sans utiliser le matériel.
- Dans le groupe test, les élèves construisent leurs propres connaissances selon le modèle socioconstructiviste en utilisant **M_aT_éH_oR_o**.

Il est nécessaire de mentionner que pour chacun de ces groupes, le cours enseigné et l'évaluation sont les mêmes.

2-1-Test Baseline

Ce test a été fait pendant la première séance (16 mai 2019) avec l'objectif de rappeler certaines notions liées à l'étude de la rotation. La grille de cette évaluation est rapportée à l'annexe [1].

Cette évaluation comporte sept questions qui sont regroupées en trois parties :

- La première partie est l'ensemble des questions en relation avec la rotation et la référence pratique sociale.
- La deuxième partie est centrée sur un test logique et de raisonnement.
- La troisième partie s'attache à une construction en géométrie et à un test des acquis sur la fonction composée et fonction réciproque.

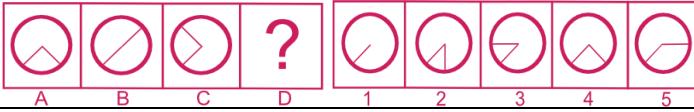
Ce test avait pour buts de (d') :

- attirer l'attention des élèves vis-à-vis de l'étude de la rotation ;
- faire émerger les représentations initiales des élèves ;
- évaluer les notions acquises pendant l'apprentissage de la rotation ;
- obtenir des gains de chaque groupe (G. témoin et G. test) en faisant soustraire les moyennes des notes du test final et du test Baseline.

⁵ Prouver l'efficacité du **M_aT_éH_oR_o** sur l'étude de la rotation

Tableau 1: Les contenus du test Baseline et les objectifs à atteindre

Source : auteur

Questions	Objectifs Les élèves doivent être capable de :
1 - Dans la vie courante, citez deux phénomènes où on peut observer la rotation ?	Montrer qu'il existe un mouvement rotationnel dans la vie quotidienne.
2- Quand on parle de rotation en mathématiques, quel mot vient tout de suite dans votre esprit ?	Identifier quelques termes fréquents quand on parle de rotation en mathématiques.
3- Quelle graphique complète la série à partir de la figure numérotée ? Décrivez ce que vous avez fait pour trouver la réponse. 	Compléter la figure manquante et expliquer les processus pour avoir la réponse.
4 - Soient f et g deux fonctions définies sur IR_- ; par $f(x) = \sqrt{-2x + 3}$ et $g(x) = \frac{1}{2}x + 1$. Calculer $gof(x)$; $fog(x)$ et $f^{-1}(x)$.	Appliquer la définition d'une fonction composée et une fonction réciproque.
5 - EFG est un triangle isocèle en E. Placer les points suivants : M sachant que $-2\vec{EM} = 4\vec{GE}$ N sachant que $\vec{FN} = \frac{1}{2}\vec{GF}$	-Rendre deux vecteurs en même origine -Construire un point en utilisant les données
6 - ABCD est un rectangle de longueur 4cm et de largeur 3cm dans le sens direct. I est le centre de ce rectangle et (C) est le cercle circonscrit de ce quadrilatère. Définition : $\forall M \in (C)$, On dit que M' est l'image de M par la rotation de centre I et d'angle θ ; si $M' \in (C)$ et $\widehat{MIM'} = \theta$ Placer A' l'image de A par la rotation de centre I et d'angle 45° . Placer B' l'image de B par la rotation de centre I et d'angle 180° . Placer D' l'image de D par la rotation de centre I et d'angle 90° . Quelle est la nature de triangle DID' ? Argumenter votre réponse. Placer C' l'image de C par la rotation de centre I et d'angle 360° .	-Construire l'image d'un point en tenant compte la définition que nous avons donnée. -Justifier les affirmations et la validité des informations proposées.

2-2-Observation

Elle est une action de regarder attentivement les phénomènes, les événements pour les étudier, les surveiller, et d'en tirer des conclusions (Barbeau, 1993). L'étude comparative des comportements scolaires observables des élèves est l'une des indicateurs permettant de vérifier notre hypothèse. Donc l'observation a été effectuée lors de l'enseignement-apprentissage au niveau de chaque groupe. Durant laquelle, nous nous sommes intéressés à identifier la prise de la parole, le questionnement des élèves et le mode d'accomplissement des tâches dans la classe.

Pour faciliter le travail, nous avons élaboré une grille d'observation⁶ qui comporte différents indicateurs concernant les comportements observables des élèves. Nous la rapportons en annexe [2] de ce devoir.

2-3-Evaluations

Au cours de l'expérimentation, deux types d'évaluation ont été effectués :

2-3-1-Une évaluation non notée

Après le cours, nous avons donné des exercices pour évaluer les connaissances acquises par les élèves. C'est un processus qui permet de suivre les évolutions de connaissances construites pour chacun et analyser ce qui ne fonctionne pas. Les élèves travaillent individuellement en faisant leurs tâches. En cas de difficultés, ils peuvent demander de l'aide auprès de l'enseignant ou de leurs camarades. Cette évaluation comporte quatre questions suivant la taxonomie de Bloom (cf. annexe [4]). A partir de cette évaluation, nous avons pu identifier les difficultés rencontrées dans la mise en œuvre de l'enseignement et dans le déroulement de l'apprentissage afin d'y remédier.

Après cette évaluation, il y a une intervention de l'enseignant et de l'élève concernant les erreurs mentionnées par les élèves et leurs difficultés à la résolution des problèmes. Durant cette étape, nous avons tiré des remarques et offert des remédiations par rapport à ces erreurs

2-3-2-Une évaluation notée

Dans la dernière séance de notre enseignement, nous avons évalué les connaissances construites par les élèves sous forme de devoirs surveillés. Les résultats obtenus nous ont permis de faire une étude comparative sur l'impact des deux types de méthodes d'enseignements.

Cette évaluation comporte quatre questions dont la première est axée sur l'identification des éléments caractéristiques de la rotation (son centre, son angle et son sens). La réponse à cette question requiert de notions sur la valeur d'angle dans un triangle particulier étudié en classe de 5^{ème} et 4^{ème}.

Suivant la taxonomie de Bloom, la deuxième question correspond au niveau de « compréhension » dans laquelle, les élèves traduisent les consignes sous forme d'une figure et à partir de là, ils pourraient facilement déduire la réponse attendue.

La troisième question se rapporte spécialement à l'application de quelques propriétés de la rotation dans laquelle les élèves représentent les réponses en construisant l'image d'un point par une rotation.

La dernière question est basée sur une réflexion personnelle et une étude approfondie. Les élèves doivent analyser la question mot par mot, puis mobiliser leurs connaissances et leurs compétences en associant aux raisonnements pour résoudre le problème considéré.

Nous rapportons en annexe [6] le contenu et la grille d'évaluation constituée par les capacités attendues, les compétences en mathématiques et le niveau de difficulté suivant la taxonomie de Bloom. Cette évaluation finale a pour objectif de vérifier notre hypothèse en comparant les notes des élèves du groupe test à celle du groupe témoin.

⁶ Inspiré de : Barbeau, D. (1993). La motivation scolaire. *Pédagogie Collégiale*, 7 (1), 20-27. Récupéré le 20/04/2018 de https://cdc.qc.ca/ped_coll/pdf/barbeau_denise_07_1.pdf

2-4-Questionnaire

Nous rappelons que la méthodologie de notre recherche consiste à partager en deux groupes les élèves TC₅ du Lycée Moderne Ampefiloha et à les enseigner de deux façons différentes. Un questionnaire a été proposé aux vingt élèves du groupe test dans le but de connaître l'impact de l'utilisation du **M_aT_eH_oR_o** en vue de l'enseignement-apprentissage de la rotation. La distribution des questionnaires a été effectuée après le test final. Ce questionnaire comporte six questions dont trois questions à choix multiples et les restes sont des questions ouvertes.

Objectifs des questions à choix multiples :

- Connaître l'appréciation des élèves par rapport à ce matériel en utilisant une échelle de note sur 10.
- Connaître les avantages apportés par ce matériel au niveau de l'apprentissage de la rotation.

Objectifs des questions ouvertes :

- Connaître les remarques, critiques et améliorations apportés par les élèves à propos de la forme et le mode d'emploi du « **M_aT_eH_oR_o** ».

Nous rapportons en annexe [7] les contenus du questionnaire

La figure ci-contre résume le cheminement de l'enseignement durant notre étude pratique.

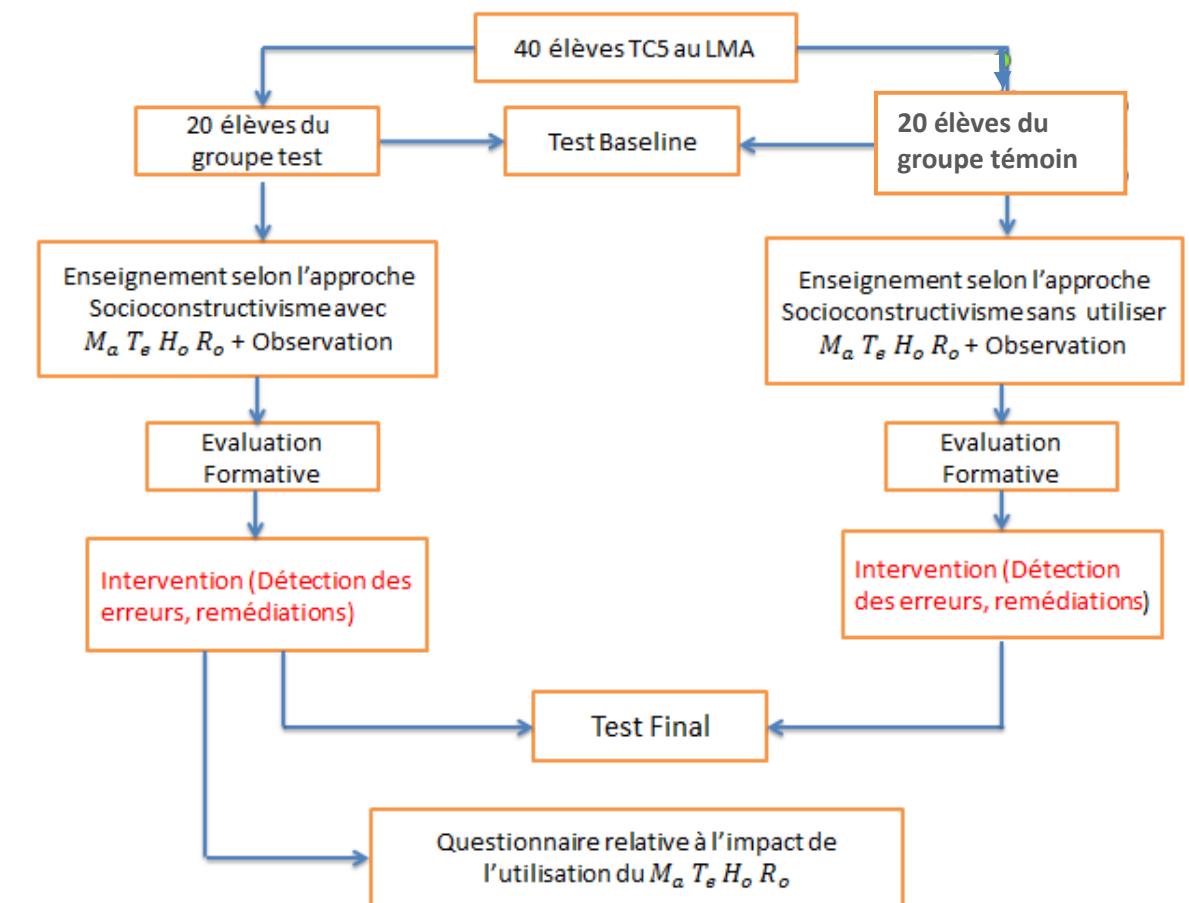


Figure 27: Cheminement de l'enseignement

3-Déroulement de l'enseignement

Madame le Proviseur du Lycée Moderne Ampefiloha et le professeur responsable de la classe TC₅ nous ont permis de réaliser notre recherche au sein de leur établissement.

3-1-Première semaine

Notre étude sur terrain a duré trois semaines. Ce travail a commencé le jeudi 16 mai 2019. Durant cette première intervention, nous avons eu deux heures de temps (10h à 12h) pour introduire le travail.

Dans un premier temps, nous nous sommes présentés et énoncés les raisons pour lesquelles nous étions sur place et enfin, les objectifs de la recherche. Les élèves dans cette classe étaient polis et n'ont causé aucun problème lorsque nous leur avons expliqué que nous allons diviser la classe en deux groupes.

Dans un deuxième temps, nous avons expliqué les techniques d'apprentissage de la discipline mathématique; durant laquelle, les élèves disaient leurs difficultés et demandaient des méthodes ainsi que des stratégies pour résoudre des problèmes en géométrie.

Dans le troisième temps, un test Baseline a été donné aux élèves. Il s'agit essentiellement de rappels de ce qui a déjà été abordés au collège et au lycée. Nous avons accordé une heure de temps aux élèves pour répondre aux questions.

3-2-Deuxième semaine

Cette semaine est consacrée à l'enseignement des deux groupes en adoptant des méthodologies différentes.

