

**LES EFFETS DES TICE SUR LA MOTIVATION ET L'APPRENTISSAGE
DES MATHÉMATIQUES
DES ÉLÈVES DE CINQUIÈMES EN CYCLE 4**

Par
Ghada Bsawmai

Mémoire présenté au Département d'Éducation
en vue de l'obtention d'un Mastère

Faculté des Sciences de l'Éducation
Université de Balamand

Juin 2025

Copyright © 2025, Ghada Bsawmai
Tous Droits Réservés

Université de Balamand
Faculté des Sciences de l'Éducation

Je certifie que j'ai examiné ce mémoire de Mastère préparé par

Ghada Bsawmai

et que je l'ai trouvé complet et satisfaisant à tous les égards,
et qu'il a intégré toutes les révisions nécessaires demandées par le jury.

MEMBRES DU JURY :

Admis : Mireille Riachi, PhD

Prénom et nom de famille, PhD

Directeur de Mémoire



Admis : Emilie Chammas Fiani, PhD

Prénom et nom de famille, PhD

Premier Rapporteur



Admis : Mounifa Assaf Hakam, PhD

Prénom et nom de famille, PhD

Second Rapporteur



Date de soutenance du mémoire : 24 Juin, 2025

REMERCIEMENTS

À la fin de ce travail, je tiens à exprimer ma profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué à sa réalisation.

Tout d'abord, je souhaite remercier Dr. Mireille Riachi, ma directrice de recherche, pour son aide précieuse et ses conseils avisés tout au long de ce projet. Sa disponibilité et son expertise ont été une grande aide pour mener à bien cette étude.

Je tiens également à remercier Dr. Guinia, cheffe du département d'éducation à l'université de Balamand pour sa patience et son suivi constant tout au long de mon cursus académique de master.

Enfin, je suis reconnaissante à tous les participants qui ont pris part à cette étude. Leur contribution a été essentielle pour la réussite de ce projet.

Je ne manque pas de remercier également l'équipe pédagogique de l'Université de Balamand pour la qualité des enseignements dispensés et l'encadrement bienveillant dont j'ai bénéficié.

Et bien sûr, je tiens à exprimer ma gratitude à ma famille, à mes fils, à mon mari particulièrement, car c'est lui qui m'a conseillé de poursuivre mes études, pour son soutien moral et son encouragement constant tout au long de ce parcours universitaire.

RESUMÉ

Introduction - La recherche explore l'impact des Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation (TICE), notamment le logiciel Geogebra, sur la motivation et l'apprentissage des mathématiques en classe de 5ème. Dans un contexte où les pratiques traditionnelles dominent, cette étude examine comment ces outils numériques dynamisent l'enseignement de la géométrie, favorisant le raisonnement algorithmique avec des logiciels comme Scratch et permettent aux élèves de mieux comprendre les concepts mathématiques.

Méthodes – L'analyse s'appuie sur le modèle SAMR (Substitution, Augmentation, Modification, Redéfinition), qui guide l'intégration technologique dans l'éducation, elle met en évidence que les niveaux supérieurs de ce modèle transforment les expériences d'apprentissage en les rendant interactives et engageantes. Cependant, au Liban, malgré les efforts du ministère de l'Éducation à travers des initiatives comme « Digital Learning Lebanon », des défis persistent, tels que le manque d'infrastructures technologiques et la formation insuffisante des enseignants.

Résultats - Les résultats montrent que Geogebra améliore significativement la compréhension et la motivation des élèves tout en facilitant la visualisation des concepts abstraits. Néanmoins, pour maximiser les bénéfices des TICE, il est essentiel d'investir dans une formation continue des enseignants et de surmonter les obstacles matériels.

Conclusion – Les TICE, en particulier Geogebra, montrent potentiel transformateur des TICE pour moderniser l'enseignement des mathématiques. Leur efficacité optimale nécessite des investissements durables dans les infrastructures technologiques et l'accompagnement des enseignants.

Mots-clés : Technologies éducatives et TICE, enseignement de la géométrie assisté par Geogebra, motivation, apprentissage interactif, intégration technologique en éducation et modèle SAMR.

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	III
RESUMÉ	IV
LISTE DES FIGURES	IX
LISTE DES TABLEAUX	XI
LISTE DES ABRÉVIATIONS	XII
CHAPITRE 1	1
INTRODUCTION	1
1.1. Description du Titre et du Sujet	1
1.2. Objectifs de la Recherche	1
1.3. Motifs Personnels du Choix du Sujet	2
1.4. Questions de la Recherche	3
1.5. Présentation de la Problématique	3
1.6. Annonce du Plan à Suivre	5
CHAPITRE 2	6
CADRE THÉORIQUE	6
2.1. Introduction	6
2.2. Technologies éducatives et TICE	7
2.2.1. <i>Introduction des TICE</i>	8
2.2.2. <i>TICE et modèle SAMR</i>	9
2.2.3. <i>TICE dans un contexte libanais</i>	11
2.3. Importance des TICE en Mathématiques	11

2.4.	Limites et Erreurs	20
2.5.	Intégration du Geogebra dans la Pratique Enseignante	21
2.5.1.	<i>Types d'apprentissage et formes de raisonnement chez les élèves</i>	22
2.5.2.	<i>Geogebra : historique, fonctionnalités et apports didactiques</i>	23
2.5.3.	<i>Avantages pédagogiques et usage en classe</i>	26
2.5.4.	<i>Geogebra : aide ou obstacle ?</i>	27
2.6.	L'Impact des TICE sur la Motivation et les Résultats des Élèves	28
2.6.1.	<i>Motivation en contexte scolaire</i>	29
2.6.2.	<i>Motivation intrinsèque</i>	32
2.7.	Conclusion	33
	CHAPITRE 3	35
	CADRE MÉTHODOLOGIQUE DE LA RECHERCHE	35
3.1.	Type de Recherche :	37
3.2.	Population et Échantillon	41
3.3.	Techniques de Recherche	43
3.4.	Instruments de Recherche	47
3.4.1.	<i>Observation en classe</i>	47
3.4.2.	<i>Grilles d'observation</i>	48
3.4.2.1.	<u>Élaboration des grilles d'observation</u>	<u>49</u>
3.4.3	<i>Avantages de l'observation</i>	49
3.4.4.	<i>Critères d'observation pour les séances de Geogebra</i>	50
3.4.4.1.	<u>Engagement des élèves</u>	<u>50</u>
3.4.4.2.	<u>Compréhension conceptuelle</u>	<u>50</u>
3.4.4.3.	<u>Résolution de problèmes</u>	<u>50</u>
3.5.	Méthode d'Analyse des Résultats	52

3.6.	Précautions Éthiques et Déontologiques	53
3.6.1.	<i>Confidentialité des données</i>	53
3.6.2.	<i>Consentement éclairé</i>	53
3.6.3.	<i>Liberté de participation</i>	53
3.6.4.	<i>Équité entre les groupes</i>	54
3.6.5.	<i>Déontologie professionnelle</i>	54
3.6.6.	<i>Validité par les autorités compétentes</i>	54
3.7.	Conclusion	54
	CHAPITRE 4	57
	PRÉSENTATION, ANALYSE ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS	57
4.1.	Comparaison Des Performances:	57
4.1.1.	<i>Les activités à faire sur Geogebra pour montrer son efficacité :</i>	61
4.1.1.1.	<u>Solides (Patron d'un cube et d'un pavé droit et d'une pyramide)</u>	61
4.1.1.2.	<u>Angles adjacents complémentaires, supplémentaires</u>	67
4.1.1.3.	<u>Triangles particuliers</u>	72
4.1.1.4.	<u>Droites remarquables</u>	76
4.1.2.	<i>Synthèse des observations</i>	84
4.2.	Analyse Qualitative :	86
4.2.1.	<i>Résultats du pré-test et post-test (classe témoin)</i>	86
4.2.2.	<i>Résultats du pré-test et post-test (classe expérimentale)</i>	90
4.2.3.	<i>Conclusion</i>	93
4.2.4.	<i>Questionnaire destiné aux enseignants</i>	94
4.2.4.1.	<u>Représentation des résultats</u>	96
	CHAPITRE 5	108
	CONCLUSION	108
5.1.	Les Résultats de la Recherche	108
5.2.	Les Limites de la Recherche	110

5.2.1. Limitations méthodologiques	110
5.2.2. Limitations liées à la généralisation des résultats	113
5.2.3. Limitations liées à l'environnement éducatif spécifique	115
5.3. Nouvelles Perspectives 5.3.1. Implications pour la pratique enseignante	116
5.3.2. Recommandations pour les politiques éducatives	116
5.3.3. Suggestions pour des recherches futures	117
5.4. Conclusion	118
LISTE DES RÉFÉRENCES	120
ANNEXE A: PRE-TEST ET POST-TEST	129
<u>Post-test</u>	<u>131</u>
ANNEXE B : GRILLE D'OBSERVATION POUR L'UTILISATION DE GEOGEBRA EN GEOMETRIE	133
ANNEXE C : QUESTIONNAIRE SUR L'UTILISATION DE GEOGEBRA DANS L'ENSEIGNEMENT DES MATHEMATIQUES	135

LISTE DES FIGURES

Figure 2.1: Espace de travail mathématique en géométrie décrit par Kuzniac (2011)	18
Figure 2.2: Espace de travail mathématique en géométrie (Gousseau-Coutat et Richard, 2011, p. 120)	19
Figure 4.1: Le Patron d'un Cube	62
Figure 4.2: Un Pavé Droit en 3D	63
Figure 4.3: Le Patron d'un Pavé Droit(1)	64
Figure 4.4: Le Patron d'un Pavé Droit(2)	65
Figure 4.5: Une Pyramide en 3D	65
Figure 4.6: Le Patron d'une Pyramide	66
Figure 4.7: Angles Adjacents	68
Figure 4.8: Calcul d'un Angle	69
Figure 4.9: Somme des Angles Adjacents	70
Figure 4.10: Angles Complémentaires	71
Figure 4.11: Angles Adjacents Supplémentaires	71
Figure 4.12: Calcul du 3ème Angle à travers 2 angles	72
Figure 4.13: Triangles Particuliers	74
Figure 4.14: Les Médiannes d'un Triangle	77
Figure 4.15: Orthocentre d'un Triangle	78
Figure 4.16: Hauteurs d'un Triangle	79
Figure 4.17: Orthocentre à l'Extérieur du Triangle	79
Figure 4.18: Droite Polyvalente du Triangle	81
Figure 4.19: G est Le Centre de Gravité et H est l'Orthocentre	86

Figure 4.20: ABC est Un Triangle Équilatéral	90
Figure 4.21: Résultats du Pré-Test et Post-Test (Classe Témoin)	86
Figure 4.22: Représentation Graphique (Classe Témoin)	86
Figure 4.23: Résultats du Pré-Test et Post-Test (Classe Expérimentale)	90
Figure 4.24: Représentation Graphique (Classe Expérimentale)	92
Figure 4.25: Sexe	96
Figure 4.26: Années d'Expérience en Enseignement des Mathématiques	97
Figure 4.27: Niveau d'Enseignement	97
Figure 4.28: Pourcentage des Enseignants qui ont suivi une Formation sur Geogebra	98
Figure 4.29: Fréquence de l'Usage de Geogebra	98
Figure 4.30: Domaines Mathématiques où l'on utilise Geogebra	99
Figure 4.31: Intégration de Geogebra dans les Activités Pédagogiques	100
Figure 4.32: Amélioration de la Qualité d'Enseignement	101
Figure 4.33: Principaux Effets de l'Apprentissage de Geogebra sur l'Apprentissage des Élèves	102
Figure 4.34: Compréhension des Concepts Mathématiques via l'Utilisation de Geogebra	101
Figure 4.35: Difficultés Rencontrées dans l'Utilisation de Geogebra en Classe	103
Figure 4.36: Capacité des Élèves à Utiliser Geogebra	104
Figure 4.37: Obstacles à l'Utilisation de Geogebra	104
Figure 4.38: Utilité des Formations Supplémentaires sur Geogebra	105
Figure 4.39: Souhaits des Enseignants	106

LISTE DES TABLEAUX

Table 4.1: Résultats du Pré-Test et Post-Test (Classe Témoin)	87
Table 4.2: P-Valeur	88
Table 4.3: Résultats du Pré-Test et Post-Test (Classe Expérimentale)	90
Table 4.4: P-Valeur <0.05	92

LISTE DES ABRÉVIATIONS

CAS	Computer Algebra System
DGS	Dynamic Geometry System
ETM	Espace de Travail Mathématique
SAMR	Substitution, Augmentation, Modification et Redéfinition
QCM	Questions à Choix Multiples
TAM	Technology Acceptance Model
TICE	Technologie de l'Information et de Communication pour l'Enseignement
UNESCO	Organisation des Nations Unies pour l'Éducation, la Science et la Culture
UQAH	Université du Québec à Hull

CHAPITRE 1

INTRODUCTION

1.1. Description du Titre et du Sujet

Le présent travail de recherche s'intitule : « Les effets des TICE sur la motivation et l'apprentissage des mathématiques des élèves de cinquièmes en cycle 4 ». Ce sujet s'inscrit dans le cadre de l'enseignement des mathématiques et vise à étudier l'apport des outils numériques, en particulier Geogebra, dans la compréhension et l'assimilation des notions géométriques par les élèves. La géométrie est un domaine des mathématiques qui requiert non seulement de l'abstraction mais également une capacité de visualisation et de raisonnement. Dans ce contexte, les logiciels de géométrie dynamique comme Geogebra offrent aux apprenants un cadre interactif et visuel qui facilite l'exploration, la construction et la manipulation des figures géométriques.

1.2. Objectifs de la Recherche

L'objectif principal de cette recherche est d'analyser les effets de l'utilisation des logiciels de géométrie dynamique, notamment Geogebra, sur l'apprentissage des élèves en classe de 5ème. En effet, Geogebra offre un environnement interactif et visuel qui permet aux élèves de mieux comprendre les notions géométriques, souvent perçues comme abstraites lorsqu'elles sont abordées uniquement de manière théorique.

À travers cette recherche, il s'agira également de montrer comment l'usage de certains outils numériques, tels que Scratch, peut contribuer au développement du raisonnement logique et du sens de l'analyse chez les apprenants. En manipulant ces logiciels, les élèves sont amenés à

explorer, expérimenter et construire eux-mêmes des objets mathématiques, favorisant ainsi un apprentissage plus actif et plus motivant.

Contexte de la recherche

Aujourd'hui, nous vivons dans un monde fortement marqué par le développement technologique. Le numérique est omniprésent dans presque tous les domaines, y compris dans l'éducation. Cependant, dans plusieurs écoles, les pratiques d'enseignement restent dominées par des méthodes traditionnelles, limitant l'intégration des outils technologiques en classe.

L'enseignement de la géométrie reste souvent basé sur des représentations statiques au tableau ou sur le papier, ce qui peut rendre difficile la compréhension de certaines notions abstraites par les élèves. Face à ce constat, l'introduction de logiciels comme Geogebra dans l'enseignement vise à transformer les pratiques pédagogiques et à rendre les apprentissages plus dynamiques, interactifs et motivants.

1.3. Motifs Personnels du Choix du Sujet

En tant qu'enseignante de mathématiques et chercheuse en formation, nous avons toujours été confrontés à la difficulté qu'éprouvent les élèves à assimiler certains concepts géométriques. Leur manque de motivation et d'intérêt pour la géométrie m'a poussée à réfléchir à des approches innovantes et plus attractives. Ayant découvert les potentialités de Geogebra, nous avons souhaité mener une expérimentation pour observer concrètement les effets de cet outil sur l'apprentissage de nos élèves. Ce choix de sujet découle donc, d'une part, d'un intérêt pédagogique visant à améliorer mes pratiques de classe, et d'autre part, d'un intérêt scientifique dans le cadre de mon mémoire de maîtrise en éducation.

1.4. Questions de la Recherche

Cette recherche tend à répondre à un ensemble de questions centrales liées à l'intégration des TICE dans l'enseignement de la géométrie :

- Les enseignants de mathématiques maîtrisent-ils les outils numériques tels que Geogebra ou Scratch afin de les utiliser efficacement en classe ?
- Des formations adaptées et accessibles sont-elles proposées aux enseignants pour les aider à se familiariser avec ces logiciels ?
- La préparation des cours utilisant les TICE représente-t-elle une charge supplémentaire pour les enseignants, susceptible de freiner leur motivation à intégrer ces outils dans leur pratique pédagogique ?
- Tous les enseignants disposent-ils des compétences et de la volonté nécessaires pour intégrer les technologies dans leurs cours de mathématiques ?

Ainsi, cette recherche s'interroge sur les conditions nécessaires pour une intégration réussie des outils numériques dans l'enseignement de la géométrie, et sur les bénéfices que les élèves peuvent en tirer en termes de compréhension et d'appropriation des notions mathématiques.

1.5. Présentation de la Problématique

Aujourd'hui, les sociétés évoluent dans un environnement fortement marqué par le développement du numérique. Les technologies de l'information et de la communication se sont progressivement imposées dans différents domaines, y compris celui de l'éducation. L'école, en tant qu'institution, n'échappe pas à cette transformation digitale. Cependant, malgré la disponibilité des outils technologiques et les avantages qu'ils peuvent offrir dans l'enseignement, les méthodes traditionnelles d'apprentissage continuent à prédominer dans les salles de classe, notamment dans l'enseignement des mathématiques.

L'intégration des Technologies de l'Information et de Communication pour l'enseignement (TICE) représente donc un véritable défi pour les enseignants. En effet, utiliser des logiciels éducatifs dans la construction et la transmission des savoirs exige des compétences spécifiques, du temps de préparation et une certaine maîtrise des outils numériques. Or, tous les enseignants ne disposent pas nécessairement de ces compétences ou des ressources nécessaires pour intégrer ces technologies de manière efficace et régulière dans leurs pratiques pédagogiques. Ainsi, l'utilisation des TICE dans l'enseignement des mathématiques, en particulier en géométrie, reste encore limitée et complexe, tant pour les enseignants que pour les apprenants.

Dans un monde de plus en plus numérique, l'enseignement se trouve devant un grand défi ; Comment intégrer les nouvelles technologies de manière efficace et bénéfique pour les élèves ? Si les outils numériques sont de plus en plus présents, leur utilisation dans les classes de mathématiques, en particulier pour l'enseignement de la géométrie, reste encore timide et limitée. Plusieurs facteurs expliquent cette situation : manque de formation, surcharge de travail des enseignants, absence d'équipements, ou encore résistance au changement. Pourtant, des logiciels comme Geogebra offrent des opportunités pédagogiques intéressantes, permettant de dynamiser les cours, de rendre les concepts géométriques plus visibles et de développer l'autonomie des élèves dans leurs apprentissages. Cette recherche s'inscrit donc dans cette problématique d'actualité, en explorant les effets réels de l'usage de Geogebra sur l'apprentissage des élèves de 5ème.

1.6. Annonce du Plan à Suivre

Ce mémoire est structuré en trois chapitres principaux. Le premier chapitre est consacré à l'introduction générale du sujet, à la présentation de la problématique et des objectifs de la recherche.

Le deuxième chapitre présente le cadre théorique de l'étude, à travers un état des lieux des recherches antérieures, les apports des TICE dans l'enseignement, et plus particulièrement les avantages de Geogebra dans l'enseignement de la géométrie.

Le troisième chapitre est dédié à la méthodologie de recherche, à l'expérimentation menée dans les classes de 5ème, à l'analyse des résultats obtenus et à la discussion des principaux constats.

Enfin, une conclusion générale viendra clore ce travail en présentant les principales conclusions, les limites de la recherche et les perspectives futures.

CHAPITRE 2

CADRE THÉORIQUE

2.1. Introduction

Le développement rapide de la technologie exige que l'éducation s'ajuste toujours pour améliorer la qualité de l'éducation. Cette exigence affecte le domaine de l'éducation, elle implique l'innovation et la créativité des enseignants dans la mise en œuvre de l'apprentissage interactif en développant un système d'apprentissage basé sur la technologie et orienté vers l'élève, tout en facilitant les besoins des apprenants.

Cependant, ce fait-là révèle que les résultats des élèves en mathématiques ne sont pas optimaux, de sorte que le développement de la technologie peut être exploité pour améliorer ces résultats. Pour résoudre ces problèmes, divers programmes informatiques ou logiciels peuvent être utilisés pour soutenir l'apprentissage des mathématiques, notamment le logiciel Geogebra qui permet de visualiser et de manipuler rapidement, avec précision et efficacité, les objets mathématiques abstraits. Geogebra est souvent utilisé dans les filières mathématiques, notamment pour l'enseignement de la géométrie et l'algèbre. Ce logiciel offre divers menus, ce qui fait de lui un média recommandé pour l'apprentissage des mathématiques, permettant de visualiser et de démontrer des concepts mathématiques, ou de construire des concepts mathématiques. Des recherches antérieures ont prouvé que les compétences et les réponses des élèves s'améliorent après avoir appris la géométrie en utilisant Geogebra. Dans le même ordre d'idées, une autre étude réalisée par Ridha et Pramiasih (2020) a révélé une amélioration significative des compétences mathématiques des élèves après avoir acquis une compréhension de la géométrie grâce à l'implémentation du Geogebra. En outre, lors de l'apprentissage de la

géométrie en utilisant Geogebra, les élèves peuvent adopter une attitude positive et améliorer leur résolution de problèmes mathématiques. Ce logiciel guide également les élèves pour une meilleure compréhension des concepts de géométrie par rapport à un apprentissage sans Geogebra (Tamam & Dasari, 2021)

L'introduction du numérique dans le système scolaire libanais a connu des développements progressifs au cours des dernières années. Le ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur du Liban a montré un intérêt important pour l'incorporation des TICE dans les écoles. Une des initiatives notables a été la mise en place du projet « Digital Learning Lebanon », visant à équiper les établissements scolaires de ressources numériques et à inciter les enseignants à les intégrer dans leur enseignement. Le ministère a également travaillé sur la mise en place de programmes de formation destinés à aider les enseignants à utiliser des outils numériques tels que Geogebra dans l'enseignement des mathématiques. Ces programmes visent à renforcer les compétences des enseignants dans l'intégration efficace des TICE pour améliorer l'apprentissage des élèves. En outre, plusieurs études et rapports ont été publiés par des organisations telles que l'UNESCO et l'union européenne, mettant en évidence les progrès réalisés et les défis rencontrés dans l'intégration des TICE dans l'éducation au Liban.

2.2. Technologies éducatives et TICE

L'évolution rapide des technologies numériques a profondément modifié les possibilités offertes aux enseignants, notamment grâce à l'émergence des technologies éducatives et des TICE. Parmi les outils numériques utilisés dans le domaine de l'enseignement des mathématiques, Geogebra se distingue par sa capacité à rendre les concepts géométriques plus accessibles, interactifs et visuellement compréhensibles. Ce type d'outil favorise un

apprentissage dynamique qui peut renforcer la motivation des élèves et améliorer leur engagement.

Cependant, malgré l'accessibilité croissante de ces ressources numériques, les pratiques pédagogiques traditionnelles restent largement dominantes dans l'enseignement de la géométrie, en particulier au collège. Cette situation interroge la manière dont les technologies sont intégrées dans les salles de classe et met en évidence un écart entre disponibilité des outils et efficacité de leur usage pédagogique.

L'intégration des outils numériques ne peut pas être réduite à leur simple utilisation technique ; elle nécessite une réflexion sur leur valeur ajoutée pour l'apprentissage. À ce titre, le modèle SAMR fournit un cadre pertinent pour analyser le niveau d'intégration de ces technologies et en évaluer les impacts réels.

Ce travail de recherche vise à explorer les effets de l'utilisation de Geogebra sur l'apprentissage de la géométrie en classe de 5ème, en mettant l'accent sur la motivation des élèves, l'aspect interactif de l'apprentissage, et la manière dont l'intégration technologique peut transformer les pratiques pédagogiques de façon significative.

2.2.1. Introduction des TICE

Nous vivons dans un monde qualifié « 3ème révolution industrielle » submergé par les technologies de l'information et de communication désignées par l'acronyme TIC. Les TIC couvrent l'ensemble de matériels qui permettent de chercher, de saisir, de stocker, d'afficher et de transmettre de l'information à travers des procédés de numérisation, de programmation, d'automatisation et de télécommunication(Joubert, 2013)

Selon Unesco, les TIC sont considérées comme un outil majeur pour construire des sociétés de savoir (Lteif, 2024)

Une montée croissante de l'usage des technologies dans les différentes activités humaines a suscité l'intérêt de plusieurs chercheurs à étudier les bienfaits des outils numériques surtout dans le secteur de l'éducation, de ce fait, les TIC ont évolué vers les TICE représentant les technologies de l'information et de la communication en éducation.

Les TICE jouent actuellement un rôle très important dans l'évolution des pratiques enseignantes face à la diversification des dispositifs dans une perspective régulatrice modernisée pour faciliter l'apprentissage et favoriser la motivation des apprenants.

Plusieurs études montrent les impacts de l'intégration des TICE sur l'amélioration de la qualité d'enseignement dans le processus d'enseignement-apprentissage, et sur la possibilité de varier les modalités d'adaptation des méthodes selon le rythme et les besoins des apprenants(Mastafi, 2020).

Dès leur plus jeune âge, les enfants sont habitués à utiliser le numérique à la maison (tablette, téléphone portable, ordinateur,...) et à l'école suite aux nouveaux programmes qui accordent une place centrale aux TICE dans les manuels scolaires(Huger, n.d.)

Cependant, malgré les obligations institutionnelles de l'utilisation des outils numériques exigés dorénavant dans les manuels scolaires, une recherche a été menée par le chercheur Mohammad Mastafi auprès des enseignants du primaire et du secondaire d'une école en Maroc, la majorité des enseignants de mathématiques hésitent encore à intégrer l'informatique dans leurs pratiques d'enseignement(Mastafi, 2020)

2.2.2. *TICE et modèle SAMR*

Pour mieux comprendre les impacts des TICE, il est utile de s'appuyer sur des modèles d'intégration tels que le modèle SAMR.