3-2-1-Description de la première séance

Cette séance s'est déroulée le lundi 20 mai 2019 à partir de 7h à 10h. Pendant ce temps, les élèves au groupe test ont été enseignés suivant une approche socioconstructiviste. Cette approche était constituée de quatre étapes.

Etape 1 : Nous avons introduit la séance en citant quelque objet qui tourne autour d'un axe fixe. Parmi ces objets, nous nous sommes intéressés au mouvement d'une fenêtre lors de son ouverture. Après, nous avons entamé le chapitre de la leçon au tableau. Nous avons envoyé un élève pour ouvrir une fenêtre de la classe tandis que le reste observait ce qui se passait. Cet élève a ouvert trois fois cette fenêtre afin de mieux comprendre le phénomène. Des questions concernant la définition de la rotation et ses caractéristiques ont été posées à chaque élève dans le but de recueillir leur conception initiale. Les réponses de chaque élève ont été discutées entre les groupes.

Etape 2 : Il n'y a pas d'apprentissage s'il n'y a pas d'activité du sujet apprenant (Berbaum, 2003). De ce fait, une activité accompagnée d'objectif à atteindre a été donnée à chaque groupe. Afin de répondre aux questions, les élèves doivent apporter leurs connaissances antérieures comme les propriétés d'un milieu, la symétrie centrale, la composition de deux fonctions etc. Ils peuvent

également consulter d'autres documents. Beaucoup de représentations se sont émergées et ont conduit à une discussion au sein des groupes. Dans ce cas, il y a plus d'interactions élève-élève. En cas de problème, ils cherchent une aide extérieure en demandant de l'aide à l'enseignant. En effet, les connaissances sont construites par les mises en interaction des élèves avec l'objet à apprendre.

Etape 3 : C'est l'étape où chaque groupe présente leur travail au tableau suivant une explication. Le représentant de chaque groupe doit alors soutenir leurs opinions devant les autres. A la fin de la présentation, les élèves en place posent des questions ou apportent des critiques. Les membres du groupe exposant répondent aux questions ou défendent leurs idées. Cela ouvre place à un débat dans la classe.

Etape 4 : Dans cette étape, nous avons fait une synthèse à partir des résultats obtenus. Les élèves copient proprement la leçon dans leur cahier après que nous leur avons expliqués les notions à retenir.

3-2-2-Description de la deuxième séance

Cette séance s'est déroulée le mercredi 22 mai 2019 à partir de 7h à 10h. En rappelant que la méthode de l'enseignement dans cette séance est basée par la manipulation du **M_aT_eH_oR_o** mis en œuvre dans un modèle socioconstructiviste. Cette séance comporte les étapes qui suivent :

Etape 1 : Nous avons demandé aux élèves quelques situations dans la vie sociale liant au mouvement rotationnel. En tenant compte de ces phénomènes, nous avons posé des questions à chaque groupe concernant les caractéristiques de la rotation. Au fur et à mesure, l'élève au sein de groupe exprime ses idées. Ces représentations initiales conduisent à la définition et aux caractéristiques de la rotation.

Etape 2 : Nous avons montré aux élèves le **M_aT_eH_oR_o**. Nous avons parlé de la signification de ce nom, l'élaboration dudit matériel, le rôle de chaque élément constitutif ainsi que ses avantages dans l'environnement de l'enseignement-apprentissage. Relativement au mode d'emploi, nous avons montré aux élèves sa manipulation en prenant un exemple (déterminer l'image d'un point P sur le plan par une rotation de centre à l'origine et d'angle $\theta = \frac{5\pi}{4}$). Après, les élèves ont utilisé le matériel pour traiter les questions dans l'activité qu'on leur a fourni. Puisque nous avons élaboré quatre échantillons de ce matériel, chaque groupe a pu effectuer leurs tâches librement. En générale, l'activité que nous avons distribuée à chaque groupe est axée sur la construction de l'image d'un point par une rotation de centre à l'origine et de certaine valeur d'angle.

Au sein de chaque groupe, l'organisation des tâches est répartie comme suit : deux élèves manipulent le **M_aT_eH_oR_o** suivant la question posée et les autres modélisent dans leur cahier ce qu'ils observent. Face aux résultats expérimentaux et théoriques, une discussion prenait place au sein du groupe.



Figure 28: Elèves en train de manipuler le matériel

Etape 3 : Les réponses dans chaque activité permettent de déduire une propriété de la rotation. Chaque groupe va présenter leur travail en utilisant **M_aT_éH_oR_o** et écrire les résultats obtenus au tableau avec des conclusions. Une discussion apparaît entre les élèves dans la classe et les membres des groupes essayent de mener des arguments ou explications pour défendre leurs idées.



Figure 29: Elève en train d'expliquer les résultats obtenus



Figure 30: Elève en train d'écrire les résultats

Etape 4 : A la fin de la présentation de chaque groupe, nous avons apporté une synthèse et/ou des solutions face aux résultats. Puis les élèves recopient le cours dans leur cahier de leçon.

Fiche de préparation

Un outil pédagogique qui est nécessaire pour mettre en ordre l'enseignement, de manière à enchaîner logiquement les éléments de la leçon et permettre de bien organiser la méthodologie d'enseignement. L'enseignant qui s'est bien préparé n'hésite pas, tout a été prévu, clarifié et précisé dans son esprit (Karim, 2014). Nous présenterons sous forme d'une fiche de préparation le détail du déroulement de stratégies déployées, les moyens utilisés ainsi que les traces écrites élaborées. La fiche de préparation pour les deux types de séance d'enseignement est rapportée à l'annexe [3].

Evaluation formative

A chaque groupe, nous avons donné un exercice après le cours. Pendant que nous avons circulé dans la salle, nous avons remarqué que la plupart des élèves sont capables de répondre aux deux premières questions. En cas de difficulté, ils ont consulté leur cahier de leçon ou ils ont demandé à leurs camarades.

3-3-Troisième semaine : Test final – questionnaire

Dans un premier temps, pour permettre de faire un état des lieux de l'atteinte des objectifs d'apprentissage par les élèves, nous avons donné un test. Avant de le commencer, nous avons parlé des consignes suivantes :

- Tous documents en mathématiques sont non autorisés.
- Le travail doit se faire individuellement.
- La durée est fixée à une heure pour répondre à toutes les questions.
- La construction des figures à l'aide de stylo n'est pas autorisée.
- Les traces de crayons doivent figurer dans votre papier.

Au deuxième temps, des questionnaires sont partagés aux élèves qui ont fait l'expérience. Nous avons donné d'une façon verbale les consignes nécessaires permettant de les remplir et traduit en malagasy officiel les questions, puisque certains élèves ont des difficultés avec le français.

Chapitre 2 : INTERPRETATIONS ET ANALYSES DES RESULTATS

Dans ce chapitre, nous rapportons les résultats obtenus durant l'expérimentation du matériel proposé précédemment, au Lycée Moderne Ampefiloha auprès des 40 élèves en TC₅. A la fin de notre étude sur terrain, nous avons obtenu quatre types de résultats tels que les notes du test Baseline, les résultats lors de la phase d'observation, les notes de test final et les résultats du questionnaire. Pour tester notre hypothèse, nous amènerons des interprétations et analyses à ces résultats. Les résultats des notes du test Baseline et test final seront interprétés par l'intervalle de note et la taxonomie de Bloom.

1-Résultats des notes du Test Baseline

1-1-Selon l'intervalle de note

L'histogramme ci-dessous montre les pourcentages des notes des élèves lors du test Baseline. Le graphe nous aide à mieux comprendre la différence des pourcentages au sein des deux groupes par le biais des notes.

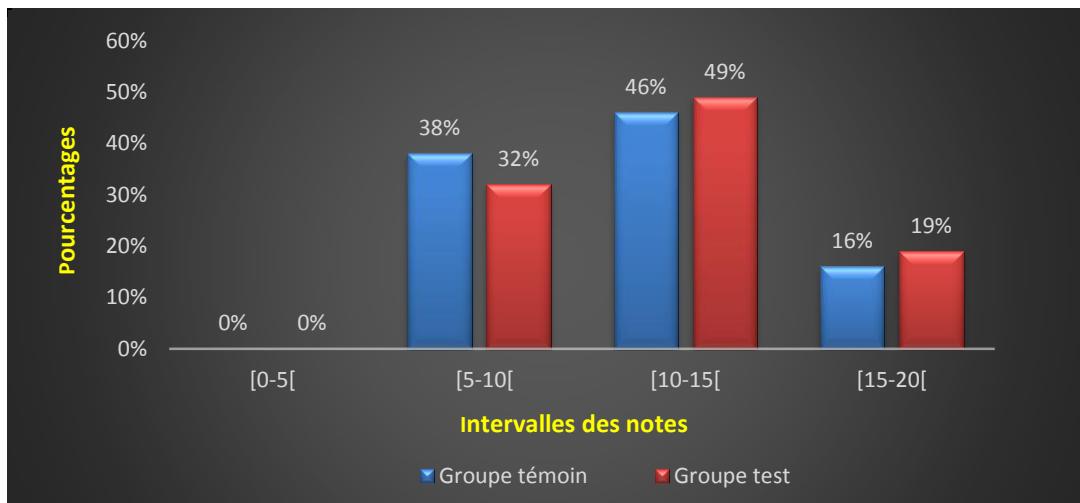


Figure 31: Les pourcentages des notes des 40 élèves lors du test Baseline.

D'après cette figure, nous avons vu qu'aucun élève n'a eu de note strictement inférieure à 5 sur 20. Dans le groupe témoin, le taux des élèves qui ont obtenu des notes entre 5 à 10 sur 20 est de 38% tandis que 32% pour le groupe test. Nous pouvons constater que beaucoup d'élèves du groupe témoin ont eu des notes strictement inférieures à 10 par rapport au groupe test. Concernant les notes entre 10 à 15, le dernier groupe affiche un taux plus élevé, qui est 49%, par rapport au premier groupe qui est de 46%. Nous pouvons dire que le groupe test dépasse le groupe témoin avec un taux de 3%. Enfin, pour les notes supérieures à 15 sur 20, le groupe test (19%) présente un gain de 3% par rapport au groupe témoin (16%).

Dans le groupe témoin, la moyenne des notes est de 11,75 avec un écart type 3,21. Nous pouvons remarquer que l'écart type est inférieur à la moitié de la moyenne ($3,21 < 5,875$), ce qui veut dire que, la dispersion des notes est faible. Autrement dit, les notes des élèves sont autour de la moyenne.

De même dans le groupe test, les notes des élèves se trouvent autour de la moyenne 12,25 sur 20 (écart type : 3,85).

1-2-Selon la taxonomie de Bloom

Les graphes ci-dessous montrent les résultats du test Baseline suivant le niveau taxonomie de Bloom. Sur ce, nous avons distingué les élèves qui ont trouvé la bonne réponse.

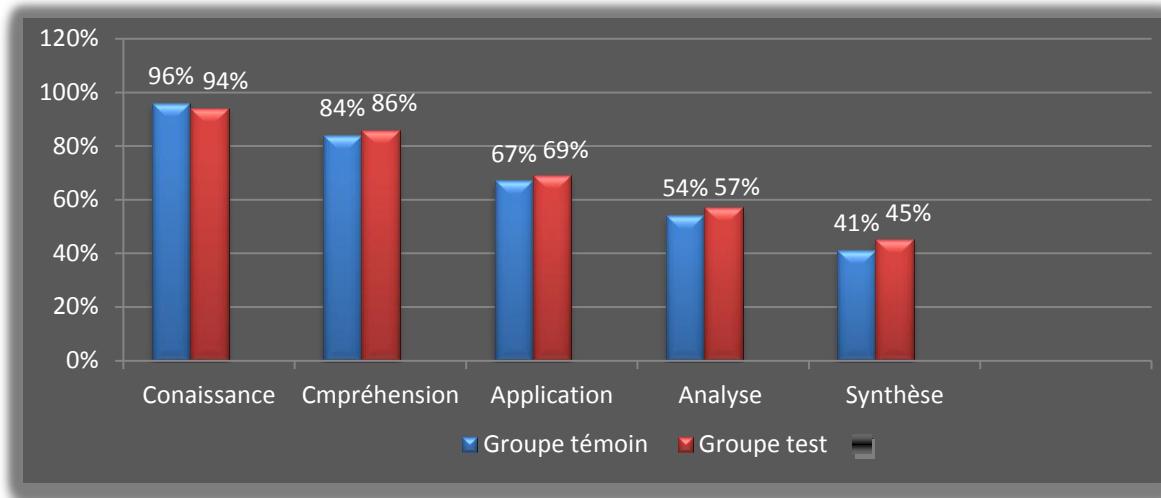


Figure 32:Proportion des élèves ayant de bonne réponse

Nous rappelons que les niveaux taxonomiques peuvent regrouper le niveau inférieur et le niveau supérieur. Dans les questions basées sur le niveau inférieur, 82% des élèves du groupe témoin ont trouvé la bonne réponse tandis que 83% pour le groupe test. Sur ce, en considérant les réponses des élèves, la différence des deux groupes n'est pas mise en relief. Rappelons que les questions ont pour buts de savoir les connaissances générales des élèves concernant la rotation dans la vie quotidienne. Pour les questions de ce niveau, beaucoup d'élèves ont trouvé la bonne réponse.

Pour les questions de niveau analyse et évaluation, 47% des élèves du groupe test ont répondu correctement et 51% pour le groupe test. Le dernier groupe dépasse 4% par rapport au premier. Dans ce cas, les élèves du groupe test ont un niveau plus élevé que celui du groupe témoin.

D'après ces figures, nous avons vu que plus le niveau de difficulté augmente, plus le nombre des élèves ayant trouvé la bonne réponse diminue.

2-Résultats de l'observation

Nous avons conçu une grille d'observation afin de savoir les comportements observables des élèves lors de la séquence d'enseignement-apprentissage. Cette activité se déroule dans une séquence semblable dans le groupe témoin et test qui a pour but de connaître l'efficacité du **M_aT_eH_oR_o** dans l'enseignement-apprentissage de la rotation. La grille sert à identifier la prise de la parole, le questionnement et les comportements des élèves. A partir des résultats de ces grilles, nous allons faire une étude comparative entre les deux groupes.

2-1-La prise de la parole

Lors de l'activité de chaque groupe, nous avons identifié la prise de parole des élèves qui sont : des suggestions ou propositions face aux problèmes, des explications des idées et de discussion. L'histogramme ci-dessous représente les pourcentages des élèves du groupe test et témoin suivant les critères précédents.

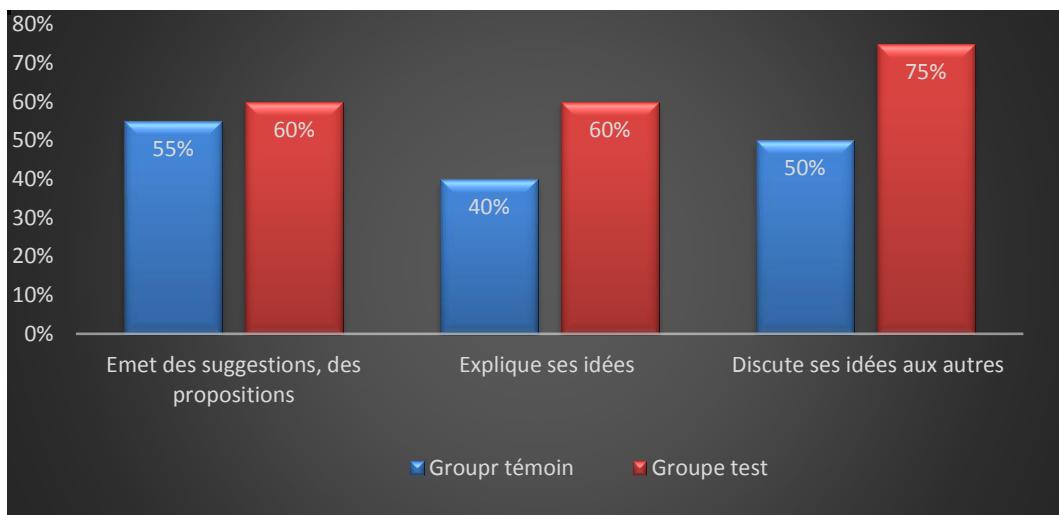


Figure 33: La prise des paroles des élèves pendant les activités.

D'après les résultats ci-dessus, une différence se trouve entre les deux groupes en tenant compte la prise de parole des élèves dans la classe. Ce graphe montre que le groupe sans le matériel est moins actif verbalement que celui avec le matériel. Etant donné que nous avons adopté comme théorie d'apprentissage le socioconstructivisme qui met l'accent sur l'échange d'idées entre les élèves. De ce fait, un des éléments indispensables de cette théorie est la prise de parole des élèves, dans le but qu'ils construisent eux-mêmes leurs connaissances. En manipulant l'objet concret, les élèves peuvent émettre et/ou expliquer davantage leurs idées. En outre, en présence du **M_aT_éH_oR_o**, ils peuvent dégager facilement des représentations liées à la rotation. Autrement dit, les élèves sont dynamiques à prendre la parole. En effet, on peut réduire la fonction « explicateur » de l'enseignant(e) dans le cas de l'enseignement avec matériel.

2-2-Le questionnement

Ce questionnement est constitué des questions données par les élèves. Ces dernières sont des indications de l'incompréhension d'une notion autour de la rotation.

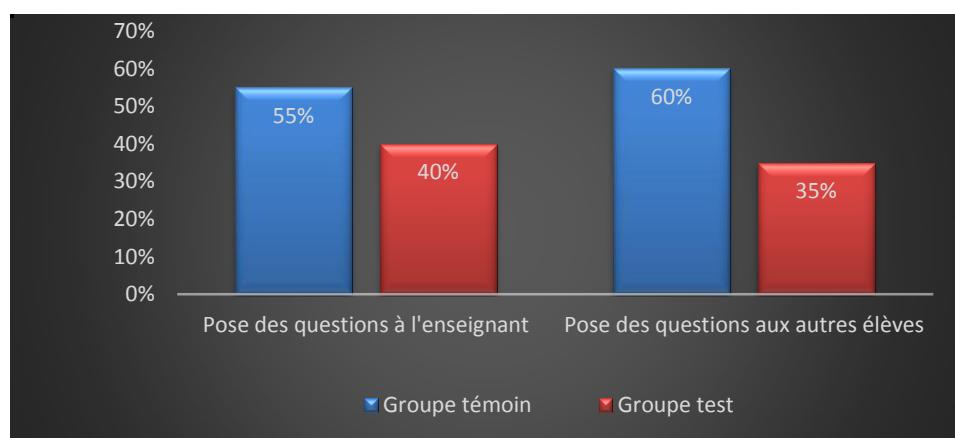


Figure 34: Les questions posées par les élèves

Nous remarquons que les questions posées tournent autour de la caractérisation, la construction et les propriétés de la rotation. L'histogramme ci-dessus montre les pourcentages

des questions des élèves lors de l'exécution de l'activité. Parfois, ces questions peuvent s'adresser à l'enseignant ou aux autres élèves. Comme le groupe test construit eux même leurs connaissances avec **M_aT_eH_oR_o**, ce matériel leur aide à la compréhension de la définition ainsi que les caractéristiques de la rotation. En outre, il est un outil permettant d'amorcer leurs connaissances acquises sur la rotation. Pour ces raisons, les élèves acquièrent facilement les connaissances lors de l'enseignement-apprentissage de la rotation.

Les élèves du groupe témoin construisent leurs connaissances sans utiliser le matériel. Il suffit d'effectuer leurs tâches demandées par l'enseignant en suivant le modèle socioconstructiviste. La plupart du temps, des notions leur paraissent difficiles à comprendre qui leur conduit à poser des questions fréquemment.

2-3-Comportements durant l'exécution de l'activité

Durant l'accomplissement de l'activité, nous avons identifié des comportements observables des élèves dans la classe.

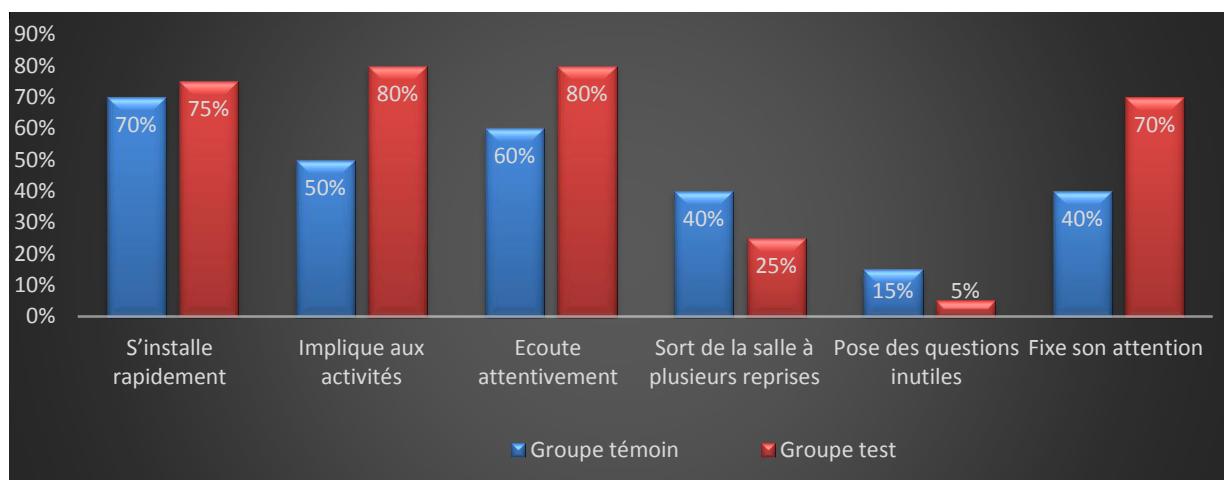


Figure 35: Les comportements durant l'exécution des tâches

D'après la figure ci-dessus, dans la séance sans **M_aT_eH_oR_o**, les élèves sont moins intéressés dans l'activité. Quelques élèves perdaient leur temps à faire autres choses : jouer avec un téléphone, regarder à l'extérieur de la classe et perturber les autres. Nous constatons aussi que peu d'élève se concentre durablement sur la tâche. Dans ce cas, la présence du professeur est nécessaire, en effet, les élèves ont besoin de l'assistance de l'enseignant pendant l'activité.

Par contre, durant la séance avec **M_aT_eH_oR_o**, la majorité des élèves ont accompli activement leurs tâches et ils ont été plus attentifs. Beaucoup d'entre eux se concentrent durablement lors de l'activité. Les élèves sont autonomes sur leur d'apprentissage. Par contre, les résultats mettent en évidence l'importance de la réalisation des travaux pratiques pendant la séquence de l'enseignement.

3-Résultats du test Final

3-1-Selon l'intervalle de note

La répartition des notes des élèves dans chaque groupe est représentée par l'histogramme ci-dessous.

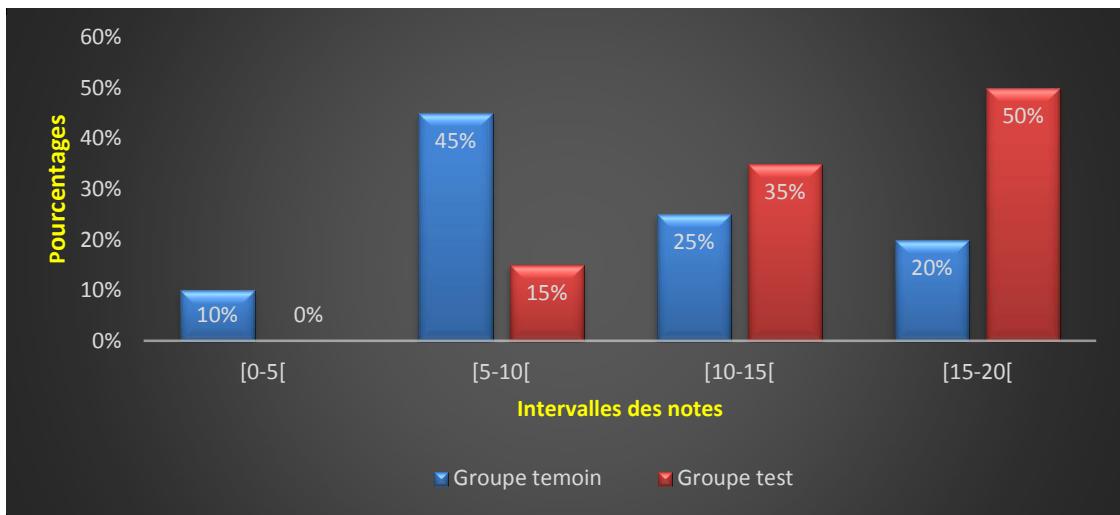


Figure 36: Les pourcentages des élèves selon la note du test final

D'après ce graphe, une inégalité se trouve au niveau des notes inférieures et supérieures des deux groupes. 10% des élèves du groupe témoin ont eu des notes inférieures à 5 sur 20, par contre aucun élève du groupe test n'a pas eu cette note. Concernant les notes entre 5 à 10 sur 20, il n'y a que 15% des élèves du groupe test qui ont eu une note dans cet intervalle tandis que, 45% pour l'autre groupe. D'après ces résultats, nous constatons que même si les contenus du cours et les évaluations sont les mêmes, les élèves du groupe test ont eu de bonnes notes par rapport au groupe témoin. Cette différence est due à l'utilisation du **M_aT_éH_oR_o** lors de la séance, la preuve c'est que la majorité des élèves du groupe test ont eu des notes supérieures ou égales à 10. Nous pouvons dire que les deux groupes n'ont pas la même compréhension de l'enseignement-apprentissage de la rotation.

3-2-Selon la taxonomie de Bloom

L'histogramme ci-dessous représente la comparaison des résultats de l'évaluation sommative des groupes expérimentaux selon les niveaux taxonomiques de Bloom.