Le modèle SAMR du Dr. Ruben Puentedura offre un cadre pour intégrer la technologie dans l'éducation à travers quatre niveaux : substitution, augmentation, modification et redéfinition. Chaque niveau représente une progression dans l'utilisation de la technologie pour améliorer les expériences d'enseignement et d'apprentissage. De plus, l'intégration de la technologie dans l'éducation peut améliorer les outils et tâches d'enseignement traditionnels en fournissant des fonctionnalités supplémentaires. Le modèle SAMR aide les enseignants à utiliser efficacement la technologie pour améliorer l'engagement et la motivation des élèves.

La mise en place du modèle SAMR améliore l'apprentissage, favorise la curiosité des élèves en offrant des expériences d'apprentissage interactives, personnalisées et dynamiques. L'intégration de la technologie aux niveaux supérieurs du modèle SAMR transforme les tâches d'apprentissage, créant des environnements plus immersifs et engageants pour les élèves, développant ainsi leur réflexion, leur collaboration, leur créativité et leurs compétences en communication. Des études de cas ont montré la mise en œuvre réussie du modèle SAMR dans des salles de classe soulignant l'importance de la pratique réflexive pour l'intégration de la technologie tout en captivant les élèves, favorisant le développement des compétences en littératie numérique nécessaires pour réussir au 21^e siècle. Par contre, des défis tels que la littératie technique, la résistance au changement et les contraintes existent, soulignant le besoin d'un développement professionnel continu et d'un soutien pour les éducateurs. Les futures recherches devraient se concentrer sur la généralisation du modèle SAMR, son impact sur les résultats des élèves, et sur des stratégies efficaces du développement professionnel. Le modèle SAMR reste un outil fondamental pour les éducateurs cherchant à tirer parti de la technologie pour des expériences d'apprentissage et des réussites scolaires transformantes. En résumé, le modèle SAMR sert de guide pour améliorer l'enseignement et l'apprentissage grâce à

l'intégration de la technologie, favorisant finalement l'engagement des élèves, leur motivation et leurs résultats scolaires(Boateng & Kalonde, 2024)

2.2.3. TICE dans un contexte libanais

Impossible de rester indifférents à l'invasion de l'internet à la vie quotidienne des activités humaines, le numérique a connu son plein essor en période de confinement de Covid-19 où toutes les sociétés dans le monde entier, et même dans les pays en voie de développement, ont exigé l'intégration des TICE pour assurer l'enseignement à distance, en dépit des problèmes sociétaux, gouvernementaux et l'insuffisance des infrastructures technologiques(Azzi, 2021)

L'expansion des outils numériques sur tous les établissements libanais constitue un problème majeur, plusieurs obstacles en sont la cause, des problèmes d'ordre matériel, logiciel, réseautique avec un bas de débit de bandes passantes(Azzi, 2021), cependant, d'énormes efforts sont fournis, actuellement par le gouvernement à procurer des formations d'entraînements intensifiées aux corps professoraux pour les inciter à utiliser le numérique dans toutes les écoles libanaises(*L'UNESCO coopère avec le Liban pour développer les compétences de codage des enseignants et des élèves défavorisés* | UNESCO, n.d.-a)

2.3. Importance des TICE en Mathématiques

Les recherches initiales sur l'intégration des technologies de l'information et de la communication (TIC) dans l'enseignement des mathématiques se sont principalement concentrées sur les apprentissages des élèves, ainsi que sur les avantages et les limites de ces technologies (Artigue, 2000). Jusqu'au début des années 2000, les études sur les pratiques des enseignants dans ces environnements étaient peu nombreuses dans la littérature didactique. Durant les années 1990, les recherches sur l'appropriation des technologies par les enseignants et

leur intégration dans l'enseignement étaient rares (Laborde, 2008). En effet, la plupart des recherches mettaient en avant l'enseignant comme un accompagnateur des interactions entre l'élève et la technologie, soulignant que la qualité de ces interactions permettait à l'élève de construire ou de reconstruire ses connaissances mathématiques.

À la fin des années 1990, un projet inter-équipes a analysé un large corpus de publications sur les TICE entre 1994 et 1998 pour étudier leur intégration dans l'enseignement des mathématiques. Cette étude a mis en évidence la nécessité d'aborder ces questions d'intégration de manière multidimensionnelle pour éviter les effets négatifs de conceptions trop simplistes.

L'intégration de la technologie en mathématiques transforme profondément l'enseignement et l'apprentissage de la discipline, et l'usage d'outils numériques, tels que les logiciels de géométrie dynamique ou les calculateurs, permet aux enseignants de proposer aux élèves des situations-problèmes qui étaient auparavant difficiles, voire impossibles à aborder avec les seuls moyens traditionnels. La technologie permet aux élèves de visualiser des objets mathématiques complexes, de manipuler des figures dynamiquement et d'explorer des concepts abstraits de façon interactive. Les élèves peuvent ainsi expérimenter, conjecturer, tester et valider leurs idées dans un environnement qui favorise l'exploration et la découverte. En somme, l'utilisation de la technologie ne se limite pas à un simple soutien à l'enseignement, mais permet d'élargir considérablement le champ des apprentissages mathématiques, en offrant de nouvelles perspectives pédagogiques et en stimulant l'engagement des élèves (Cornu, 1992).

Cependant, Caron (2003) souligne que souvent, l'intégration des outils technologiques en classe ne va pas au-delà des capacités sans technologies déjà existantes, par crainte de dépendance ou focalisation sur les calculs. Les aspects visuels et la capacité d'exploration des

logiciels permettent une meilleure visualisation des concepts mathématiques, incitant à une exploration approfondie des savoirs avec les élèves (Artigue, 2008 ; Boileau & Garançon, 2009).

Il est souligné que la visualisation peut faciliter la compréhension, mais nécessite une analyse approfondie pour évaluer son impact réel sur les apprentissages des élèves, tout en restant vigilants sur les éventuelles erreurs potentielles induites par ces représentations (Boileau et Garançon, 2009)

Mastafi(2020) montre que plusieurs études affirment qu'il existe une grande gamme de technologies tels que les tableurs Excel pour travailler le numérique, et avec l'évolution des calculatrices , les élèves parviennent à construire des graphiques de plus en plus complexes, ce qui leur permet d'analyser et d'apercevoir facilement le lien entre les données(Hennessy et al., 2001).

À ces outils, s'ajoutent les logiciels multimédias qui ont fait l'objet d'une grande innovation positive car avec l'intégration du son et d'image, la compréhension des concepts mathématiques s'est rendue plus simple et les notions sont plus fixées et assimilées. Ainsi, des logiciels plus spécifiques et plus avancés sont mis en œuvre : les logiciels du calcul formel (Computer Algebra system ou CAS en anglais), les systèmes de géométrie dynamique (Dynamic Geometry Systems ou DGS en anglais).

Geogebra se distingue par son intégration de deux composantes clés : un DGS (Dynamic Geometry System) et un CAS (Computer Algebra System). Le DGS permet aux élèves de construire et de manipuler des figures géométriques de manière interactive, favorisant ainsi une compréhension visuelle et dynamique des concepts(M. Hohenwarter et al., 2008).

Le CAS, quant à lui, offre la possibilité de manipuler des expressions mathématiques symboliques, ce qui permet aux élèves d'explorer les liens entre l'algèbre et la géométrie.

Geogebra permet de calculer des dérivés et des intégrales, de simplifier des expressions algébriques, et de résoudre des équations, facilitant ainsi l'apprentissage du calcul et d'autres branches des mathématiques (M. Hohenwarter et al., 2008). Cette combinaison unique fait de Geogebra un outil puissant pour l'apprentissage de diverses disciplines mathématiques, y compris la géométrie et le calcul.

L'utilisation d'un DGS comme Geogebra en classe de 5ème favorise une approche pédagogique plus active, où les élèves peuvent expérimenter et vérifier des hypothèses, ce qui peut conduire à une meilleure rétention des connaissances et à un développement des compétences en résolution de problèmes. L'intégration du CAS permet également de renforcer les liens entre les différentes branches des mathématiques et de développer une compréhension plus profonde des concepts.

L'importance de ces logiciels réside dans le fait qu'ils aident les élèves à manipuler, observer et conjecturer les propriétés d'une façon plus concrète, ce qui augmente la motivation, le niveau du raisonnement et d'apprentissage (Güven et al., 2010)

Selon Trouche (2005), une ressource numérique est considérée utile dans la mesure où elle sert adéquatement par l'enseignant au profit des apprentissages des apprenants (Jahn et al., 2009). Les logiciels numériques sont intégrés en mathématiques pour faciliter la compréhension des notions mathématiques, et si un enseignant ne pratique pas suffisamment un logiciel numérique, alors l'apprentissage instrumenté perdra son efficacité et son utilité.

L'ensemble « technologie-enseignement-apprentissage-mathématiques » représente une totalité dynamique, utilisant la métamorphose d'un puzzle regroupant les préoccupations pédagogiques, les questions d'accès, de connaissances mathématiques et de familiarité avec les

outils s'assemblent pour composer un ensemble cohérent (Ball, L., & Sacristán, A. I. Discussion group 27)

La technologie offre un atout significatif en matière d'apprentissage mathématique. Elle offre de divers avantages tels que la capacité à traiter des données complexes, élaborer des concepts mathématiques plus approfondis, utiliser différentes formes de représentation et automatiser des calculs fastidieux.

Les logiciels de géométrie dynamique, par exemple, permettent aux élèves de manipuler des figures géométriques plus aisément, explorer de différentes situations et renforcer ainsi leur compréhension de la géométrie. L'intégration de la technologie peut transformer l'enseignement de la géométrie en encourageant l'exploration et la manipulation des figures géométriques. Cependant, au-delà des ajouts de contenus ou des changements d'approches, il est nécessaire d'analyser en profondeur les contributions de la technologie en classe de mathématiques en tenant compte également de leurs implications du point de vue pragmatique (produire des résultats) et épistémique (comprendre les objets mathématiques).

Les outils technologiques fournissent un support à la fois pratique, en produisant des résultats rapidement, et épistémique, en contribuant à la compréhension des concepts mathématiques. Cependant, cet équilibre peut être perturbé en utilisant ces outils, ce qui peut susciter des préoccupations chez les enseignants. Il est donc essentiel de prendre en considération ces deux aspects lors de l'intégration de la technologie dans l'enseignement des mathématiques pour maximiser ses bénéfices tout en minimisant les potentielles perturbations (Damboise, C., 2020).

Balacheff définit la preuve comme une explication acceptée par une communauté à un moment donné qui suit une série d'énoncés organisés de manière rigoureuse, définissant ainsi

une démonstration, Mary, quant à elle, met l'accent sur le processus permettant de valider une preuve en mathématiques. Selon elle, ce processus démarre par la définition d'objets mathématiques précis et de prémisses claires. Ensuite, la preuve se développe à travers des étapes logiques qui conduisent à une conclusion plus significative et éclairante que ce qui pourrait être déduit par une simple observation superficielle. Ces perspectives convergent vers l'idée que la preuve en mathématiques est structurée, rigoureuse et vise à établir la validité d'une assertion au-delà de toute doute raisonnable. En utilisant un logiciel de géométrie, les élèves peuvent essayer différentes opinions, confirmer des idées et développer des preuves plus approfondies. Pour aider les élèves à progresser des preuves simples aux preuves plus complexes en géométrie, il est essentiel de changer les activités d'apprentissage et d'utiliser la technologie pour les soutenir dans leur exploration et leur raisonnement mathématiques.

Mary (1999) identifie cinq fonctions de la preuve en mathématiques qui comprennent des aspects tels que l'organisation de la théorie, l'explication de la vérité d'un énoncé, la conviction, la construction de connaissances et la communication. Ces fonctions s'alignent avec les objectifs de la technologie éducative, qui cherche à favoriser l'explication et la production de nouvelles techniques. L'espace de travail mathématique (ETM) est un outil conceptuel pertinent pour étudier le raisonnement mathématique en interaction avec des logiciels mathématiques tels que Geogebra en combinant des processus de visualisation, de construction et de preuve. Kuzniak (2011) distingue deux niveaux dans l'ETM, épistémologique et cognitif, soulignant l'importance de comprendre les processus de genèse impliqués dans le travail mathématique, ce qui favorise le développement d'une pensée mathématique approfondie chez les apprenants.

Selon Kuzniak, le travail mathématique se déroule progressivement, en commençant souvent par une exploration dans un environnement interactif, comme la géométrie dynamique,

se développant jusqu'à l'établissement d'une preuve mathématique, tout en intégrant les deux niveaux mentionnés précédemment. Ce cheminement aboutit ainsi à une progression allant de la clarification des niveaux épistémologique et cognitif à leur intrication grâce à des processus de genèse diversifiés selon Kuzniak et Richard (2014) (Damboise, C., 2020)

Dans le cadre épistémologique, Kuzniak (2011) identifie trois composantes en interaction : un espace réel et local, un ensemble d'artefacts et un système référentiel. Ces éléments sont organisés en fonction des objectifs spécifiques du domaine mathématique concerné, comme le soulignent Kuzniak et Richard (2014). Cette dimension épistémologique est ainsi fondamentale pour structurer l'organisation des activités mathématiques, en lien avec les contenus mathématiques du domaine étudié. En utilisant Geogebra pour une tâche de construction, l'espace de travail intègre ses composantes : l'espace réel et local correspond à la figure à construire, l'artefact est Geogebra, et le système référentiel englobe les définitions et propriétés associées à la figure géométrique en question.