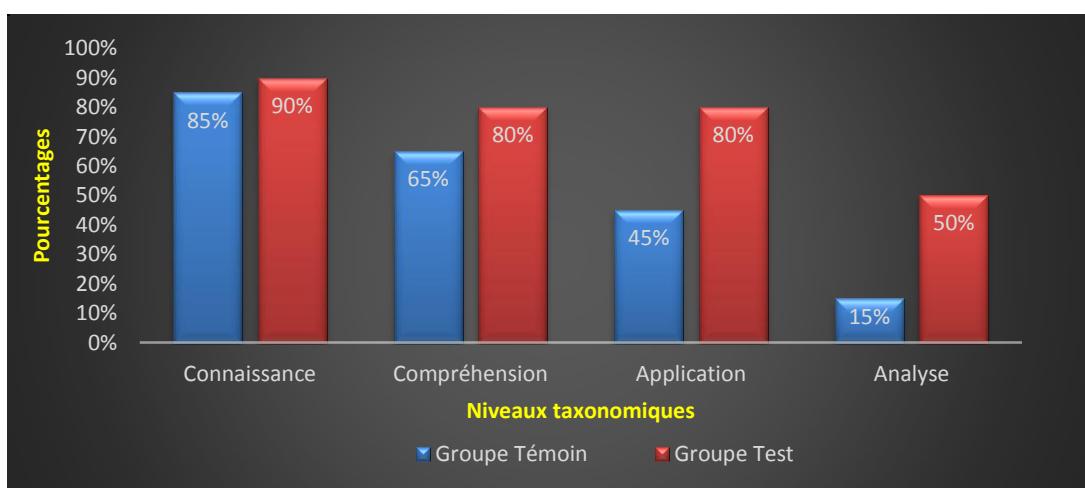


Figure 37: Les pourcentages des élèves suivant les niveaux taxonomiques

Pour la question de niveau connaissance, l'écart de proportion des élèves ayant trouvé la réponse adéquate n'est que 5%. A ce niveau, l'impact de la manipulation du **M_aT_éH_oR_o** n'est pas encore mis en relief dans la compréhension du concept.

Pour la question de niveau compréhension, 80% des élèves appartenant au groupe test ont réussi à répondre correctement à la question par contre pour l'autre groupe seulement 65% ont réussi. En effet, la traduction et l'interprétation de l'information en fonction des connaissances acquises doivent être mobilisées par l'utilisation de matériel manipulable. Cette méthode permet aux élèves de comprendre facilement et de manière concrète la notion à étudier.

Pour la question correspondante au troisième niveau inférieur, 45% des élèves du groupe témoin trouvent la réponse attendue, tandis que 80% du groupe expérimenté y parviennent. Cela montrent que beaucoup d'élèves du groupe test sont capables de résoudre des problèmes en associant leurs compétences et connaissances acquises. Cette différence des résultats est provoquée par l'utilisation du **M_aT_éH_oR_o** parce qu'avec cet outil, les élèves en difficulté peuvent comprendre facilement des notions.

Pour la question de niveau analyse, il n'y a que 15% des élèves du groupe témoin qui ont réussi à répondre à la question posée. Par contre, 50% des élèves dans le groupe test ont réussi. Nous avons constaté que grâce au **M_aT_éH_oR_o**, les élèves ont une capacité d'analyse plus aiguisée qui permet de résoudre un problème sur la rotation. En se référant à la compréhension de cette notion, les élèves du groupe test sont plus actifs par rapport à l'autre groupe à donner correctement ce qui a été demandé.

A chaque niveau de difficulté, le taux des élèves du groupe test ayant réussi à répondre aux questions est plus élevé que celui du groupe témoin. A partir de cela, nous pouvons affirmer que l'utilisation du **M_aT_éH_oR_o** permet à l'élève d'intégrer dans les notions et de les puiser. Il est un outil fructueux lors de l'enseignement-apprentissage de la rotation.

4-Effet de l'utilisation de M_aT_éH_oR_o

Nous constatons que l'utilisation du **M_aT_éH_oR_o** apporte des effets positifs sur les notes des élèves au groupe test. Il est important de vérifier la véracité de cette affirmation. Pour ce faire, nous allons utiliser la méthode à double différence. Cette méthode statistique permet d'estimer l'effet d'un traitement et comparer la différence des moyennes entre le groupe témoin et le groupe expérimental avant et après l'introduction du traitement.

4-1. Calcul de gain apporté par l'utilisation du M_aT_éH_oR_o

Afin de mettre en évidence le gain apporté par l'utilisation du matériel **M_aT_éH_oR_o**, nous allons comparer l'évolution des notes de deux groupes (groupe test et groupe témoins) entre le test Baseline et le test final. Cette évolution des notes montre l'apport de l'enseignement de la rotation donné aux élèves de chaque groupe lors de l'enseignement-apprentissage.

Rappelons que le groupe témoin est enseigné par la méthode classique, l'évolution des notes entre le test Baseline et le test final montre le gain apporté par l'enseignement classique. Le groupe test est enseigné avec le matériel **M_aT_éH_oR_o** dont l'évolution des notes entre les deux tests montre le gain obtenu par l'enseignement avec **M_aT_éH_oR_o**.

La comparaison entre l'évolution des notes dans le groupe test et celle du groupe témoin permet de conclure l'efficacité de l'utilisation du **M_aT_éH_oR_o**.

- Si l'évolution des notes entre le test Baseline et le test final sont le même pour les deux groupes, l'enseignement par le **M_aT_éH_oR_o** *n'apporte rien*.

- Si l'évolution des notes entre le test Baseline et le test final du groupe test est inférieur à celle du groupe témoin, l'utilisation de **M_aT_éH_oR_o** est **inefficace**.
- Si l'évolution des notes entre le test Baseline et le test final du groupe test est supérieur à celle du Groupe Témoin, l'utilisation de **M_aT_éH_oR_o** est **efficace**.

Le Tableau suivant représente les moyennes des notes récoltées par les deux tests au sein des deux groupes.

Tableau 2: Les Moyenne des notes de chaque groupe lors des deux tests

	Groupe témoin	Groupe test
Moyenne du test Baseline	11,75	12,25
Moyenne du test final	12	14,25
Evolution	0,25	2

Dans le groupe témoin, la moyenne de note des élèves lors du test Baseline est de 11,75 sur 20 tandis que 12 sur 20 pour le test final. Dans ce cas, l'enseignement de la rotation en absence du **M_aT_éH_oR_o** apporte un gain **0,25 point**. Par contre, une moyenne de 12,25 sur 20 a été obtenue par le groupe test lors du premier test et 14,25 sur 20 pour le deuxième test. En effet, l'enseignement avec **M_aT_éH_oR_o** apporte **2 points supplémentaires**.

→**Par la différence des deux gains (2 - 0,25), M_aT_éH_oR_o apporte 1,75 point supplémentaire.**

Signification du gain « 1,75 » obtenu par le groupe test

Nous vérifions statistiquement notre hypothèse nulle, H_0 : « La différence de deux gains est significative ». Dans lequel, nous allons comparer les moyennes de gain des deux échantillons en utilisant la loi de Behrens Fischer.

Tableau 3: Comparaison des deux groupes selon le caractère de position et dispersion

	Groupe Témoin	Groupe Test
Taille des échantillons	$n_1=20$	$n_2=20$
Moyenne de gain	$\bar{x}_1=0,05$	$\bar{x}_2=0,075$
Ecart type	$\delta_1=3,19$	$\delta_2=2,77$
Estimation de l'écart type	$S_1=3,27$	$S_2=2,91$

Pour déterminer ε_1 , nous utilisons la formule suivante : $\varepsilon_1 = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{\frac{s^2_1 + s^2_2}{n_1 + n_2}}} = 0,025$

Comme $\delta_1 \neq \delta_2$ et $n_1=20$ et $n_2=20$ sont tous inférieures à 30, nous nous référons alors à la table de Sukhatme pour déterminer la valeur ε . Puisque $\varepsilon = 1,972 > 0,025 = \varepsilon_1$, donc notre hypothèse nulle (H_0) est acceptée ; cela démontre que l'utilisation du **M_aT_éH_oR_o** apporte une influence notable sur l'apprentissage de la rotation. C'est un réel support à la construction des connaissances.

4-2. Interprétation et analyse

Nous pouvons déduire à partir de ces résultats que la manipulation du **M_aT_éH_oR_o** aide les élèves du groupe test à comprendre davantage les cours. Il permet d'obtenir une meilleure représentation mentale à cause de ses composantes manipulables. Comme l'étude de la rotation requiert un esprit d'abstraction, **M_aT_éH_oR_o** est un moyen aidant les élèves en difficultés dans la suivie du raisonnement. Il sert également à renforcer la capacité des élèves dans la représentation d'une figure concernant la rotation.

Les élèves font tourner les aiguilles et utilisent la corde pour déterminer l'image d'une figure géométrique, ce qui favorise une imagination mentale de l'étude de la rotation. La corde permet de garder la distance entre deux points, à partir de laquelle il est facile à concevoir le sens du terme « isométrie ». Nous constatons que l'utilisation de ce dispositif évolue au mieux l'étude de la rotation aux élèves. Les choses imaginaires sont réduites lors de l'étude pratique, de plus, les élèves mettent plus de réflexions sur ce qu'ils observent.

M_aT_éH_oR_o permet de développer progressivement la compréhension de la rotation. Grâce à lui, les élèves intègrent plus rapidement des notions telles que la définition, les caractéristiques et les propriétés de la rotation. En outre, les élèves acquièrent facilement des concepts étudiés effectivement. Ils sont capables d'appliquer les propriétés ou propositions lors de l'évaluation. Comme notre processus d'enseignement-apprentissage privilégie l'acquisition des connaissances par les élèves, l'enchaînement du **M_aT_éH_oR_o** avec cette méthode conduit à un bon échange des idées.

Lors de la séance sans le **M_aT_éH_oR_o**, l'interactivité au sein de groupe et la représentation mentale sont des moyens nécessaires pour construire les connaissances. Pour appréhender le cours sur la rotation, il faut disposer d'un esprit d'abstraction. Etant donné que le groupe test a obtenu plus de gain que celui du groupe témoin, nous pouvons dire que l'utilisation du **M_aT_éH_oR_o** apporte des impacts positifs lors de l'enseignement-apprentissage de la rotation. Même si l'enseignant explique clairement le cours et que les documents comportent toutes les informations nécessaires, beaucoup d'élèves ont du mal à comprendre la théorie sans application concrète.

5-Résultats de questionnaire

Le questionnaire est une démarche déductive. Dans notre étude, il a pour but de vérifier la valorisation de notre travail de recherche. Notre questionnaire comporte des questions à choix multiples et des échelles de notes qui visent à l'appréciation des élèves sur l'utilisation du **M_aT_éH_oR_o**.

5-1-Question à choix multiples

A chaque proposition ci-dessous, les élèves cochent ce qui rejoint leurs idées. A partir de ces données, nous avons pu extraire dans un tableau la statistique des avis favorables ou non à l'utilisation du matériel.

Tableau 4: Les résultats de l'enquête auprès de 20 élèves.

Source : auteur

Que pensez-vous de l'utilisation du $M_aT_eH_oR_o$?	D'accord
Facilite la compréhension du cours	85%
Augmente les problèmes puisqu'on doit apprendre son utilisation.	25%
Permet de vérifier expérimentalement de propriétés, formules, données théoriques.	75%
Provoque la perturbation dans la salle de classe.	18%
Permet de résoudre rapidement les difficultés concernant la rotation.	80%
Fait plaisir grâce à sa forme et à sa structure.	55%
Ça ne sert à rien, juste une perte de temps.	5%
Fait participer chaque élève en exécutant les activités.	84%

D'abord, les propositions ci-dessus peuvent être regroupées en deux parties. La première partie est consacrée aux avantages de l'utilisation du $M_aT_eH_oR_o$ tandis que, la deuxième partie concerne les inconvénients. Statistiquement, les deux tiers des élèves sont persuadés que le cours a été facile à comprendre en présence du $M_aT_eH_oR_o$. Ce matériel est alors un moyen de passage de la concrétisation à l'abstraction. Par la manipulation du matériel, les élèves peuvent prouver expérimentalement la véracité d'une propriété ou proposition. Ils sont aussi convaincus que l'enchaînement du $M_aT_eH_oR_o$ à mieux éclaircir les différents aspects des raisonnements mathématiques. En effet, les difficultés concernant l'étude de rotation sont résolues rapidement.

Nous rappelons que les élèves construisent leurs propres connaissances par le travail de groupe. Pour les élèves du groupe test, l'accomplissement des activités a été renforcé par l'utilisation du $M_aT_eH_oR_o$, en effet, ils ont des opportunités sur leur construction des connaissances.

Les réponses des élèves récoltés dans la question ouverte (cf. annexe [7]) mettent l'importance de l'utilisation du matériel sont les suivantes :

- « **Grace à ce matériel, nous avons pu avoir une autre vision sur l'étude de la géométrie »**
- « **Aide à faire l'exercice de la rotation »**
- « **A l'aide de ce matériel, nous savons construire l'image d'un point par une rotation »**
- « **Permet de mieux comprendre le mouvement rotationnel »**
- « **Permet de maîtriser le cours sans aucune difficulté »**
- « **La manipulation du $M_aT_eH_oR_o$ donne des informations en faisant apprendre quelques notions telle que propriétés de la rotation, construction »**
- « **Permet de mieux comprendre le sujet »**
- « **Permet de connaître la place des angles remarquables sur le cercle trigonométrique »**

D'après l'étude statistique, 81% des élèves du groupe test affirment que l'utilisation du **M_aT_éH_oR_o** apporte des avantages, tandis que 19% confirment le contraire. Ces résultats montrent que le **M_aT_éH_oR_o** joue un rôle majeur sur l'enseignement-apprentissage de la rotation.