Par ailleurs, cet espace de travail mathématique englobe trois processus de genèse : la genèse sémiotique, la genèse instrumentale et la genèse discursive. La genèse sémiotique garantit le statut opératoire des objets mathématiques tout en contribuant au maintien de niveau de preuve pragmatique. La genèse discursive, quant à elle, mobilise les propriétés du référentiel théorique pour soutenir le raisonnement mathématique et valider les conclusions. Enfin, la genèse instrumentale rend opératoires les artefacts dans le processus de construction mathématique, favorisant ainsi le passage des preuves pragmatiques aux preuves intellectuelles.

En tenant compte de ces éléments, l'étude de l'espace de travail mathématique dans un contexte géométrique, en interaction avec des outils comme Geogebra, offre des perspectives intéressantes pour analyser les productions des étudiants, en considérant notamment

l'organisation de leurs explications, le niveau de preuve mobilisé et leur travail mathématique au sein de séquences didactiques (Damboise, C., 2020).

Ross & Bruce (2009), Reis (2010) et Tatar (2012) ont trouvé un impact positif de l'utilisation des logiciels d'apprentissage des mathématiques, améliorant ainsi l'apprentissage et la compréhension des élèves (Zengin et al., 2012)

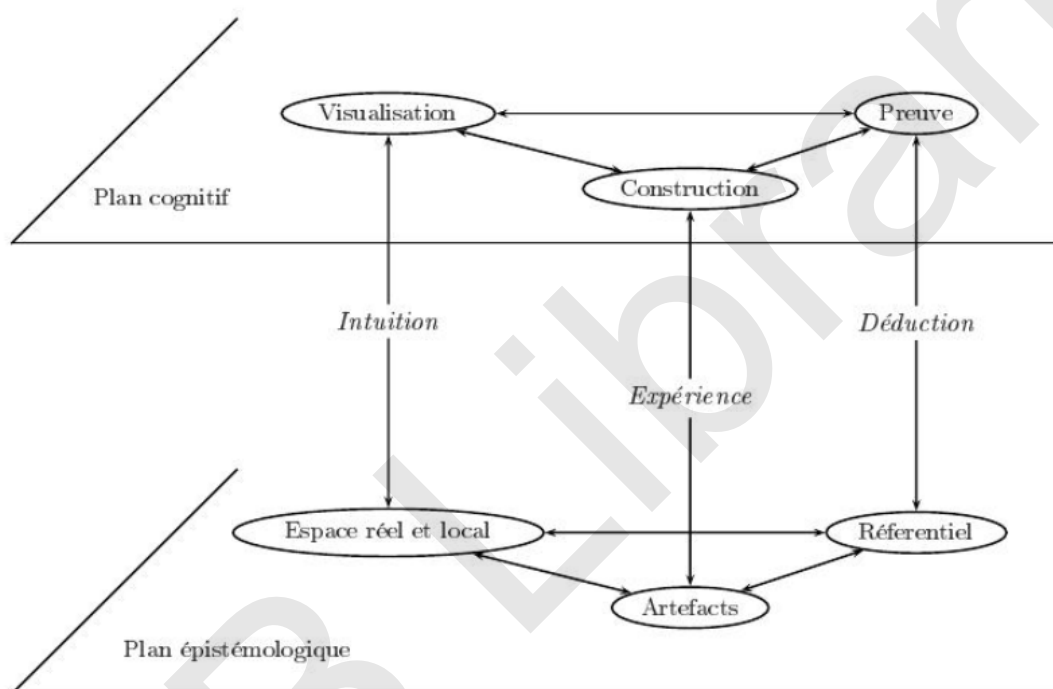


Figure 2.1: Espace de Travail Mathématique en Géométrie Décrit par Kuzniac (2011)

Cette figure met en évidence l'articulation entre le plan cognitif et le plan épistémologique dans l'apprentissage des mathématiques, en particulier en géométrie. Elle montre que la visualisation, la construction et la preuve, situées sur le plan cognitif, interagissant avec l'espace réel et local, les artefacts et le référentiel du plan épistémologique. Les liens entre des deux plans sont assurés par des processus tels que l'intuition, l'expérience et la déduction,

soulignant ainsi l'importance de la mobilisation conjointe de l'expérimentation, de l'intuition et du raisonnement formel dans la construction des connaissances mathématiques.

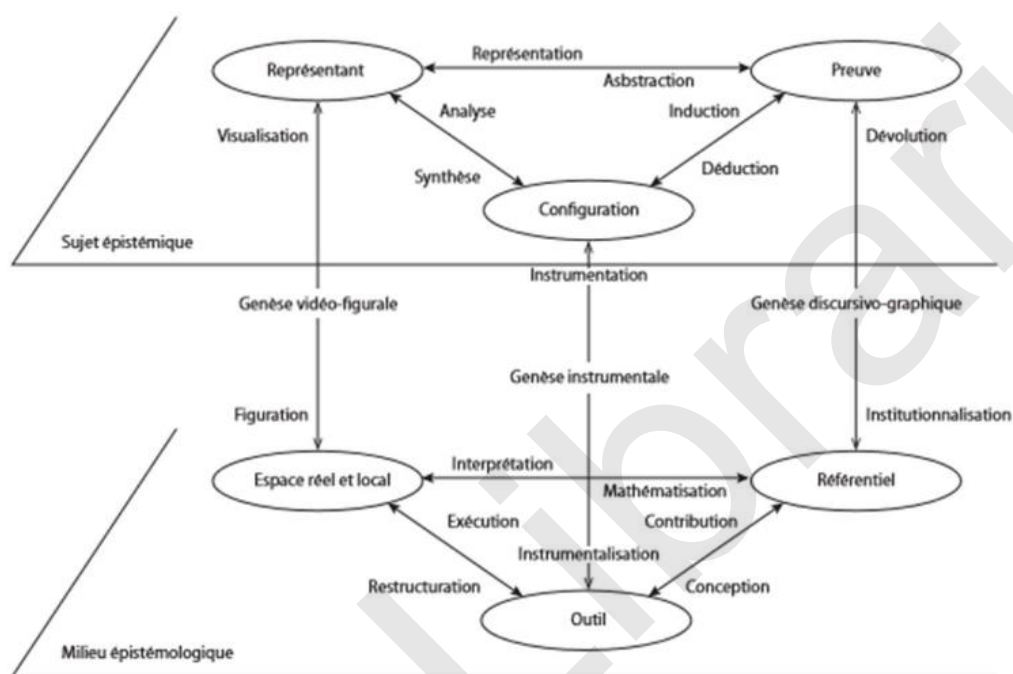


Figure 2.2 : Espace de Travail Mathématique en Géométrie (Gousseau-Coutat Et Richard, 2011, P. 120)

Cette figure illustre l'articulation entre le sujet épistémique (l'élève ou l'apprenant) et le milieu épistémologique (le contexte, les outils et les savoirs mobilisés) dans l'apprentissage des mathématiques. Elle met en lumière les différentes interactions entre la représentation, la configuration et la preuve du côté du sujet, et l'espace réel, le référentiel et les outils du côté du milieu. Les flèches montrent comment les processus de visualisation, d'abstraction, de déduction, d'instrumentation et d'interprétation permettent de passer de la manipulation concrète à la conceptualisation et à la formalisation des connaissances mathématiques. Cette organisation

souligne l'importance du va-et-vient entre l'expérimentation, manipulation d'outils et structuration théorique dans la construction du savoir géométrique.

2.4. Limites et Erreurs

La recherche en éducation met en lumière les limites et les erreurs potentielles liées à l'intégration de la technologie dans l'enseignement mathématique. L'introduction des outils numériques doit aller au-delà d'un simple rôle accessoire pour réellement contribuer aux acquisitions conceptuelles des élèves. Une étude menée par Kieran et Guzmán (2007) sur l'utilisation de la calculatrice à affichage graphique en théorie élémentaire des nombres souligne que la théorie émerge en parallèle avec le développement des techniques. Cependant, il est crucial de reconnaître que même lorsque les élèves explorent les outils technologiques, des raccourcis peuvent survenir, menant à des généralisations précipitées et à une validation inconditionnelle des résultats obtenus. Les mesures automatiques fournies par les logiciels de géométrie dynamique, comme note par Tanguay (2012), peuvent entraîner une dépendance excessive aux validations empiriques au détriment des validations déductives nécessaires à la construction de connaissances mathématiques solides.

Il est essentiel de noter que se contenter d'observations ou de mesures superficielles ne suffit pas à construire des connaissances mathématiques significatives. La recherche d'explications et de raisonnements mathématiques approfondis est indispensable. Boileau et Garançon (2009) mettent en avant l'importance pour l'enseignement des mathématiques de favoriser la compréhension et la recherche des raisons fondamentales de la vérité des énoncés, soulignant que même les vérifications expérimentales les plus exhaustives ne peuvent remplacer cette démarche. Ainsi, les enseignants doivent veiller à ce que l'intégration de la technologie

soutienne le développement de la pensée critique, du raisonnement déductif et de la compréhension approfondie des concepts chez les élèves (Damboise, C., 2020).

D'après l'article de Poyet, beaucoup d'enseignants utilisent les TICE pour préparer leurs cours sans s'en servir comme méthodes d'enseignement à visée de différenciation et d'individualisation dans le processus d'apprentissage. André Tricot révèle dans son article la complexité d'utilisation des TICE et des résultats qui en découlent car ils dépendent de trois variables : l'utilisabilité, l'utilité et l'acceptabilité (Porcher, n.d.).

La majorité des études sur les usages des technologies se focalisent sur les applications les plus populaires sans prendre en considération les contextes et finalités d'utilisation ni les schèmes socialement partagés. Les analyses basées sur des observations extensives et systématiques, pour comprendre l'utilité de ces usages, sont rares. Les observations existantes sont souvent de courte durée, alors que l'appropriation des technologies est un processus lent et évolutif au cours duquel l'enseignant acquiert de nouvelles compétences. Ainsi, les méthodes courantes ne permettent pas de saisir pleinement ce processus ni l'évolution des usages au fil du temps (Nogry et al., 2013).

2.5. Intégration du Geogebra dans la Pratique Enseignante

Dans un contexte éducatif marqué par la transition vers le numérique, l'intégration des technologies dans l'enseignement devient une nécessité pour répondre aux besoins d'une génération d'élèves de plus en plus connectée. En mathématiques, et plus particulièrement en géométrie, les outils numériques offrent des possibilités nouvelles pour rendre les concepts abstraits plus concrets, dynamiques et accessibles. C'est dans cette optique que s'inscrit

l'utilisation de logiciels interactifs comme Geogebra, qui allient visualisation, manipulation et modélisation.

L'enseignement traditionnel de la géométrie repose souvent sur des méthodes statiques et déductives, qui peuvent rendre difficile la compréhension des propriétés et des relations entre les figures. L'usage d'un outil comme Geogebra permet de dépasser ces limites, en introduisant une dimension visuelle et expérimentale dans l'apprentissage. Cela s'inscrit pleinement dans les approches pédagogiques modernes qui valorisent la participation active des élèves, la manipulation d'objets mathématiques et l'exploration autonome.

Dans ce qui suit, nous allons d'abord présenter le logiciel Geogebra et ses principales fonctionnalités, avant de mettre en lumière ses apports pédagogiques et les différentes façons dont il peut être utilisé efficacement en classe.

2.5.1. Types d'apprentissage et formes de raisonnement chez les élèves

Il existe deux types d'apprentissages chez les élèves : les apprentissages implicites et les apprentissages explicites. Les apprentissages implicites désignent les apprentissages primaires, comme le langage oral et la reconnaissance des visages, et ne nécessitent aucun effort ni motivation particulière tandis que les apprentissages explicites comprennent des domaines comme la lecture et les mathématiques, et sont acquis avec des efforts conscients et une motivation, souvent extrinsèque. Certaines connaissances explicites peuvent devenir automatisées et se transforment en connaissances implicites. La théorie de Geary et Sweller, qui différencie les connaissances primaires des secondaires, et les apprentissages implicites des explicites, est essentielle pour comprendre l'acquisition des connaissances scolaires via les TICE.

Il n'existe pas uniquement un seul processus d'apprentissage via l'utilisation des TICE, une ressource TICE varie en termes d'efficacité selon le domaine. André Tricot a décrit six processus d'apprentissage différents dans le domaine des TICE : la compréhension ou l'acquisition de connaissances spécifiques, la conceptualisation qui couvre l'acquisition de connaissances générales, la mémorisation littérale utilisée uniquement pour les connaissances secondaires, la prise de conscience qui concerne la compréhension de ce que l'on sait faire, la transformation ou la conversion de quelque chose que l'on comprend ou réalise par tâtonnement en compétence explicite et contrôlée, et finalement l'automatisation où l'association but – situation – procédure est fréquente. Cette distinction est essentielle pour comprendre comment l'utilisation des TICE facilite l'apprentissage dans différents contextes (Porcher, n.d.).

Il y a deux types de raisonnement : le raisonnement inductif et le raisonnement déductif. Le raisonnement inductif ou empirique permet d'établir une loi, une théorie ou une connaissance générale à partir des expériences, des faits observés ou des cas singuliers, tandis que le raisonnement déductif est tout à fait l'inverse, il consiste à dégager une affirmation à partir des hypothèses et des cadres théoriques, c'est le processus du passage du général au particulier (Martin, 2012).

2.5.2. *Geogebra : historique, fonctionnalités et apports didactiques*

Geogebra est un logiciel libre et gratuit créé en 2002 par Markus Hohenwarter, alors doctorant à l'université de Salzburg (Autriche). Son nom est un mot-valise formé à partir du mot anglais « geometry » (géométrie) et « algebra » (algèbre), reflétant ainsi la double vocation du logiciel : allier géométrie dynamique et calcul algébrique.

L'introduction des systèmes de géométrie dynamique (Dynamic Geometry System DGS) tels que Cabri ou Cendrillon et des systèmes d'algèbre comme Mathematica, Maple ou Derive a

contribué à l'évolution de l'enseignement des mathématiques depuis les années 1990, ce sujet préoccupait les enseignants de mathématiques en formation à l'université de Salzbourg d'où la multiplication des conférences spéciales traitant les avantages et les inconvénients de l'usage de ces différents types de logiciels. Bien que les systèmes d'algèbre permettent la création de systèmes graphiques complexes avec le calcul formel, mais quand il s'agit de la géométrie, les étudiants ne pouvaient appréhender le lien avec la partie algèbre(J. Hohenwarter et al., 2009). Ces logiciels, auxquels s'ajoute Geometer's sketchpad, offrent des fonctionnalités telles que le mode de déplacement, des outils personnalisables, la trace ou le locus d'objets, ainsi que la création de graphiques de fonctions dynamiques. En plus des mouvements dynamiques, ces logiciels permettent également l'application de transformations aux objets, la mesure des longueurs et des angles, ainsi que l'insertion de textes et parfois d'images sur la feuille de travail. Le concept de « dragging » est souligné important, permettant aux utilisateurs de tester la robustesse des constructions et d'explorer une variété de cas spécifiques, offrant ainsi des avantages par rapport aux méthodes traditionnelles sur papier(Nouhou, n.d.)

Les outils géométriques sont organisés en boîtes d'outils, activables via des icônes dans la barre d'outils ou des commandes dans le menu. Les utilisateurs peuvent créer et enregistrer des séquences de construction en tant que nouveaux outils personnalisés, permettant une personnalisation des fonctionnalités. La capacité de suivre la trace d'un objet par rapport à un objet parent est soulignée, facilitant l'examen des interactions et des dépendances entre objets mathématiques. Les logiciels de géométrie dynamique offrent des objets de base tels que points, segments, lignes, cercles, vecteurs, et sections coniques. Ils permettent également la géométrie analytique avec un système de coordonnées et la création de graphiques de fonction. Bien que la saisie au clavier soit possible, elle est souvent limitée à un ensemble de commandes spéciales et

d'expressions prédéfinies pour intégrer des résultats de calcul dans le processus de construction.

Selon Sträßer (2002), les outils de géométrie dynamique sont considérés comme parmi les meilleurs, voire les meilleurs, dans le domaine de la didactique des mathématiques (Nouhou, n.d.)

En 1997, Karl Fuchs a présenté dans plusieurs conférences à l'université de Salzburg la calculatrice TI-92 du fait qu'elle engendre les deux programmes : DGS et CAS, mais d'une façon complètement séparée, puis Markus Hohenwarter, l'un des étudiants de Karl Fuchs a approfondi ses recherches sur l'étude de la combinaison bidirectionnelle entre la géométrie dynamique et le calcul formel via le logiciel Geogebra qui allie les 3 protocoles de solution graphique, numérique et algébrique avec la géométrie (J. Hohenwarter et al., 2009)

Avec Geogebra, les usagers développent des compétences essentielles en mathématiques pour la résolution des problèmes et optimiser le sens d'analyse chez les apprenants, les compétences sollicitées sont : chercher, modéliser, représenter et démontrer.

La compétence « chercher » où l'élève est capable de tirer des informations d'un document, les reformuler, les enchaîner et les relier aux connaissances antérieures. En outre, réaliser une activité sur Geogebra favorise le sens d'analyse par le fait d'observer, manipuler, essayer, tester, expérimenter, émettre des conjectures et valider des hypothèses voire des propriétés qui, par le déplacement des objets, restent constantes. Modéliser : Permet de créer un lien entre le monde extérieur et les mathématiques.

La compétence « modéliser » permet de traduire en langage mathématique une situation réelle (par exemple à l'aide d'équations, de fonctions, de configurations géométriques, d'outils statistiques).

La compétence « représenter » vise à utiliser, produire et mettre en relation des représentations de solides (par exemple perspective ou vue de dessus/de dessous) et de situations

spatiales (schémas, croquis, maquettes, patrons, figures géométriques, photographies, plans, cartes, courbes de niveau).

La compétence « démontrer » renvoie à utiliser un raisonnement logique et des règles établies (propriétés, théorèmes, formules) pour parvenir à une conclusion (Dales & Léal, 2024).

2.5.3. *Avantages pédagogiques et usage en classe*

« Geogebra est un logiciel de géométrie interactif qui propose des possibilités comme la saisie directe des équations. Il s'adresse aux étudiants (âgés de 11 à 18 ans) et aux enseignants des écoles secondaires. Le programme encourage les élèves à aborder les mathématiques d'une manière expérimentale, par exemple, il est possible d'étudier les paramètres de l'équation d'un cercle en faisant glisser le cercle avec la souris et de l'autre côté, les apprenants peuvent manipuler les paramètres de l'équation d'un cercle et le voir modifier dans la fenêtre de géométrie » (J. Hohenwarter et al., 2009).

« Geogebra a déjà reçu plusieurs prix internationaux de logiciels éducatifs : Européen Academic Software Award 2002 (Ronneby, Suède), L@nie Award 2003 (Vienne, Autriche), digita 2004 (Cologne, Allemagne) et Comenius 2004 (Berlin, Allemagne) » (J. Hohenwarter et al., 2009)

L'objectif principal de ce logiciel est basé sur l'observation suite au déplacement et la mobilisation des points ou objets pour conjecturer une propriété et la prouver. L'utilisateur, une fois la construction de la figure est terminée, peut glisser ou modifier l'emplacement d'un point ou d'un objet tout en maintenant les contraintes spécifiées sans varier les propriétés en découverte. Autrement dit, les élèves sont placés dans des situations de recherche, d'expérimentation libre, ils vérifient les conjectures énoncées visuellement à travers des

propriétés qui s'avèrent invariantes malgré les déplacements des objets(Marrades & Gutierrez, 2000).

Hoyles et Johns (1980) prouvent à travers leurs recherches à quel point le logiciel dynamique contribue au passage facile des cas particuliers aux cas généraux.

Stols et krieg (2011), à leur tour, considèrent que ces logiciels dynamiques offrent l'opportunité d'enseigner et d'apprendre la géométrie euclidienne à travers des explorations qui favorisent le processus d'exploration(Huger, n.d.).

Ce logiciel dynamique permet aux élèves de comprendre le fonctionnement des transformations affines (translation, rotation, réflexion, dilatation,...), de visualiser une transformation en manipulant une forme et observant l'effet de la manipulation sur la forme(Hollebrands, 2003)

2.5.4. *Geogebra : aide ou obstacle ?*

Les outils de géométrie dynamique, comme Geogebra, sont devenus courants dans les salles de classe, et la question se pose sur l'efficacité de ces outils pour l'engagement des élèves en difficulté. Certains élèves rencontrent des obstacles à s'appropriier ces logiciels, ce qui peut nuire à leur apprentissage, et l'injonction à utiliser le numérique ne garantit pas une facilité dans l'assimilation des concepts mathématiques.

Abdoulaye Faye, dans un son article « Geogebra : aide ou obstacle ? », se penche sur l'intégration des outils numériques dans l'enseignement ? des mathématiques, en particulier l'utilisation du Geogebra pour enseigner les transformations géométriques à une élève de 4^{ème}, nommée Kenza, qui rencontre des difficultés d'apprentissage.

L'auteur souligne les défis potentiels auxquels des élèves, comme Kenza, pourraient être confrontés dans l'adoption et l'utilisation de tels logiciels, malgré leurs qualités intuitives et engageantes pour de nombreux élèves. Faye illustre une séquence observée en classe, où les élèves utilisent Geogebra pour créer des motifs et des designs basés sur les transformations géométriques. L'accent est mis sur l'impact de la technologie sur l'acquisition de concepts mathématiques et sur la question de savoir, si elle facilite vraiment l'apprentissage, en particulier pour les élèves en difficulté. Faye remet en question l'idée que les outils numériques conduisent nécessairement à de meilleures performances pour tous les élèves (Faye, n.d.)

2.6. L'Impact des TICE sur la Motivation et les Résultats des Élèves

Une étude auprès des étudiants inscrits en formation à la profession enseignante à l'UQAH (université du Québec à Hull) a été menée sur l'impact de l'usage des cours médiatisés sur la motivation des apprenants, elle a révélé une augmentation de la motivation chez les élèves en optimisant leur sens d'autodétermination, de compétence et d'affiliation, même si, au départ, elle a diminué chez certains apprenants par crainte d'une mauvaise manipulation de nouveaux outils en phase de découverte. Néanmoins, d'après Boshier et al (1997), il n'est pas nécessaire que tous les cours médiatisés suscitent l'intérêt des étudiants, spécifiquement les cours qui représentent uniquement des informations désignées à être transférées par les enseignants, ainsi, pour qu'ils soient bénéfiques, les cours devraient non seulement être animés avec des hyperliens et des effets décoratifs attractifs, mais aussi ils doivent être bien conçus et élaborés pour des objectifs pédagogiques (Karsenti, 1997)

L'utilisation du papier et du crayon pour passer d'un registre de représentation à un autre peut être chronophage, en particulier pour les étudiants les moins motivés, ce qui rend cette tâche

difficile. Cependant, il est souvent bénéfique de passer d'un registre à un autre pour résoudre efficacement des problèmes en mathématiques. Les logiciels de géométrie tels que Geogebra offrent la possibilité de passer rapidement et précisément entre différents types de registres, ce qui n'est pas possible avec seulement du papier et un crayon. De plus, la plupart des élèves montrent un intérêt spontané plus élevé pour les activités d'apprentissage impliquant une nouvelle technologie par rapport aux approches traditionnelles en classe, ce qui incite à une plus grande concentration et investissement en temps selon Perreault (2003)(Duguay, 2018)

2.6.1. Motivation en contexte scolaire

« Les caractéristiques individuelles d'un élève jouant un rôle important dans la réussite ou l'échec de son apprentissage se déclinent en 3 ordres : le cognitif (l'intelligence et les connaissances antérieures), le conatif (les styles d'apprentissage) et l'affectif (émotions, anxiété, motivation) et selon Houssaye (1995), Rolland Viau ne veut considérer qu'une partie du conatif et une partie de l'affectif tandis que Benjamin Bloom pensait que l'apprentissage dépendait pour moitié de ce que l'élève sait déjà, pour un quart de selon ce qu'il s'attend ou non à réussir, pour un dernier quart de la qualité d'enseignement et des méthodes mises en œuvre »(Houssaye, 1995)

Contrairement aux médias, aux jeux, aux loisirs, l'école n'est pas une source de motivation et un des rôles fondamentaux des professeurs est de motiver les élèves pour qu'ils ne décrochent pas (Houssaye, 1995)

D'après R. Viau, la motivation en contexte scolaire dépend de sept éléments : le contexte de travail, la valeur que l'élève peut attribuer à une activité selon ses attentes sociales, scolaires ou ses perspectives futures, la compétence dépendant de 4 facteurs (résultats antérieurs, observation des autres confrontés à la même tâche, persuasion d'autrui, réactions psychologiques

et émotives), la contrôlabilité (l'élève attribue sa réussite ou son échec à des causes internes comme l'intelligence , l'effort et la fatigue ou à des causes externes telles que les stratégies d'apprentissage, le type des tâches, la qualité de l'enseignant et la chance), le choix de l'activité, la persévérance, l'engagement cognitif et la performance(Houssaye, 1995)

Les perceptions de l'élève dans le processus d'apprentissage se décomposent en deux aspects principaux. D'une part, la perception de l'activité, qui repose sur l'évaluation de l'utilité de celle-ci pour atteindre ses objectifs scolaires ou sociaux. Il est avéré qu'impliquer l'élève dans un problème concret, pertinent pour lui, favorise l'apprentissage en lui donnant une motivation intrinsèque. D'autre part, la perception de compétence de l'étudiant, qui est influencée par ses expériences passées, son observation, la persuasion et ses réactions physiologiques et émotives. Par exemple, l'utilisation d'outils technologiques peut renforcer le sentiment de compétence des étudiants (Viau, 1994, 2009 ; Ben-Jacob, 2016 ; Vasquez-Martinez, 2002 ; Cabot et Lévesque, 2014)(Duguay, 2018)