5-2-Appréciation des élèves sur l'utilisation du **M_aT_éH_oR_o**

A partir des échelles de notes, nous pouvons connaître l'appréciation sur la structure et le degré d'efficacité du **M_aT_éH_oR_o** au niveau de l'apprentissage de la rotation. L'histogramme suivant représente les notes données par les élèves selon les critères ci-dessus.

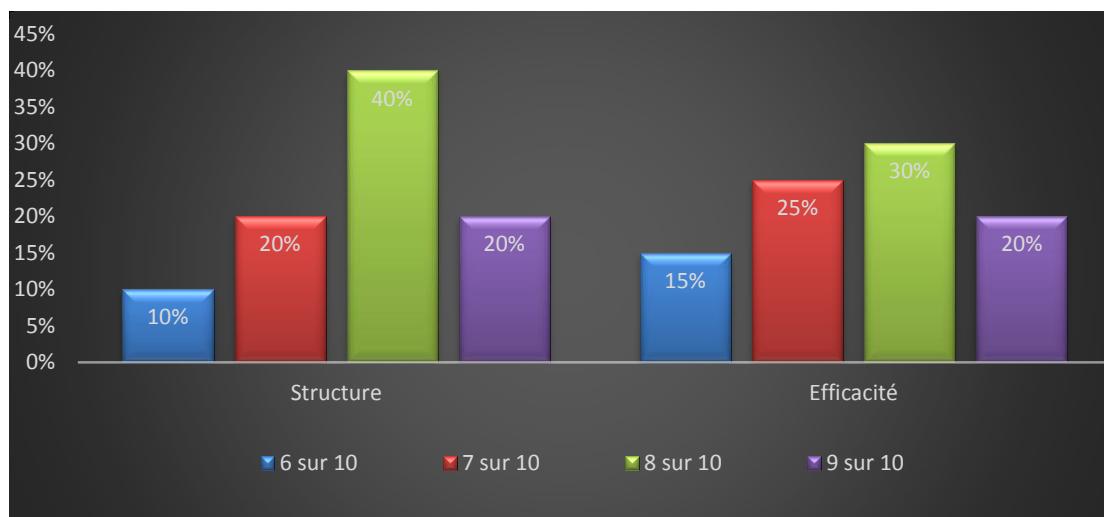


Figure 38: Les pourcentages des élèves sur la structure et l'efficacité du **M_aT_éH_oR_o**

D'abord, la structure peut se définir comme une organisation des parties d'un système, qui lui donne sa cohérence et en est la caractéristique permanente. En tenant compte de l'appréciation des élèves, nous avons pu déduire que notre matériel est bien structuré. Nous pensons que le dispositif est conçu d'une manière à être facilement manipulable. On n'a pas obligatoirement besoin d'un laboratoire pour sa manipulation ; les élèves peuvent s'en servir dans la salle de classe habituelle. Son fonctionnement est régulier et sûr.

Concernant son influence sur l'apprentissage de la rotation, ce graphe montre que l'usage du **M_aT_éH_oR_o** produit l'effet souhaité, son utilisation s'applique au mieux avec cette partie de la leçon. L'élève a pu apprendre le cours et pu évoquer leur réflexion personnelle à travers la manipulation du dispositif. En retrouvant le deuxième indicateur (note du test final au sein des deux groupes), nous pouvons aussi mettre en valeur l'efficience du dispositif que nous avons fabriqué.

DISCUSSIONS ET PERSPECTIVES

En considérant notre hypothèse initiale, nous allons confirmer l'efficacité de la méthode d'enseignement basée par l'utilisation du **M_aT_éH_oR_o**. Vu les résultats obtenus, la manipulation de ce matériel lors de la séquence de l'enseignement-apprentissage a des effets positifs sur les comportements scolaires observables. Il permet d'avoir plus des gains et améliore les notes lors de l'évaluation.

Les élèves choisissent de s'engager dans l'accomplissement de la tâche proposée. Cette volonté instantanée des élèves à s'engager dans les activités d'apprentissage réduit la perte de temps pendant les séances d'enseignement. La concrétisation de cours contribue à motiver les élèves à faire toutes les activités. Le fait d'utiliser du **M_aT_éH_oR_o** dans le domaine de l'enseignement-apprentissage montre une différence à la méthode basée sur des approches théoriques au niveau des comportements observables des élèves.

Les empiristes pensent que les connaissances proviennent des expériences. La plupart des notions mathématiques sont toutes des connaissances directement tirées de l'expérience sensible. Donc elle est classée de science d'observation. Les élèves accordent plus d'intérêt à l'apprentissage de cette discipline lorsqu'ils apprennent avec des objets concrets et lorsqu'ils réfléchissent à partir de l'observation des objets réels. Le **M_aT_éH_oR_o** est un outil simple et efficace qui clarifie de manière innovante les notions superflues sur la rotation. Par ailleurs, il assure la reproduction du raisonnement chez les élèves. L'évolution des savoirs chez les sujets étudiés est mise en relief ; la preuve est vue dans l'étude comparative des notes des élèves de chaque groupe lors des évaluations. Face aux difficultés, nous avons constaté que les supports matériels aident les élèves à mieux réfléchir. Parfois, les élèves décident à reprendre l'outil en cas de problèmes ou d'obstacles sur l'enseignement-apprentissage de la rotation.

Les résultats de l'enquête mettent en valeur ce dispositif dans l'activité. Concernant les avantages de l'utilisation de ce matériel, les élèves affirment que l'introduction du **M_aT_éH_oR_o** améliore le domaine de l'enseignement-apprentissage de la rotation.

Critiques et limites de notre matériel

M_aT_éH_oR_o est un outil adéquat à l'enseignement-apprentissage de la rotation mais des limites se sont posées.

- Principalement, nous faisons face à des problèmes sur les éléments constitutifs de l'appareil. Etant donné que la corde n'est pas graduée, alors la distance n'est pas précise lors du placement de l'image d'un point par une rotation.
- La surface du matériel est limitée donc certaines images ne peuvent pas être visibles.
- L'élaboration d'un matériel didactique s'avère parfois difficile et nécessite beaucoup de temps. L'étude théorique et l'élaboration de ce dispositif a pris une durée d'environ trois mois. En outre, il doit être cohérent à l'utilisation du matériel avec les objectifs décrits dans le programme scolaire malagasy.
- Les principes de l'apprentissage des élèves consistent d'abord à manipuler le matériel en tirant des connaissances. Par conséquent, le volume horaire doit être important dans l'enseignement-apprentissage.

Solutions à proposer et améliorations

Face à ces critiques et problèmes à propos du matériel élaboré, des solutions ou améliorations sont avancées :

- A propos des éléments constitutifs, il vaut mieux remplacer la corde ordinaire par une corde graduée pour garder avec précision la distance entre deux ponts. Il faut agrandir le disque et le tableau blanc pour faciliter le mode d'emploi.
- Concernant l'image du point invisible, il faut d'abord appliquer l'homothétie de centre O (origine) et de rapport compris entre 0 et 1 ($0 < k < 1$) de ce point pour qu'il soit proche de l'origine. Après, déterminer l'image du point obtenu par la rotation. Enfin, relier à l'aide d'une droite l'image du point par la rotation avec l'origine. L'image du point initial par une rotation est forcément incluse dans cette droite. Nous remarquons que cette méthode ne donne pas un résultat satisfaisant mais permettant d'envisager l'image de point qui ne se trouve pas sur le tableau blanc.
- Pour gérer le problème de temps, le programme doit être réorganisé de façon à l'alléger et de mettre l'accent sur le temps pour faire des travaux pratiques.

A chaque chapitre en mathématiques, les professeurs au lycée doivent essayer de contribuer et d'élaborer des matériels didactiques. En outre, chaque établissement scolaire a besoin de posséder une salle spéciale ou un laboratoire pour conserver des matériels didactiques. Quand les élèves rencontrent des difficultés, ils pourraient visiter ce laboratoire et manipuler les matériels afin de résoudre les problèmes auxquels ils sont permis de confronter ou de confirmer leurs connaissances. C'est une perspective qui remonte au niveau de l'établissement et demande des initiatives pour les enseignants et aux responsables administratifs. Finalement, pour diriger une activité expérimentale, les enseignants doivent avoir des connaissances précises en didactique des sciences expérimentales.

CONCLUSION

Les divers domaines du monde de notre ère sont en plein développement, l'enseignement doit aussi suivre cette évolution. Il ne suffit plus d'expliquer oralement les cours, en attendant que les élèves demandent ce qu'ils ne comprennent pas. Si l'on souhaite que les élèves aillent plus loin et développent un esprit critique, il est impératif de réaliser des travaux pratiques afin de concrétiser le cours et faciliter la compréhension. La participation des élèves durant les travaux pratiques les aide à analyser certains phénomènes et à réfléchir sur des faits réels. La méthode d'enseignement basée sur l'utilisation de matériel manipulable donne aux élèves une responsabilité dans l'élaboration du cours. Cela suscite la motivation des élèves et contribue au succès de l'apprentissage. De plus, elle offre aux élèves un rôle important dans la construction de leurs savoirs.

Concevoir des matériaux didactiques permet d'améliorer la qualité de l'enseignement à Madagascar. Selon notre avis, la mise en place de l'outil dans le cadre enseignement-apprentissage permet d'augmenter le nombre d'élèves qui choisiront la série scientifique. Grâce à ces matériaux, les élèves n'ont aucun obstacle pour la compréhension de la leçon ; à partir de l'objet concret, il est facile de passer à l'abstrait.

Nous sommes conscients que notre travail de mémoire n'est pas parfait, différentes contraintes empêchent souvent l'enseignant à effectuer des travaux pratiques : le manque de matériaux, de temps, ou l'usage permanent de la méthode d'enseignement classique (enseignement théorique).

L'utilisation du **M_aT_éH_oR_o** est importante pour l'élève en difficulté. Cependant, certains élèves n'auront pas besoin de cette étape pour représenter mentalement une notion. Notre mémoire nous permet de mettre en relief l'efficacité du **M_aT_éH_oR_o** pour des élèves en difficulté comme favorise la compréhension de définition et propriétés, aide à la résolution des problèmes. Toutefois, il faut faire attention à ce que celui-ci ne soit pas toujours utilisé comme moyen de référence, parce que les élèves ont besoin de construire leurs représentations mentales. L'utilisation du **M_aT_éH_oR_o** est une étape qui permet d'accéder à un concept, mais les élèves doivent être capables de travailler sans.

La composition de deux rotations de centres différents ne peut pas être traitée à l'aide du **M_aT_éH_oR_o**. C'est un outil qui ne permet de comprendre que certaines notions de la rotation. En terminale scientifique, l'étude de la rotation n'est pas limitée à la construction et l'application directe des propriétés ou des propositions. Selon le programme scolaire malagasy, l'étude de la rotation requiert aussi une étude analytique et complexe. Pourtant, l'usage de ce matériel n'aboutit pas à la compréhension de ces notions. Par conséquent, ce matériel n'est pas conçu pour enseigner toutes les notions afférentes à la rotation.

Nous souhaitons à nos cadets l'élaboration d'autres matériaux parce que nombreuses notions, autre que la rotation, constituent la discipline mathématique en terminale scientifique. Comme les ressources numériques sont aussi des outils qui permettent d'acquérir et de confirmer des connaissances, nous invitons alors d'autres étudiants à les exploiter davantage pour améliorer l'enseignement-apprentissage de la mathématique.

REFERENCES :

- Barnier, G. (2001). *Théories de l'apprentissage et pratiques d'enseignement* : Conférence. Aix Marseille : Institut universitaire de formation des maîtres : Ecole supérieure de professorat et de l'éducation.
- Barth, M. (2001). *L'apprentissage de l'abstraction* : méthode pour une meilleure réussite de l'école. Paris : Retz
- Bopp, N. (2006). *Rotations définies comme composées de réflexions*. Notes pour la préparation à l'oral du CAPES. Strasbourg
- Boutin, G. (2000). Le bélaviorisme et le constructivisme ou la guerre des paradigmes. *Québec français*, (119), 37–40. Récupéré le 03 Mars 2018 de <https://www.erudit.org/fr/revues/qf/2000-n119-qf1196762/56026ac.pdf>
- Brueckner, M. (1928). *Les géométries*. Librairie Armand Colin 103, Boulevard Saint-Michel. Paris.
- Bruner, J. (1896). *L'éducation entrée dans la culture : problèmes de l'école à la lumière de la psychologie culturelle*. Paris : Editions Retz.
- Camille, V. et Tania, P. (2013). *L'apport de l'utilisation du matériel dans les apprentissages en mathématiques*
- Charnay, R. et Mante, M. (2006). *Mathématiques, concours de professeur des écoles*, Tome 1. Edition Hatier concours.
- Compaoré, G. (2008). Méthodes et techniques pour l'enseignement des sciences mathématiques. *Ressources didactiques*.
- Damaskou, E. (2009). *Concevoir son propre matériel didactique : la démarche à suivre*. Récupéré le 16/08/18 de <http://gallika.net/article673.html>
- Duplessis, P. (2014). *Les méthodes pédagogiques en information-documentation. Les trois couronnes*. Récupéré le 20/07/18 de <http://lestroiscouronnes.esmeree.fr/outils/les-methodes-pedagogiques-en-information-documentation>
- El-Hage, F. (2013). Introduction aux méthodologies actives. In S. Hayek, R. Mawad& N. Moghaizel-Nasr, Manuel de pédagogie universitaire (B-1). Beyrouth, Liban : Spcom
- Feller, I. (2008). Usage scolaire de documents d'origine non scolaire en sciences physiques : Eléments pour un état des lieux et étude d'impact d'un accompagnement ciblé en classe de seconde (Thèse de doctorat inédit). Université Paris-Diderot. Récupéré le 03 Mars 2018 de <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00366318/document>
- Forcier, P. (2003). *Méthodes d'enseignement – Stratégies d'enseignement – Moyens d'enseignement*. Récupéré le 05/07/2018 de http://www.infiressources.ca/fer/depotdocument/Methodes_strategies_enseignement_Paul

Foulquié, P. (1971). *Dictionnaire de la langue pédagogique*. Paris : Quadrige/Presses universitaires de France.