La perception de contrôlabilité est définie comme le niveau de contrôle qu'un étudiant pense avoir sur le déroulement et les résultats d'une activité donnée. Les perceptions de l'étudiant sont influencées par plusieurs facteurs tels que les stratégies d'apprentissage, l'effort fourni, le programme scolaire, les perceptions de l'enseignant, les aptitudes intellectuelles, la maladie, le niveau de difficulté de l'activité et l'humeur de l'enseignant (Viau, 1994, 2009). Le choix est considéré comme un indicateur clé de motivation chez les étudiants selon Viau (1994). Les élèves motivés choisiront de s'engager dans une activité d'apprentissage, tandis que ceux qui manquent de motivation auront tendance à l'éviter, parfois en utilisant des stratégies d'évitement plutôt que des stratégies d'apprentissage. Enfin, la persévérance, définie comme la ténacité plutôt que l'entêtement, peut être mesurée par le temps que l'étudiant consacre à des activités telles que

la prise de notes, la réalisation d'exercices, la compréhension des erreurs, l'étude de manuels, etc..., dans le cadre de son cours de mathématiques, en accord avec le modèle de Viau (1994, 2009)(Duguay, 2018)

L'engagement cognitif chez les élèves se manifeste par l'utilisation de stratégies d'apprentissage et d'autorégulation durant les activités d'apprentissage. Ces stratégies incluent la mémorisation, l'organisation, l'élaboration des concepts ainsi que les métastratégies cognitives, de gestion et motivationnelles (Viau, 1994, 2009). Les mathématiques requièrent l'utilisation de telles stratégies telles que l'organisation, les inférences entre concepts, un environnement propice à la concentration et la résolution progressive de problèmes. L'engagement, qui englobe des composantes cognitive, affective et comportementale, influence positivement les compétences cognitives et comportementales des apprenants (Cabot et Lévesque, 2014 ; Fredricks, Blumenfeld et Paris, 2004). Les étudiants démontrent un engagement comportemental en accomplissement des exercices assignés (Cabot, 2018)(Duguay, 2018)

L'engagement général des apprenants est un indicateur clé de leur motivation, distinct de l'engagement cognitif défini par Viau (1994, 2009) Tardif (1992). Parent (2018) souligne que la motivation incite à agir, tandis que l'engagement se traduit par des actions concrètes, les apprenants engagés se distinguent par leur persistance et leurs efforts pour réussir (Parent, 2018 ; Zozanitis, Leduc, Lepage, 2018). Selon Perreault, l'utilisation du numérique pendant l'apprentissage des mathématiques peut affecter l'engagement des étudiants dans la réalisation des activités d'apprentissage (Perrault, 2016)

Selon l'approche cognitive des apprentissages de Lieury et Fenouillet, la motivation d'un apprenant se mesure par deux dimensions : la perception de la valeur de la tâche, influencée par l'opinion d'autrui et les notes obtenues, et la perception de sa propre capacité à réaliser

l'apprentissage, liée aux croyances de l'apprenant sur lui-même. Une connaissance insuffisante des tâches rend difficile l'accomplissement de ces tâches et empêche l'apprentissage. Les psychologues en éducation affirment que plus les tâches sont faciles et peu coûteuses en termes de ressources cognitives, plus l'apprentissage est favorable (Porcher, n.d.)

2.6.2. *Motivation intrinsèque*

« La motivation intrinsèque est définie comme le fait de pratiquer une activité pour elle-même, par pur plaisir de l'activité, en l'absence de récompenses ou contraintes externes » (Vallerand & Halliwell, 1983)

D'après Deci (1971), le fait d'exercer une activité dans le but de recevoir une récompense abaisse la motivation intrinsèque (Vallerand & Halliwell, 1983), mais les études faites par Vasta et Stirpe (1979) sur l'effet de l'attribution d'une récompense suite à un comportement désiré montrent que l'apport de plusieurs récompenses contingentes au travail accompli n'abaisse pas la motivation intrinsèque (Vallerand & Halliwell, 1983)

L'hypothèse de gratification émanée du fait d'anticiper une récompense peut créer de la frustration chez les enfants et les empêche de réussir l'activité proposée (Ross et al (1976), Perry et al (1977)).

Deci et Ryan (1980) considèrent que la théorie de l'évaluation cognitive est la plus complète qui met en lumière la variation de la motivation intrinsèque en accord avec les renforcements sociaux (Vallerand & Halliwell, 1983)

2.7. Conclusion

L'utilisation du Geogebra dans l'enseignement de la géométrie présente de nombreux avantages pour l'apprentissage des concepts mathématiques. Ce logiciel offre des représentations dynamiques et interactives qui permettent aux élèves d'explorer visuellement les figures géométriques facilitant ainsi la compréhension des propriétés et du raisonnement spatial. Geogebra encourage également l'apprentissage par la découverte, rendant les élèves acteurs de leur apprentissage grâce à l'expérimentation en temps réel.

De plus, ce logiciel permet une pédagogie différenciée, adaptable aux différents niveaux des élèves, rendant les activités plus engageantes et motivantes. En simplifiant la visualisation des concepts abstraits, il aide à surmonter les obstacles cognitifs liés à la géométrie, améliorant ainsi la compréhension et la rétention des connaissances. Des recherches en éducation mathématique ont validé l'efficacité du Geogebra le qualifiant d'environnement riche pour l'exploration géométrique, favorisant une articulation entre représentations graphiques et numériques (Damboise, C., 2020).

À partir de la revue des écrits, il ressort que l'intégration pédagogique de Geogebra dans l'enseignement de la géométrie en classe de 5ème présente des apports positifs sur la compréhension et la motivation des élèves. Les études montrent que Geogebra favorise une approche pédagogique active et différenciée, permettant aux élèves de développer leurs compétences en résolution de problèmes et en raisonnement spatial (M. Hohenwarter et al., 2008).

Bien que certaines recherches soulignent des défis liés à l'intégration technologique, il est probable que Geogebra puisse renforcer la motivation scolaire à condition que les élèves se sentent autodéterminés et compétents dans leur apprentissage (Deci & Ryan, 2000). Dans ce

contexte, notre recherche vise à explorer l'influence de Geogebra sur l'apprentissage de la géométrie en classe de 5ème, en mettant l'accent sur les dimensions conceptuelles de la motivation et de l'autonomie des élèves.

CHAPITRE 3

CADRE MÉTHODOLOGIQUE DE LA RECHERCHE

La géométrie en classe de 5ème pose souvent plusieurs défis aux élèves, influençant leur compréhension et leur performance. Tout d'abord, la construction des figures géométriques représente un obstacle majeur. Les élèves ont souvent des problèmes à utiliser correctement les outils géométriques tels que la règle, le compas et l'équerre, ce qui entraîne des erreurs dans la précision des figures (Chevallard & Johsua, 1985). Ensuite, la mémorisation des propriétés géométriques, comme celles des angles ou des triangles, est une autre source de difficultés. Les élèves peinent à retenir ces propriétés et à les appliquer de manière adéquate (Kuzniak, 2011). Le lien entre les connaissances antérieures et les nouvelles informations est également complexe à établir. Les élèves ont besoin de comprendre comment les concepts appris dans les classes précédentes s'intègrent dans les nouvelles leçons pour développer une compréhension cohérente (Duval, 1995). De plus, le raisonnement dans la résolution des problèmes est un domaine crucial où les élèves éprouvent des difficultés. Ils ont du mal à justifier leurs réponses ou à suivre un raisonnement logique pour arriver à une solution (Villiers, 2012). Enfin, l'application des méthodes de justification représente un défi de taille. Les élèves doivent apprendre à argumenter de manière rigoureuse et à utiliser des preuves pour valider leurs réponses, ce qui est essentiel pour le développement de leur esprit critique (Coutat et al., 2016). Ces défis illustrent l'importance d'une pédagogie adaptée et de l'utilisation d'outils tels que Geogebra pour faciliter l'apprentissage de la géométrie. (52876232.Pdf, n.d.)

Dans le cadre de ce mémoire, nous explorons les impacts de l'intégration de Geogebra dans l'apprentissage des mathématiques, plus spécifiquement en géométrie, auprès des élèves de

5ème. L'essor des technologies numériques dans l'éducation a transformé les pratiques pédagogiques, offrant aux enseignants des outils interactifs pour enrichir les apprentissages. Geogebra, en tant que logiciel dynamique combinant géométrie, algèbre et calcul, se distingue par sa capacité à rendre les concepts abstraits plus accessibles à travers des manipulations visuelles et interactives. L'intégration de Geogebra dans l'enseignement des mathématiques offre aux enseignants la possibilité de démontrer visuellement les concepts en temps réel, grâce à la construction de figures géométriques interactives et à la manipulation d'objets mathématiques tels que des points, des vecteurs et des segments(Wassie & Zergaw, 2018).

Cette approche contribue à la compréhension et à la correction des erreurs, favorisant l'auto-évaluation et le développement des compétences en résolution de problèmes. De plus, Geogebra allège certaines compétences en automatisant les processus de calcul fastidieux, permettant aux élèves de se concentrer sur l'explication des concepts et des méthodes.

Dans cette recherche, nous cherchons à comprendre comment cet outil peut influencer différents aspects de l'apprentissage. L'objectif de cette recherche est d'évaluer l'efficacité de Geogebra comme outil d'enseignement dans l'amélioration de la compréhension des concepts mathématiques chez les élèves, d'examiner comment l'utilisation de Geogebra influence l'engagement des élèves dans l'apprentissage des mathématiques et d'investiguer les éventuels obstacles à l'intégration réussie de GeoGebra dans l'enseignement des mathématiques et proposer des solutions pour les surmonter.

De plus, cette recherche explorera comment Geogebra influence la motivation des élèves à apprendre les mathématiques, en mesurant l'impact de l'aspect interactif et visuel du logiciel sur leur engagement(Casey & Jones, 2011)

Un autre axe de cette étude sera d'analyser si l'utilisation de Geogebra favorise la capacité des élèves à résoudre des situations problèmes, à les modéliser, à les schématiser et à chercher des solutions tout en utilisant la compétence de raisonnement, en évaluant si l'environnement offert par Geogebra améliore leurs compétences en résolution de problèmes et leur raisonnement logique(Drijvers, 2015).

Enfin, le mémoire comparera les compétences des élèves du groupe expérimental (utilisant Geogebra) avec celles des élèves du groupe témoin (suivant un enseignement traditionnel) afin de déterminer si l'utilisation de Geogebra a un impact significatif sur l'apprentissage des élèves(Clark-Wilson et al., 2021).

Plusieurs études ont examiné l'impact de Geogebra sur l'apprentissage des mathématiques. Une recherche quasi expérimentale menée auprès de 419 élèves du secondaire au Niger a révélé que l'utilisation de Geogebra dans un environnement dynamique contribue significativement à l'apprentissage des fonctions numériques(Nouhou & Jaillet, 2023).

Une autre étude s'intéresse à l'intégration pédagogique et didactique des logiciels de géométrie dynamique dans l'apprentissage des fonctions numériques au lycée, et a révélé que les élèves qui utilisent Geogebra dans un environnement d'apprentissage structuré progressent significativement(Nouhou & Jaillet, 2023b).

Geogebra aide les élèves à comprendre le rôle des propriétés géométriques dans la définition d'un objet(*Saloum TOURE*, n.d.)

3.1. Type de Recherche :

La présente recherche adopte une approche expérimentale pour examiner l'impact de l'utilisation de Geogebra sur l'apprentissage de la géométrie chez les élèves de 5ème. Cette

approche consiste à comparer deux groupes d'élèves : un groupe expérimental, où Geogebra est intégré comme un outil d'enseignement dynamique pour faciliter l'apprentissage, et un groupe témoin qui poursuit les mêmes objectifs d'apprentissage mais en utilisant des méthodes traditionnelles d'enseignement telles que le tableau et les supports papier.

La recherche mixte, ou approche par méthodes mixtes, est une méthodologie qui combine la collecte et l'analyse de données quantitatives (par exemple, des questionnaires) et qualitatives (par exemple, des entretiens ouverts) au sein d'une même étude, dans le but d'intégrer les résultats et de tirer des conclusions fondées sur les forces combinées de ces deux types de données. Selon Creswell et Plano Clark (2011), il s'agit d'« une approche de recherche dans les sciences sociales, du comportement ou de la santé, dans laquelle le chercheur recueille des données à la fois quantitatives et qualitatives, intègre les deux, et formule des interprétations basées sur les forces combinées des deux types de données, pour comprendre des problèmes de recherche »(Clark, 2017) .Cette approche, qualifiée de « troisième voie » ou de paradigme pragmatique, permet d'utiliser « ce qui fonctionne » pour répondre de la manière la plus adéquate à la question de recherche

L'approche expérimentale vise à tester la validité d'une hypothèse en manipulant une ou plusieurs variables et en contrôlant les conditions pour observer les effets sur une variable dépendante. Cette méthode implique généralement la constitution de groupes (groupe expérimental et groupe témoin), la randomisation des participants, et l'application d'un protocole précis pour garantir la validité des résultats. Le protocole expérimental décrit de façon détaillée les conditions, le déroulement, les consignes et les moyens mis en œuvre pour collecter les données, permettant ainsi la reproductibilité de l'expérience et le contrôle des biais. L'objectif principal est d'établir une relation causale entre les variables étudiées et vérifier si l'intervention

(par exemple, l'utilisation de Geogebra en classe) a un effet significatif sur les résultats des élèves.

Le recours à une approche mixte se justifie par la complémentarité des données qualitatives et quantitatives. Les données quantitatives permettent de mesurer objectivement les effets d'une intervention (par exemple, l'amélioration des résultats en géométrie), tandis que les données qualitatives offrent une compréhension plus fine des processus, des perceptions et des expériences vécues par les participants.

L'intégration de ces deux types de données renforce la validité des résultats par triangulation, permet d'explorer des perspectives variées et d'obtenir une compréhension globale et nuancée du phénomène étudié. Cette complémentarité est particulièrement pertinente dans le domaine de l'éducation, où il est crucial de comprendre non seulement les effets mesurables d'une innovation pédagogique, mais aussi les mécanismes, les freins et les leviers perçus par les enseignants et les élèves. (Cousi, 2020)

L'objectif de cette recherche est de déterminer dans quelle mesure l'utilisation du Geogebra peut améliorer la compréhension et la performance des élèves en géométrie, par rapport à une approche conventionnelle. L'approche expérimentale permet de mettre en évidence la relation de cause à effet entre l'utilisation de l'outil numérique et les résultats obtenus. En établissant un cadre de comparaison rigoureux, cette méthode garantit que les différences observées entre les deux groupes peuvent être attribuées directement à l'intégration de Geogebra dans le processus d'enseignement.

L'approche comparative, comme le souligne N. Samuel, se caractérise par un raisonnement systématique qui est essentiel dans la recherche comparative internationale contemporaine. Cette méthode est utilisée pour valider des hypothèses et théories sociales,

élaborer des prévisions, analyser des configurations sociohistoriques distinctes, et créer des classifications. En sciences humaines, la comparaison, particulièrement, à l'échelle internationale, est reconnue comme une des méthodes les plus robustes.

Dans le domaine de l'éducation, cette approche a été particulièrement prolifique pendant près de deux siècles, servant d'outil privilégié pour des études comparatives. Ce numéro met en avant cette richesse, invitant des chercheurs qui ont mené des travaux de terrain en éducation comparée à partager leurs enseignements méthodologiques et théoriques (Bevort & Prigent, 1994).

Cette section présente le choix d'une méthodologie mixte qui vise à explorer l'impact de Geogebra sur l'apprentissage de la géométrie en mathématiques pour les élèves de cinquième. En intégrant des méthodes quantitatives et qualitatives, nous cherchons à établir une compréhension approfondie des effets de cet outil technologique sur la motivation et les performances dans un contexte d'enseignement innovant. Cette recherche explore les impacts de l'utilisation de Geogebra dans l'enseignement des mathématiques, spécialement dans l'acquisition des propriétés géométriques par les élèves.

L'étude est réalisée dans deux classes de 5ème, l'une servant de groupe expérimental et l'autre de groupe témoin. Le groupe expérimental utilise Geogebra comme outil pédagogique principal pour l'enseignement de la géométrie, tandis que le groupe témoin ne bénéficie d'aucun logiciel pour cet enseignement se basant uniquement sur les méthodes d'enseignement traditionnelles.

3.2. Population et Échantillon

L'étude porte sur deux classes de 5eme (EB7) d'un même établissement, choisies pour analyser et comparer les différentes pratiques d'enseignement et les approches pédagogiques adoptées dans chacune d'elles. L'établissement dans lequel s'est déroulée l'expérience est situé au nord du Liban. Cette école accueillant des élèves issus de milieux variés, offre un environnement propice à l'expérimentation pédagogique et à l'intégration des technologies éducatives. L'objectif principal est d'étudier la répercussion de l'usage du Geogebra sur le niveau d'acquisition des notions géométriques et la motivation des élèves vis-à-vis de l'apprentissage des maths.

Les deux classes sont similaires en termes de caractéristiques contextuelles : Chaque classe comporte 28 élèves, permettant des comparaisons équitables entre les groupes. Une analyse préalable des résultats académiques des élèves en mathématiques, basée sur des évaluations précédentes, a montré que les deux classes présentent des compétences mathématiques comparables avant le début de l'expérimentation.

Dans cette démarche comparative, l'une des classes, appelée classe expérimentale, bénéficiera de l'utilisation de Geogebra comme outil pédagogique principal pour l'apprentissage de la géométrie. La seconde classe, désignée comme classe témoin, suivra les mêmes contenus géométriques, mais selon les méthodes d'enseignement traditionnelles, sans recours aux outils numériques.

L'observation portera sur les pratiques d'enseignement, l'engagement des élèves, le niveau d'acquisition des notions géométriques et la motivation des élèves. Les pratiques pédagogiques des enseignants seront étudiées en termes de méthode utilisée, d'interactions avec les élèves et d'intégration des outils numériques pour la classe expérimentale.

L'implication des élèves sera mesurée à travers leur participation active aux activités, leur concentration et leur enthousiasme. Les connaissances en géométrie seront évaluées par une comparaison entre les résultats des pré-tests administrés avant l'expérimentation et ceux des post-tests à la fin du chapitre. La motivation des élèves sera également mesurée à travers des indicateurs comportementaux et des retours obtenus par le biais de questionnaires et d'entretiens semi-dirigés.

Les séances d'observation seront organisées de manière structurée. Chaque séance débutera par une introduction des objectifs et des outils, suivie de la mise en œuvre des activités pédagogiques spécifiques à chaque groupe. L'observation se terminera par une synthèse permettant de recueillir les impressions des élèves et d'évaluer leur compréhension des notions enseignées.

Les données collectées seront analysées qualitativement et quantitativement. Une analyse qualitative portera sur les observations en classe, les interactions entre enseignants et élèves, ainsi que les entretiens réalisés. L'analyse quantitative se basera sur les résultats des pré-tests et post-tests, ainsi que sur les réponses aux questionnaires de motivation.

Enfin, certaines limites sont à prendre en considération. Les pratiques des enseignants peuvent varier en fonction de leur style personnel, influençant ainsi les résultats. L'introduction de Geogebra nécessite une période d'adaptation pour les élèves, ce qui pourrait avoir un impact sur leurs performances initiales. Par ailleurs, des facteurs externes, tels que les contextes familiaux ou les évaluations scolaires parallèles, pourraient également affecter la motivation des élèves.

3.3. Techniques de Recherche

L'objectif principal de la recherche est de comparer les performances académiques des élèves des deux groupes avant et après l'intervention afin d'évaluer l'efficacité de l'utilisation de Geogebra dans l'enseignement des mathématiques.

Les recherches antérieures montrent que l'utilisation de Geogebra peut enrichir les pratiques pédagogiques et soutenir les apprentissages en mathématiques (M. Hohenwarter & Jones, 2007)

Une étude visant à évaluer l'efficacité de Geogebra dans l'enseignement de la géométrie par des futurs enseignants de mathématiques en Ouganda, son objectif principal est de développer leurs connaissances et aptitudes à utiliser ce logiciel tout en examinant son impact sur la réussite des élèves en géométrie. Quatre-vingt-quatorze enseignants ont suivi un atelier de formation, 406 élèves ont participé à une expérimentation. Les résultats indiquent une amélioration notable des compétences technologiques des enseignants et une performance supérieure des élèves utilisant Geogebra par rapport à ceux du groupe de contrôle. Les auteurs recommandent donc l'adoption continue de Geogebra dans les écoles ougandaises en tenant compte des défis d'utilisation (Batiibwe, 2024)

L'évaluation des performances se fait par le biais des pré-tests et post-tests administrés aux deux groupes. Les tests sont conçus pour évaluer la compréhension des concepts géométriques enseignés durant l'intervention. Les scores obtenus seront comparés pour mesurer l'évolution des performances des élèves (Cohen et al., 2002)

Pré-test : Les deux groupes ont passé un test initial identique pour évaluer leurs connaissances préalables en géométrie. Ce test a été conçu pour mesurer la compréhension des élèves des

concepts fondamentaux tels que les angles adjacents, les triangles particuliers, et d'autres notions de base du programme de 5ème. L'élaboration de test a été soigneusement réalisée avec une cohérence des questions et des réponses attendues, afin d'assurer une évaluation fiable et pertinente des compétences des élèves(Nouhou & Jaillet, 2023a). Ce pré-test comprenait des questions à choix multiples sur les angles, les triangles particuliers et d'autres notions de base du programme de 5ème.

L'importance d'un test préliminaire dans le cadre de l'étude sur l'impact de Geogebra sur l'apprentissage de la géométrie est cruciale. En effet, il permet non seulement de mesurer le niveau initial des élèves, mais aussi de garantir que les différences observées lors des tests postérieurs peuvent être attribuées à l'intervention pédagogique plutôt qu'à des disparités préexistantes dans les connaissances. De plus, ce type d'évaluation initiale est une pratique courante dans la recherche éducative, car elle fournit une base solide pour comparer les progrès réalisés par chaque élève au cours de l'expérience(Rozenblum, n.d.)

En utilisant un test standardisé, les résultats seront analysés par des méthodes statistiques appropriées pour déterminer l'efficacité de l'outil Geogebra. Ainsi, ce processus d'évaluation initiale est essentiel pour établir une ligne de base qui facilitera une analyse rigoureuse des effets du logiciel sur l'apprentissage des concepts géométriques chez les élèves(Nouhou, n.d.)

Intervention pédagogique :

L'intervention se déroule sur une période de 8 semaines, durant laquelle les élèves de la classe expérimentale utilisent Geogebra dans leurs cours de géométrie pour explorer les différents thèmes tels que les angles, les triangles particuliers, les droites remarquables et les solides. Cette durée permet d'assurer une immersion suffisante dans l'utilisation du logiciel tout

en permettant aux élèves de se familiariser avec ses fonctionnalités. Chaque séance est conçue pour une durée de 50 minutes, incluant des activités interactives qui permettent aux élèves de manipuler des figures géométriques dynamiquement. En revanche, la classe témoin suit un programme similaire sans l'utilisation des logiciels, basé sur les méthodes d'enseignement classiques avec un tableau et du papier.

Le curriculum libanais vise à atteindre plusieurs objectifs généraux par le biais d'une acquisition appropriée des connaissances mathématiques. Parmi ces objectifs figurant à la formation et à l'évaluation d'arguments, le développement de la pensée critique, ainsi que l'apprentissage du raisonnement mathématique. Pour ce faire, il est essentiel d'offrir aux élèves des occasions d'observer, analyser, abstraire, remettre en question, anticiper, formuler des conjectures, généraliser, synthétiser, interpréter et démontrer(*CRDP Lebanon*, n.d.)

La résolution de problèmes constitue sans doute l'une des activités les plus importantes dans l'enseignement des mathématiques. En effet, toute nouvelle connaissance mathématique devrait être construite à partir de situations -problèmes. De plus, les élèves doivent apprendre à appliquer de diverses stratégies pour surmonter les obstacles et parvenir à résoudre un problème. Cela implique qu'ils soient capables d'organiser, classer, quantifier, identifier des modèles mathématiques, utiliser des techniques de simulation, élaborer et appliquer des algorithmes, prendre des décisions, vérifier leurs résultats, appliquer des mesures, recourir à des techniques heuristiques et traiter des informations(*CRDP Lebanon*)

Le curriculum stipule également que les élèves doivent être en mesure de construire des figures géométriques à partir de données fournies, représenter des solides géométriques, démontrer et appliquer les propriétés des figures planes, ainsi que de réaliser des transformations affines sur ces figures(*CRDP Lebanon*)

Les thèmes abordés seront les angles adjacents complémentaires et supplémentaires, les triangles particuliers avec les droites remarquables, et les solides. Pour les angles, les élèves apprendront à mesurer, tracer et manipuler différents types d'angles (angles aigus, obtus, droits) et les activités incluront la construction des angles adjacents complémentaires et supplémentaires d'une part, et le calcul des angles d'autre part.

En ce qui concerne les triangles particuliers, les élèves exploreront les propriétés des triangles isocèles, équilatéraux et rectangles (Richard et al., 2009). Geogebra permettra aux élèves de visualiser les relations entre les angles et les côtés, facilitant une compréhension plus intuitive des propriétés telles que la somme des angles d'un triangle vaut 180° (Dogan & Içel, 2011)

L'étude des solides géométriques sera également incluse, où les élèves utiliseront Geogebra pour créer et manipuler des figures en 3D, comme les cubes, les pavés et les pyramides. Cela leur permettra d'explorer des concepts tels que le volume et la surface à travers des constructions dynamiques (Blossier & Richard, 2014)

Chaque séance inclut des activités interactives qui permettent aux élèves de manipuler des figures dynamiquement. Les applications ne portent pas uniquement sur le travail individuel, mais aussi sur le travail de groupe où la collaboration entre les pairs est importante dans un cadre constructiviste (Vygotsky, 1978)

Post-test : Un test final a été administré aux deux groupes pour mesurer les apprentissages acquis. Ce test incluait des exercices similaires à ceux du pré-test, permettant une comparaison directe des résultats.