Karim, M. (2014). *L'utilisation du media "lingkungan" dans l'apprentissage de la production écrite*. Universités Indonesia. Repository.upi.edu perpustakaan.upi.edu

Lebrun, J., Bédard, J., Hasni, A. et Grenon, V. (2006). *Le matériel didactique et pédagogique : soutien à l'appropriation ou déterminant* : Presses Université Laval.

MELS. (2009). *La progression des apprentissages au primaire*. Montréal : Ministère de l'Éducation.

MEQ. (1977). *L'enseignement primaire et secondaire au Québec*. Livre vert. Québec : Le Ministère.

Ourghanlian, P. (2014). Les théories de l'apprentissage : enseigner / apprendre. *Psychologie, éducation et enseignement spécialisé*. Récupéré le 05/07/2018.

Papy, G. (1967). *Mathématiques Modernes*, Tome III : Voici Euclide. Paris, M. Didier.

Philippe, L. (2000). *Géométrie dynamique et interactive*. Québec : Editions CEC.

Ramanantsoa, A. (2018). *Usage scolaire de documents d'origine non scolaire, dans un cadre socioconstructiviste pour l'enseignement et l'apprentissage de la radioactivité en classe terminale D* (Mémoire de master professionnel). Université d'Antananarivo : Ecole Normale Supérieure.

Raoul-Bellanger, A. et Bellanger, F. (2010). *Construire les notions mathématiques : 50 activités de manipulation*. Paris : Retz.

Safaa, S. et Abdelmouttalib, I. (2013). *L'apport de GeoGebra dans l'enseignement des mathématiques au secondaire*. Mémoire de recherche pédagogique. Centre régionale des métiers de l'éducation et de la formation.

Sangaré, M. (2000). *La rotation : approche cognitive et didactique ; Une étude de cas au Mali*. Thèse de l'université du Mali, I.S.F.R.A. Bamako.

Servais, W. (1969). *L'importance du matériel concret dans l'enseignement mathématique*. Bulletin de l'A.M.Q, 72-77.

Touré, S. et Sinaly, D. (2007). *Une séquence d'enseignement/apprentissage de la géométrie plane dans l'environnement Geogebra*. Mémoire professionnel, Professeur de l'enseignement secondaire mathématique. Ecole Normale Supérieure de Bamako. Université de Bamako.

ANNEXES :

ANNEXE [1] : Grille d'évaluation du test Baseline

Questions	Les capacités attendues	Compétences en mathématiques	Taxonomie de Bloom
Q ₁	Citer des phénomènes dans la vie courante où on trouve un mouvement rotationnel.	Communiquer	Connaissance
Q ₂	Donner les mots plus utilisés quand on parle un mouvement rotationnel.	Communiquer	Connaissance
Q ₃	-Connaitre le sens de l'aiguille sur la figure. -Etre capable une logique.	Raisonner	Compréhension
Q ₄	-Connaître une définition de deux fonctions composées. - Effectuer des opérations sur la racine carrée et sur a fraction.	Calculer	Application
Q ₅	-Rendre deux vecteurs en même origine. -Connaître deux vecteurs de sens contraires.	Chercher	Analyse
Q ₆	-Comprendre et appliquer une définition donnée. -Construire des figures géométriques sur le plan. -Justifier des affirmations et chercher leur validité.	Représenter	Synthèse

ANNEXE [2] : Grille d'observation des élèves

Observateur :

Groupe :

Sous-groupe :

Prénoms des élèves

E1 : / E2 : / E3 : / E4 : / E5 :

Indicateurs	Comportements observables	E1	E2	E3	E4	E5	Totale
Prise de parole	Emet des suggestions, des propositions						
	Explique ses idées						
	Discute ses idées aux autres						
Questionnement	Pose des questions à l'enseignant						
	Pose des questions aux autres élèves						
Comportement lors de l'exécution de la tâche	S'installe rapidement						
	Elèves impliqués activement dans l'activité						
	Ecoute attentivement les consignes						
	Sort de la salle à plusieurs reprises						
	Pose des questions inutiles						
	N'arrive pas à fixer son attention						

ANNEXE [3] : Fiche de préparation de la séance du cours

Thème : GEOMETRIE

Titre : ROTATION

Classe : Terminale C

Durée : 2 heures

Objectifs : A l'issue de cette séance, l'élève doit être capable de (d'):

- Connaître la définition et les éléments caractéristiques d'une rotation ;
- Connaître de propriétés de la rotation ;
- Construire l'image de figures géométriques par une rotation ;
- Appliquer les propriétés de la rotation dans le cas de construction.

Pré requis :

- Calculer la composition de deux fonctions
- Connaître une fonction identique
- Déterminer la fonction réciproque
- Maîtriser de notions sur l'angle et la symétrie centrale

Bibliographie : Barra, R., Jobert, C. (1987). *Mathématiques Terminales C. E:Nombre Complexe-Probabilités-Géométrie* : Édition Nathan

Matériels à utiliser : craies de couleurs, règle graduée, rapporteur, compas

Pour la séance du cours sans utiliser de matériel

Stratégie/Partie orale / Activités / Consignes	Traces écrites
<p><u>Introduction de la séance</u></p> <p>Salutation Durant le test Baseline, vous avez écrit dans votre papier quelques phénomènes dans la vie courante où on trouve un mouvement rotationnel comme l'aiguille d'une montre, la roue d'une voiture, hélice éolienne, un manège. Notre nouvelle leçon s'intitule un type de transformation appelé « rotation » (Ecrire le titre au tableau)</p> <p>Mise en situation Un élève va ouvrir une fenêtre de notre salle de classe ; les autres regardent bien les processus et le phénomène qui se passe au cours de l'ouverture. La figure ci-dessous montre la position initiale et finale de la fenêtre.</p> 	<p>LA ROTATION</p> <p>1-Définition Nous appelons la rotation de centre I et d'angle θ une transformation qui conserve les distances, les angles orientés d'une figure et qui a un point fixe ; on note $r_{(I; \theta)}$.</p>

Nous croyons que tout le monde voit bien le mouvement de la fenêtre au cours de son déplacement, à partir duquel quelques questions sont adressées à vous :

Q1 : Quel type de mouvement subit la fenêtre lors de son ouverture ?

R1 : Mouvement circulaire/ mouvement rotationnel

Q2 : Durant de son mouvement, indiquez sur la figure l'axe de rotation de la fenêtre ?

R2 : Sur la figure

Q3 : Indiquer sur la figure, l'angle formé de la fenêtre en position initiale et après son mouvement.

R3 : Sur la figure

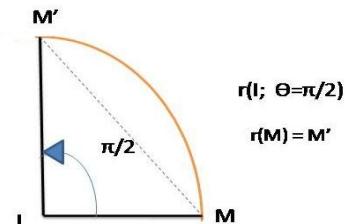
$$r_{(I; \theta)} : \mathcal{P} \rightarrow \mathcal{P}$$

$$M \rightarrow r_{(I; \theta)}(M) = M'$$

Avec $\begin{cases} IM = IM' \\ \text{mes } (\overrightarrow{IM}; \overrightarrow{IM'}) = \theta \end{cases}$

Une rotation est caractérisée par son centre ou point fixe et son angle.

Exemple :



2-Remarque :

Si M' est l'image du point M par une rotation de centre O et d'angle θ ; alors OMM' est un triangle isocèle en O

La rotation est une transformation isométrique ; c'est-à-dire conserve la distance, l'alignement, la mesure d'angle etc.

Activité destinée à chaque groupe

Passons maintenant à l'étude des propriétés et propositions de la rotation. Durant laquelle, vous travaillez par groupe ; alors chacun va rejoindre son groupe.

Des activités différentes seront partagées à chaque groupe ; les élèves peuvent discuter librement lors de l'accomplissement des tâches. A partir de ces activités, chaque groupe doit tirer une propriété ou proposition de la rotation.

Groupe A

Objectif : *Les élèves doivent être capable de connaître que la rotation d'angle π n'est autre qu'une symétrie centrale.*

AOB est un triangle isocèle en O tel que $AO=4\text{cm}$ et $AB=3\text{cm}$;

Le point C est le milieu du segment $[AB]$.

$r_2=r_{(O; \frac{\pi}{4})}$ et $r_3=r_{(O; \pi)}$ sont des rotations.

Q1 : Placer l'image du point B par r_2 et noté son image par B'

Q2 : Placer l'image du point C par r_3 et noté son image par C'

- Que peut-on dire pour les points O , C et C' ?
- Que pensez-vous pour les points O , C et C' en considérant une autre transformation ?

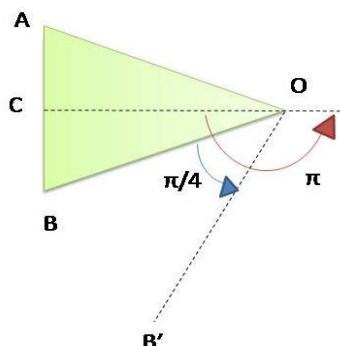
3-Propriétés et propositions sur la rotation

Propriété 1 : La rotation d'angle π est une symétrie centrale

En générale : $r_{(O; \pi+2k\pi)} = S_O$, avec k est nombre relatif et S_O la symétrie de centre O

Réponse attendue

1) Construction



$$r_2(B) = B'$$

$$r_3(C) = C'$$

2) Les points C, O et C' sont alignés et distance CO est égale à distance OC' ; on peut dire que O est le milieu du segment [CC']

Conclusion : C' est l'image de C par la symétrie de centre O

Groupe B

Objectif : Les élèves doivent être capable de connaître que la composition de deux rotations de même centre est une rotation dont l'angle est la somme des angles de ces rotations.

AOB est un triangle isocèle en O tel que AO=4cm et AB=3cm ; $r_1=r_{(O; \frac{\pi}{2})}$ et $r_2=r_{(O; \frac{\pi}{4})}$ sont des rotations.

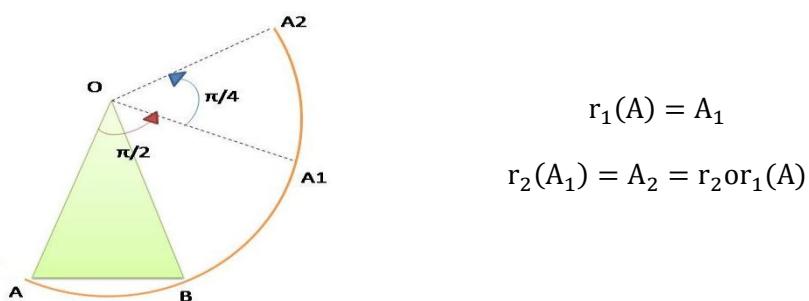
Q1 : Déterminer :

- l'image du point A par r_1 et est noté par A_1 ;
- l'image A_1 par r_2 et est noté par A_2 (A_2 peut écrire $r_2 \circ r_1(A)$)

Q2 : Quels sont les éléments géométriques de la rotation $r_2 \circ r_1$?

Réponse attendue

1) Construction



$$r_1(A) = A_1$$

$$r_2(A_1) = A_2 = r_2 \circ r_1(A)$$

Proposition 1 : La composition de deux rotations de même centre est une rotation dont l'angle est la somme des angles de ces rotations

Soient $r_1=r_{(I; \theta_1)}$ et $r_2=r_{(I; \theta_2)}$

$$r_1 \circ r_2 = r_{(I; \theta_1 + \theta_2)}$$

2) $r_2 \circ r_1$ est une rotation de centre O et d'angle $\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{4} = \frac{3\pi}{4}$

Groupe C

Objectif : Les élèves doivent être capable de connaître que l'image d'un point par la composition d'une rotation avec sa fonction réciproque est elle-même.

AOB est un triangle isocèle en O tel que AO=4cm et AB=3cm ; $r_1=r_{(O; \frac{\pi}{2})}$ et $r_2=r_{(O; \frac{\pi}{4})}$ sont des rotations.

Q1 : Construire l'image du point A par r_1 et est notée par A_1

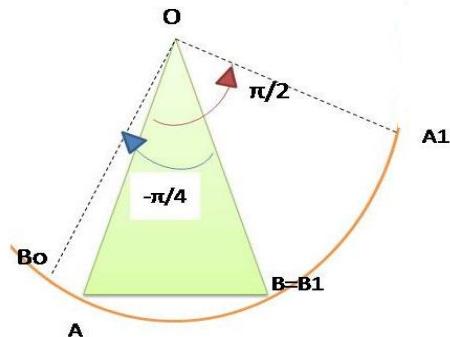
Q2 : Construire l'image du point B par $r_{(O; -\frac{\pi}{4})}$ et est notée par B_0

Q3 : Construire l'image de B par $r_2 \circ r_{(O; -\frac{\pi}{4})}$ et est notée par B_1

Quelle conclusion pouvez-vous tirer ?

Réponse attendue

1) Construction



$$r_1(A) = A_1$$

$$r_{(O; -\frac{\pi}{4})}(B) = B_0$$

Proposition 2 : L'image d'un point par la composition d'une rotation avec sa fonction réciproque est elle-même.

Pour tout point M du plan ; $r \circ r^{-1}(M) = M$

2) Les points B et B₁ sont confondus ; c'est-à-dire $B = B_1 = r_2 \circ r_{(O; -\frac{\pi}{4})}(B)$

$$\text{Conclusion : } r_2 \circ r_{(O; -\frac{\pi}{4})}(B) = B$$

Groupe D :

Objectif : *Les élèves doivent être capables de connaître que la composition de deux rotations de même centre est permutable.*

AOB est un triangle isocèle en O tel que AO=4cm et AB=3cm ; $r_1=r_{(O; \frac{\pi}{2})}$ et $r_2=r_{(O; \frac{\pi}{4})}$ sont des rotations.

Q1 : Déterminer l'image du point A par r_2 est notée par A' après l'image A' par r_1 est notée par A'' (A'' peut écrire $r_1 \circ r_2(A)$)

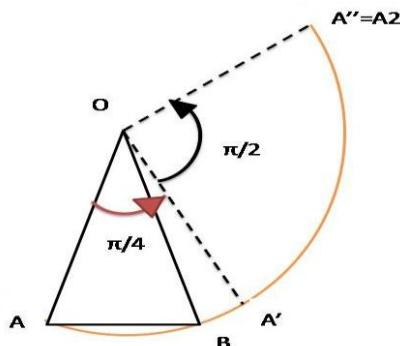
Q2 : Quels sont les éléments géométriques de la rotation $r_1 \circ r_2$?

Q3 : Comment est la position de points A₂ et A'' ?

Quelle conclusion pouvez-vous tirer ?

Réponse attendue

1) Construction



$$r_2(A) = A'$$

$$r_1(A') = A'' = r_1 \circ r_2(A)$$

Proposition 3 : La composition de deux rotations de même centre est permutable.

Soient $r_1=r_{(I; \theta_1)}$ et $r_2=r_{(I; \theta_2)}$

$$r_1 \circ r_2 = r_2 \circ r_1$$

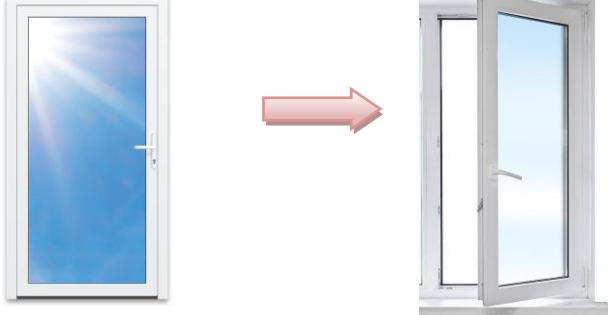
2) $r_1 \circ r_2$ est une rotation de centre O et d'angle $\frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{2} = \frac{3\pi}{4}$

3) Les points A₂ et A'' sont confondus c'est-à-dire $A_2 = A''$

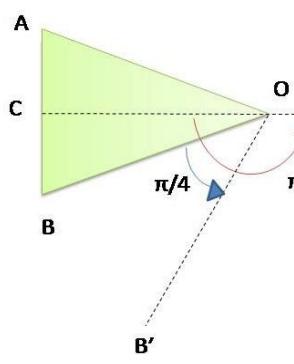
Comme $A_2 = r_2 \circ r_1(A)$ et $A'' = r_1 \circ r_2(A)$

Conclusion : $r_2 \circ r_1(A) = r_1 \circ r_2(A)$

Pour la séance du cours dont les élèves utilisent du M_aT_eH_oR_o

Plans / Stratégies / Organisations	Partie orale / Activités / Consignes / Traces écrites
I - Introduction de la séance Phase d'accroche Questions /Réponses adressées aux élèves	<p>Salutation La dernière fois, vous avez écrit dans votre papier quelques phénomènes qu'on aura un mouvement rotationnel.</p> <p>Q₁- Citez-moi trois objets qui tournent dans la vie courante ?</p> <p>R₁ Voici trois objets qui tournent :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aiguille d'une montre - Roue d'une voiture - Hélice éolienne
II. Partie théorique Introduction de la rotation <ul style="list-style-type: none"> - Mise en situation - Questions /Réponses adressées à chaque groupe 	<p>Aujourd'hui, nous allons étudier une nouvelle leçon concernant la géométrie plus précisément la rotation.</p> <p>Nous écrivons le titre au tableau</p> <p>Un élève va ouvrir une fenêtre de notre salle de classe ; les autres regardent bien les processus et le phénomène qui se passe au cours de l'ouverture. On peut schématiser comme suit la position initiale et la position finale de la fenêtre.</p> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  </div> <p>Nous croyons que tout le monde voit bien le mouvement de cette fenêtre, à partir duquel quelques questions sont adressées à vous :</p> <p>Q₁ : Quel type de mouvement a effectué la fenêtre lors de son ouverture ?</p> <p>R₁ : La fenêtre fait un mouvement circulaire/ un mouvement rotationnel.</p> <p>Q₂ : Durant le mouvement de la fenêtre, indiquez sur la figure, où la fenêtre se fixe ?</p> <p>R₂ : Sur la figure</p> <p>Q₃ : Indiquer sur la figure l'angle formé par la fenêtre en position initiale et après son déplacement.</p> <p>R₃ : Sur la figure</p> <p>Q₄ : La forme et la taille de la fenêtre sont-t-elles changées après son mouvement ?</p> <p>R₄ : La forme et la taille de la fenêtre sont inchangées après le mouvement rotationnel.</p>

<p>Définition, éléments géométriques et caractérisations de la rotation</p>	<p>Traces écrites :</p> <h2>LA ROTATION</h2> <p>1-Définition</p> <p>Nous appelons la rotation de centre I et d'angle θ une transformation qui conserve les longueurs, les angles orientés d'une figure et qui a un point fixe ; on note $r_{(I; \theta)}$.</p> $r_{(I; \theta)} : \mathcal{P} \rightarrow \mathcal{P}$ $M \rightarrow r_{(I; \theta)}(M) = M'$ <p>Avec $\begin{cases} IM = IM' \\ \widehat{IM; IM'} = \theta \end{cases}$</p> <p>Exemple :</p> <p>$r(I; \theta=\pi/2)$</p> <p>$r(M) = M'$</p> <p>2-Caractérisations de la rotation :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Une rotation est caractérisée par son centre ou point fixe et son angle. • Si M' est l'image du point M par une rotation de centre O et d'angle θ ; alors OMM' est un triangle isocèle en O • La rotation est une transformation isométrique ; c'est-à-dire conserve la distance, l'alignement, la mesure d'angle etc.
<p>Propriétés et propositions de la rotation</p> <p>Activité destinée à chaque groupe</p>	<p>Passons maintenant à l'étude des propriétés et propositions. Durant laquelle, vous travaillez par groupe ; alors chacun va rejoindre à son groupe. Des activités différentes seront partagées à chaque groupe ; les élèves peuvent discuter librement lors de l'accomplissement des tâches. A partir de ces activités, chaque groupe doit déduire une propriété ou proposition sur la rotation.</p> <p style="text-align: right;">Groupe A</p> <p>Objectif : Les élèves doivent être capable de connaître que la rotation d'angle π n'est autre qu'une symétrie centrale.</p> <p>AOB est un triangle isocèle en O tel que $AO=4\text{cm}$ et $AB=3\text{cm}$; le point C est milieu du segment [AB].</p> <p>$r_2=r_{(O; \frac{\pi}{4})}$ et $r_3=r_{(O; \pi)}$ sont des rotations.</p> <p>Q1 : Placer l'image du point B par r_2 ; noté par B'</p> <p>Q2 : Placer l'image du point C par r_3 ; noté par C'</p> <ul style="list-style-type: none"> - Que peut-on dire pour les points O, C et C'? - Quelle conclusion pouvez-vous tirer ? <p>Réponse attendue</p> <p>1) Construction</p>



$$r_2(B) = B'$$

$$r_3(C) = C'$$

2) Les points C, O et C' sont alignés et distance CO est égale à distance OC' ; on peut dire que O est le milieu du segment [CC']

Conclusion : Le point C' est l'image de C par la symétrie de centre O

Traces écrites :

La rotation d'angle π est une symétrie centrale

En générale : $r_{(O; \pi + 2k\pi)} = S_O$ $k \in \mathbb{Z}$ et avec S_O la symétrie de centre O

Groupe B

Objectif : Les élèves doivent être capable de connaître que la composition de deux rotations de même centre est une rotation dont l'angle est la somme des angles de ces rotations.

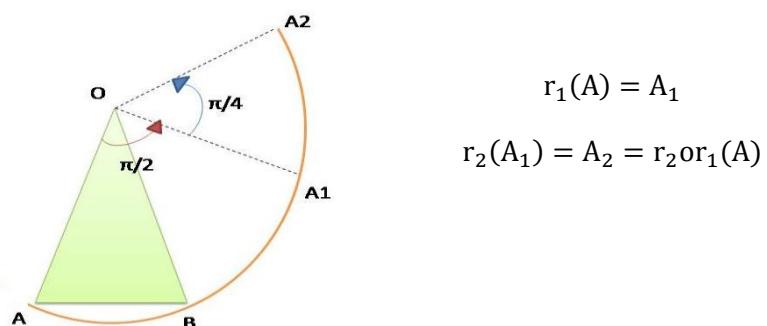
AOB est un triangle isocèle en O tel que $AO=4\text{cm}$ et $AB=3\text{cm}$; $r_1=r_{(O; \frac{\pi}{2})}$ et $r_2=r_{(O; \frac{\pi}{4})}$ sont des rotations.

Q1 : Déterminer l'image du point A par r_1 est noté par A_1 après l'image A_1 par r_2 est noté par A_2 (A_2 peut écrire $r_2 \circ r_1(A)$)

Q2 : Quels sont les éléments géométriques de la rotation $r_2 \circ r_1$?

Réponse attendue

1) Construction



$$r_1(A) = A_1$$

$$r_2(A_1) = A_2 = r_2 \circ r_1(A)$$

2) $r_2 \circ r_1$ est caractérisée par d'angle $\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{4} = \frac{3\pi}{4}$ et de centre O

Traces écrites :

La composition de deux rotations de même centre est une rotation dont l'angle est la somme des angles de ces rotations.

Soient $r_1=r_{(I; \theta_1)}$ et $r_2=r_{(I; \theta_2)}$; $r_1 \circ r_2 = r_{(I; \theta_1+\theta_2)}$

Groupe C

Objectif : Les élèves doivent être capable de connaître que l'image d'un point par la composition d'une rotation avec sa fonction réciproque est elle-même.

AOB est un triangle isocèle en O tel que $AO=4\text{cm}$ et $AB=3\text{cm}$; $r_1=r_{(O;\frac{\pi}{2})}$ et $r_2=r_{(O;\frac{\pi}{4})}$ sont des rotations.

Q1 : Placer l'image du point A par r_1 et est noté par A_1

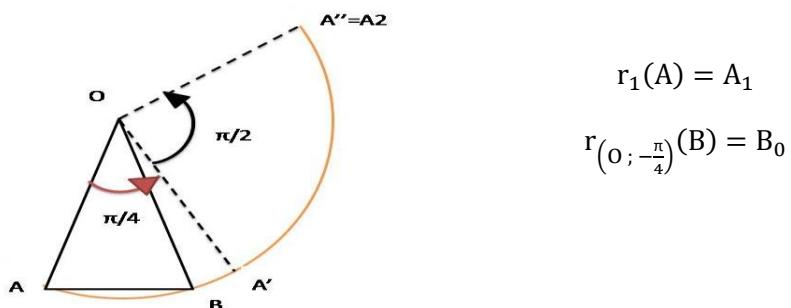
Q2 : Placer l'image du point B par $r_{(O;-\frac{\pi}{4})}$ et est noté par B_0

Q3 : Déterminer l'image de B par $r_2 \circ r_{(O;-\frac{\pi}{4})}$; notée par B_1

Quelle conclusion pouvez-vous tirer ?

Réponse attendue

1) Construction



$$r_1(A) = A_1$$

$$r_{(O;-\frac{\pi}{4})}(B) = B_0$$

2) Les point B et B_1 sont confondus ; c'est-à-dire $B = B_1 = r_2 \circ r_{(O;-\frac{\pi}{4})}(B)$

Conclusion : $r_2 \circ r_{(O;-\frac{\pi}{4})}(B) = B$

Traces écrites :

L'image d'un point par la composition d'une rotation avec sa réciproque est elle-même. Pour tout point M du plan ; $r \circ r^{-1}(M)=M$

Groupe D :

Objectif : Les élèves doivent être capable de connaître que la composition de deux rotations de même centre est permutable.

AOB est un triangle isocèle en O tel que $AO=4\text{cm}$ et $AB=3\text{cm}$; $r_1=r_{(O;\frac{\pi}{2})}$ et $r_2=r_{(O;\frac{\pi}{4})}$ sont des rotations.

Q1 : Déterminer l'image du point A par r_2 est noté par A' après l'image A' par r_1 est noté par A'' (A'' peut écrire $\text{comm}_{r_1}r_2(A)$)

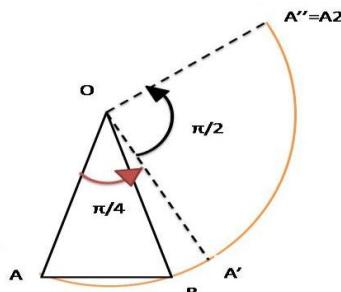
Q2 : Quels sont les éléments géométriques de la rotation $r_1 \circ r_2$?

Q3 : Comment est la position de points A_2 et A'' ?

Quelle conclusion pouvez-vous tirez ?

Réponse attendue

1) Construction



$$r_2(A) = A'$$

$$r_1(A') = A'' = r_1(r_2(A))$$

2) $r_1 \circ r_2$ est une rotation de centre O et d'angle $\frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{2} = \frac{3\pi}{4}$

3) Les points A_2 et A'' sont confondus c'est-à-dire $A_2 = A''$

Comme $A_2 = r_2 \circ r_1(A)$ et $A'' = r_1 \circ r_2(A)$

Conclusion : $r_2 \circ r_1(A) = r_1 \circ r_2(A)$

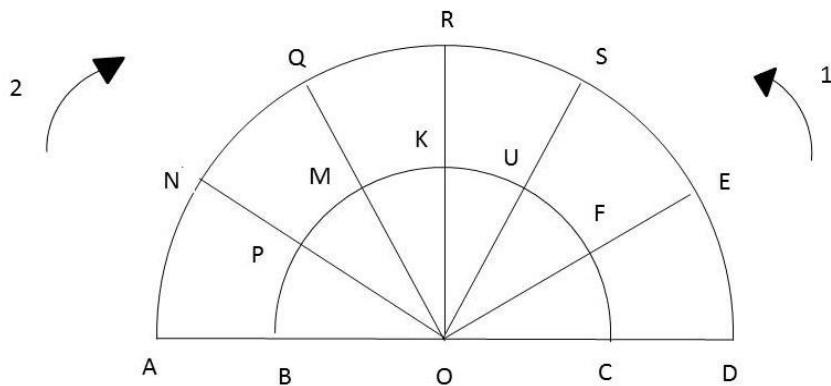
Traces écrites :

La composition de deux rotations de même centre est permutable.

Soient $r_1 = r_{(I; \theta_1)}$ et $r_2 = r_{(I; \theta_2)}$; $r_1 \circ r_2 = r_2 \circ r_1$

ANNEXE [4] : Exercice

I – Indiquer l'image de chaque point par la rotation de centre O et d'angle α dans le sens indiqué.



$\alpha = 30^\circ$ M \rightarrow Sens 1	$\alpha = 60^\circ$ U \rightarrow Sens 1
$\alpha = 90^\circ$ S \rightarrow Sens 1	$\alpha = 120^\circ$ E \rightarrow Sens 1
$\alpha = 30^\circ$ A \rightarrow Sens 2	$\alpha = 150^\circ$ F \rightarrow Sens 1
$\alpha = 60^\circ$ P \rightarrow Sens 2	$\alpha = 180^\circ$ B \rightarrow Sens 2

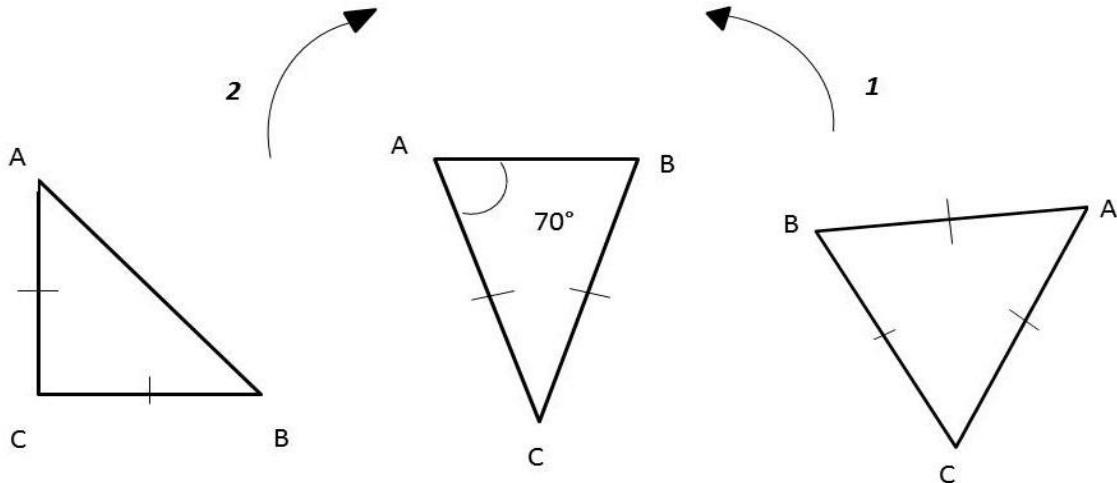
II- ABC est un triangle rectangle en A tel que AB = 4cm et BC = 5cm ; [IA] est la hauteur issue du sommet A.

$r_1 = r_{(I; \frac{\pi}{2})}$ et $r_2 = r_{(I; \frac{\pi}{3})}$ sont des rotations.

- 1) Placer l'image des points A et B par r_1 qu'on note respectivement par A_1 et B_1 .
Exprimer en degré la mesure de l'angle $\widehat{ABB_1}$
- 2) Placer B' l'image du point B par r_2^{-1} et en déduire la place du point B'' image de B par $r_2^{-1} \circ r_1$
- 3) Montrer que $r_1^{-1}(B'') = B'$

ANNEXE [5] : Test final

I - Indiquer les caractéristiques (angle et sens) de la rotation de centre C qui transforme A en B (3pt)



Angle :	Angle :	Angle :
Sens :	Sens :	Sens :

II – 1) Etant donné deux points du plan I et M. Sachant que $r_{(I; \theta)}(M) = M$, donner la valeur de θ . (2pt)

2) Sachant que $r_{(I; \alpha)}(M) = M'$ et I est le milieu du segment [MM'], donner la valeur de l'angle α . (2pt)

III - ABCD est un parallélogramme dans le sens direct ; $r_1 = r_{(D; \frac{\pi}{2})}$ et $r_2 = r_{(D; -\frac{\pi}{4})}$ sont deux rotations de même centre. (1pt)

1 - Construire :

- L'image du point C par r_2 (2pt)
- L'image du segment [AB] par r_1 (2pt)
- L'image du cercle de centre B et de rayon $r = AB$ par r_2^{-1} et par $r_1 \circ r_2^{-1}$ (2pt + 2pt)

2 - On donne $r_1 \circ r_3(B) = B''$ et $BB''D$ est un triangle équilatérale.

Chercher la valeur de l'angle θ_3 de r_3 (4pt)

ANNEXE [6] : Grille d'évaluation de test Final

Questions	Les capacités attendues	Compétences mathématiques	Taxonomie de Bloom
Q ₁	-Connaitre la mesure des angles dans le triangle particulier -Distinguer l'orientation des points A et B selon les sens n°1 et sens n° 2	Raisonner	Connaissance
Q ₂	Appliquer la propriété de la rotation	Chercher Modéliser	Compréhension
Q ₃	-Appliquer la propriété de la rotation -Traduire la signification du milieu d'un segment	Chercher Modéliser	
Q ₄	-Construire l'image d'un point et d'un segment par une rotation -Déterminer les éléments géométriques de la composition des deux rotations. -Déterminer la fonction réciproque d'une rotation	Représenter	Application
Q ₅	-Maîtriser la composition de deux rotations -Connaître les caractérisations d'un triangle équilatéral	Raisonner Chercher	Analyse

ANNEXE [7] : Questionnaire destiné aux élèves du groupe test

L'enquêteur : RANDRIANANDRASANA Tendrinjanahary

Téléphone : 034 18 262 80

E-mail : tendrinandrasana@gmail.com

APPRENTISSAGE DE LA ROTATION AVEC $M_aT_eH_oR_o$

Nom et Prénom(s) : -----

Masculin Féminin

Age : -----

Classe : -----

Passant(e) Redoublant(e)

Adresse : -----

1 - Ce matériel ($M_aT_eH_oR_o$) est-il facile à utiliser ou non ?

2 - L'utilisation de ce matériel apporte t-elle des impacts chez vous sur l'apprentissage du cours ? Si oui citez les ; sinon Pourquoi ?

3 - Encadrer à partir de ces notes suivantes, celle qui correspond à la structure du $M_aT_eH_oR_o$

2/10 3/10 4/10 5/10 6/10 7/10 8/10 9/10 10/10

4 - Encadrer à partir de ces notes suivantes, celle qui correspond l'efficacité de ce matériel

2/10 3/10 4/10 5/10 6/10 7/10 8/10 9/10 10/10

5 - Pour chacune des phrases suivantes, cochez la case si vous êtes d'accords

Que pensez-vous de l'utilisation du $M_aT_eH_oR_o$?	D'accord
Facilite la compréhension du cours	
Augmente les problèmes puisqu'on doit apprendre son utilisation	
Permet de vérifier expérimentalement les propriétés, formules, données théoriques	
Provoque la perturbation dans la salle de classe	
Permet de résoudre rapidement les difficultés concernant la rotation	
Fait plaisir à cause de sa forme	
Ça ne sert à rien, juste perte de temps	
Fait participer les élèves durant la présentation de leur activité	

6 - Quels remarques apportez-vous à propos de la forme et le mode d'emploi du **M_aT_éH_oR_o** ?

7 - Est-ce que vous avez des améliorations à propos de la forme ou de l'utilisation de ce matériel ?

Merci pour votre aimable participation !

Université d'Antananarivo

Ecole Normale Supérieure

DOMAINE : « SCIENCES DE L'EDUCATION »

MENTION : « Formation des Ressources Humaines de l'Education »

SPECIALITE : Mathématiques

PARCOURS : Formation de Professeurs Spécialisés en Mathématiques

Résumé du Mémoire de Master Professionnel

Titre : Utilisation du matériel didactique « $M_aT_eH_oR_o$ » pour améliorer l'enseignement-apprentissage de la rotation : Cas des élèves TC₅ au Lycée Moderne Ampefiloha

Mots-clés : Enseignement/apprentissage -rotation -théories d'apprentissage - méthodes d'enseignement – matériel didactique - $M_aT_eH_oR_o$ – manipuler - test final – observation – acquisition des connaissances

Pour la classe terminale scientifique, l'étude de la rotation fait partie du programme scolaire malagasy. Pour concrétiser cette notion, nous avons élaboré un matériel didactique appelé « $M_aT_eH_oR_o$ ». Afin d'apprécier l'efficacité de ce matériel, nous avons partagé en deux groupes les élèves TC₅ au Lycée Moderne à Ampefiloha puis nous avons enseigné par deux méthodes différentes chaque groupe. Tous les groupes construisent leurs propres connaissances par l'approche socioconstructiviste. Le groupe témoin a utilisé la méthode habituelle tandis que les élèves du groupe test ont manipulé le « $M_aT_eH_oR_o$ ». Après l'étude comparative des résultats de l'observation, notes des élèves lors de test final et résultats de questionnaire au niveau de chaque groupe, l'utilisation de « $M_aT_eH_oR_o$ » a un impact positif sur l'enseignement-apprentissage de la rotation. Il est un outil efficace permettant d'améliorer la qualité de l'enseignement de ce chapitre.

Abstract

Title: Use of didactic material " $M_aT_eH_oR_o$ " to improve the teaching-learning of rotation: Case of students TC₅ at public High School Ampefiloha

Keywords: Teaching / learning -rotation -learning theories - teaching methods - teaching materials - $M_aT_eH_oR_o$ - manipulate - final test - observation - acquisition of knowledge

For the scientific terminal class, the study of rotation is part of the Malagasy school curriculum. To concretize this notion, we have elaborated a didactic material called " $M_aT_eH_oR_o$ ". In order to appreciate the effectiveness of this material, we divided in two groups the TC₅ students at the public High School in Ampefiloha and we taught by two different methods each group. All groups build their own knowledge through the socioconstructivist model. The witness group used the usual method while the students in the test group manipulated the " $M_aT_eH_oR_o$ ". After the comparative study of the results of the observation, students' notes during the final test and questionnaire results of each group, the use of " $M_aT_eH_oR_o$ " has a positive impact on the teaching / learning of the rotation. It is an effective tool for improving the quality of teaching in this chapter.

Auteur : RANDRIANANDRASANA Tendrinjanahary

Coordonnées : e-mail : tendrinandrasana@gmail.com ; **téléphone** : 034 18 262 80

Directeur de mémoire : RANDRIANIRINA Paul

Coordonnées : e-mail : nrinapaul@hotmail.com ; **téléphone** : 034 02 850 70