Les données recueillies à travers les pré-tests et post-tests seront analysées quantitativement. Une analyse statistique, incluant des tests de Student pour comparer les moyennes des deux groupes, sera réalisée pour déterminer la significativité des différences observées. Cette méthode permettra de vérifier l'hypothèse selon laquelle l'utilisation de Geogebra améliore significativement la compréhension des concepts géométriques.

Cette étude s'appuie sur les théories de l'apprentissage constructiviste, qui postulent que l'apprentissage est optimisé lorsque les élèves sont actifs dans leur processus d'apprentissage. Geogebra, en tant qu'outil interactif, permet aux élèves d'explorer et de construire des concepts mathématiques par eux-mêmes, facilitant ainsi une compréhension plus profonde et durable (Kuzniak, 2024).

3.4. Instruments de Recherche

Les outils utilisés pour collecter les données incluent des tests écrits, des observations en classe selon des grilles critériées pour noter l'engagement et l'interaction des élèves pendant les séances, et des questionnaires pour recueillir des informations sur les perceptions des élèves et des enseignants concernant l'utilisation de Geogebra à la fin de l'expérience. Les tests écrits sont conçus pour évaluer les connaissances et compétences des élèves en géométrie avant et après l'intervention avec Geogebra. Ils comprennent des questions variées (QCM, problèmes ouverts, exercices de construction) pour tester les différentes facettes de la compréhension géométrique.

3.4.1. Observation en classe

L'observation en classe est essentielle pour évaluer l'engagement des élèves et leur interaction selon des grilles critériées. Ces grilles sont élaborées à partir de recherches antérieures sur les indicateurs d'engagement et de collaboration en classe. Elles peuvent inclure

des critères tels que la participation aux discussions, l'initiative dans l'utilisation de Geogebra, la collaboration entre les pairs et l'autonomie dans la résolution des tâches. En utilisant des grilles critériées, les chercheurs peuvent systématiquement enregistrer les comportements observables qui indiquent l'engagement(Perrenoud, 2011)

3.4.2. *Grilles d'observation*

Les grilles d'observation sont élaborées à partir de recherches antérieures sur les indicateurs d'engagement et de collaboration en classe. Elles permettent de mesurer plusieurs dimensions de l'engagement scolaire, notamment l'engagement cognitif, l'engagement comportemental et l'engagement affectif. L'engagement cognitif inclut la capacité des élèves à s'investir mentalement dans les tâches, à réfléchir de manière critique et à faire des connexions entre les concepts(Fredricks et al., 2004).

L'engagement comportemental évalue la participation active des élèves aux activités de classe, comme la prise de parole lors des discussions ou l'initiative dans l'utilisation d'outils comme Geogebra(Reschly & Christenson, 2022)

L'engagement affectif concerne les émotions des élèves vis-à-vis de l'apprentissage, telles que leur motivation et leur intérêt pour le contenu enseigné(Skinner & Belmont, 1993)

Ces critères sont inspirés par les travaux antérieurs sur l'engagement scolaire et ont été testés dans divers contextes éducatifs(Redouani, 2022). L'utilisation d'une grille standardisée permet également de garantir la fiabilité et la validité des observations effectuées.

3.4.2.1. Élaboration des grilles d'observation

Les grilles d'observation doivent être conçues pour capturer les dimensions d'engagement. La grille inclut des critères tels que la participation aux discussions et la qualité des interventions lors des échanges en classe. Cette grille intègre l'initiative dans l'utilisation de Geogebra et la capacité à l'explorer de manière autonome ou en groupe, elle induit la collaboration entre les pairs et l'interaction avec les camarades lors de la réalisation des tâches ainsi que leur autonomie dans la résolution des problèmes mathématiques.

3.4.3 Avantages de l'observation

L'observation directe présente plusieurs avantages, elle permet d'évaluer le comportement des élèves dans le contexte réel de la classe, ce qui peut révéler des dynamiques que les questionnaires ou entretiens pourraient manquer (Doyle, 1986). Elles permettent de capturer des comportements spontanés sans influencer directement les élèves, ce qui est crucial pour comprendre leur engagement réel (Chrétien, 2008). Les grilles peuvent être ajustées en fonction du contexte spécifique ou du groupe observé, permettant une flexibilité dans la collecte de données.

Bien que l'observation soit un outil puissant, elle peut être complétée par d'autres méthodes telles que les entretiens semi-dirigés pour approfondir certains aspects du vécu des élèves concernant leur engagement, et les journaux de bord permettant aux enseignants de noter leurs réflexions sur l'engagement observé au fil du temps (Chrétien, 2008).

3.4.4. *Critères d'observation pour les séances de Geogebra*

3.4.4.1. Engagement des élèves

À travers l'observation, ce critère permet d'évaluer si les élèves interagissent avec le logiciel et participent aux activités proposées. La capacité à manipuler les outils de Geogebra est essentielle pour favoriser l'engagement. Et la collaboration entre élèves lors de la résolution de problèmes peut enrichir leur compréhension collective des concepts mathématiques.

3.4.4.2. Compréhension conceptuelle

Un autre critère important est la capacité des élèves à formuler des conjectures basées sur leurs observations dans Geogebra. Cela peut indiquer une compréhension approfondie des concepts géométriques. Les enseignants peuvent noter si les élèves sont capables de relier leurs hypothèses aux manipulations effectuées dans le logiciel.

3.4.4.3. Résolution de problèmes

L'évaluation de la capacité des élèves à appliquer les concepts mathématiques pour résoudre des problèmes en utilisant Geogebra est essentielle. Cela démontre non seulement leur compréhension théorique, mais aussi leur aptitude à utiliser des concepts dans des contextes pratiques. Les enseignants peuvent observer comment les élèves abordent les problèmes, les stratégies qu'ils emploient et leur capacité à justifier leurs solutions.

Pour évaluer ces critères, plusieurs stratégies peuvent être mises en œuvre :

- Observation directe : utiliser une grille d'observation pour noter les comportements spécifiques liés à l'engagement, la collaboration et la compréhension conceptuelle.

- Feedback formatif : fournir un retour constructif sur les travaux réalisés par les élèves, en mettant l'accent sur leurs réussites et les domaines à améliorer.
- Évaluations pratiques : proposer des exercices où les élèves doivent démontrer leurs capacités à utiliser Geogebra pour résoudre des problèmes, suivis d'une discussion en classe sur les méthodes et résultats.

Ces critères d'observation permettent non seulement d'évaluer l'engagement et la compréhension des élèves, mais aussi d'ajuster l'enseignement pour répondre aux besoins spécifiques de chaque groupe.

Les données collectées seront quantifiées en utilisant des échelles (par exemple, de 1 à 5) pour chaque critère.

Les questionnaires permettent de recueillir les perceptions des élèves et des enseignants sur l'utilisation de Geogebra. Leur élaboration se base sur des recherches précédentes sur l'acceptation des technologies éducatives (modèles comme le TAM, Technologie Acceptance Model).

Pour élaborer des questionnaires, l'un des objectifs principaux est de définir clairement les objectifs du questionnaire (comprendre l'appréciation de l'outil, identifier les difficultés rencontrées), d'inclure des questions fermées (échelles de Likert pour mesurer l'accord/désaccord) et ouvertes (pour des retours plus qualitatifs). Pour le pilotage, tester les questionnaires auprès des petites groupes est nécessaire avant l'administration complète pour assurer la clarté et la pertinence des questions (Davis, 1989)

3.5. Méthode d'Analyse des Résultats

Une observation systématique a été réalisée dans les deux classes, en s'appuyant sur une grille critériée définie préalablement. Cette grille est structurée pour capturer des données spécifiques sur l'utilisation de Geogebra en classe. Leur élaboration permet d'identifier des indicateurs clés permettant d'évaluer l'engagement des élèves, leur niveau d'interaction avec les contenus d'apprentissage, et leur aptitude à appliquer les notions enseignées. Elle implique des experts ou des collègues pour valider les critères et s'assurer qu'ils sont adaptés aux objectifs de la recherche. La formation des observateurs qui utilisent la grille joue un rôle important pour garantir la fiabilité des observations.

Les observations ont été complétées par un questionnaire destiné aux enseignants qui ont utilisé Geogebra.

Le questionnaire avait pour but de recueillir leurs perceptions sur l'utilisation de Geogebra, leur niveau de maîtrise de cet outil et son utilité dans le processus enseignement-apprentissage. Les questions portaient notamment sur les facilités offertes par Geogebra, les difficultés rencontrées, et l'impact ressenti sur la compréhension des élèves. Les résultats de ce questionnaire ont été analysés de façon qualitative pour mettre en évidence des tendances communes ou des divergences.

Les résultats des pré-tests et post-tests ont été comparés à l'aide d'outils statistiques (Excel) pour mesurer les écarts de performance entre les deux groupes.

Les observations et les réponses au questionnaire ont été examinées pour identifier des tendances et des éléments qualitatifs complémentaires.

3.6. Précautions Éthiques et Déontologiques

3.6.1. Confidentialité des données

Pour protéger la vie privée des participants, toutes les données collectées (résultats des tests, réponses aux questionnaires, etc.) seront anonymisées. Les noms des élèves, enseignants et établissements ne seront pas mentionnés dans le mémoire. Chaque participant se verra attribuer un code ou un pseudonyme pour assurer son anonymat.

Les données seront stockées sur un support sécurisé (par exemple un disque dur protégé par un mot de passe) et ne seront utilisées qu'aux fins de cette recherche.

3.6.2. Consentement éclairé

Les élèves, ainsi que leurs parents ou tuteurs légaux, recevront une lettre d'information détaillant l'objectif de l'étude, la méthode utilisée et l'utilisation des données recueillies. Leur participation sera volontaire, ils auront la possibilité de se retirer à tout moment sans justification ni conséquences. Les enseignants impliqués dans l'expérimentation seront également informés et devront donner leur consentement éclairé.

3.6.3. Liberté de participation

Les élèves auront la liberté de ne pas répondre à certaines questions des enquêtes ou de ne pas participer à certains aspects de l'étude, notamment les activités impliquant Geogebra.

Aucune pression ou obligation ne sera exercée sur eux pour participer.

3.6.4. *Équité entre les groupes*

Bien que l'étude implique un groupe témoin et un groupe expérimental, tous les élèves bénéficieront d'un enseignement de qualité, conforme au programme officiel. Après l'expérimentation, les élèves du groupe témoin auront accès à des ressources ou activités similaires à celles du groupe expérimental pour ne pas les désavantager.

3.6.5. *Déontologie professionnelle*

En tant que chercheuse, je m'engage à respecter les aspects déontologiques, notamment la neutralité, la transparence et l'objectivité dans l'analyse et l'interprétation des résultats. Aucun participant ne sera stigmatisé ou jugé en fonction de ses résultats ou réponses.

3.6.6. *Validité par les autorités compétentes*

Le projet d'expérimentation a été soumis à la direction de l'établissement scolaire et validé par celle-ci. La directrice a approuvé l'organisation des tests et des activités impliquant Geogebra.

3.7. **Conclusion**

La méthodologie adoptée dans cette étude s'inscrit dans une approche mixte, combinant des méthodes quantitatives et qualitatives, afin de saisir à la fois l'efficacité mesurable de Geogebra sur l'apprentissage de la géométrie en classe de 5ème et les processus d'appropriation par les élèves et enseignants. Ce choix méthodologique est justifié par la complexité du phénomène étudié, qui ne peut être pleinement compris ni par une seule mesure statistique ni par une simple exploration qualitative. Comme le souligne Creswell (2014), l'approche mixte permet

de bénéficier des forces complémentaires des deux paradigmes, offrant ainsi une compréhension plus riche et plus nuancée des effets d'une innovation pédagogique.

L'échantillon retenu, composé d'élèves répartis en groupes expérimental et témoin, garantit la représentativité et la validité interne de l'étude. La mise en place d'un protocole expérimental rigoureux, avec des pré-tests et post-tests, permet d'isoler l'impact spécifique de l'utilisation de Geogebra sur les performances en géométrie. Parallèlement, les techniques qualitatives, telles que les entretiens semi-directifs avec les enseignants et l'observation systématique en classe, complètent cette démarche en apportant des éclairages sur les conditions d'utilisation, les obstacles rencontrés et les perceptions des acteurs impliqués.

Les instruments de collecte ont été choisis pour leur pertinence et leur fiabilité. Les questionnaires standardisés mesurent objectivement les progrès cognitifs et la motivation des élèves, tandis que l'analyse thématique des entretiens permet de révéler les dimensions subjectives et contextuelles de l'apprentissage. L'analyse statistique rigoureuse des données quantitatives, combinée à une interprétation qualitative approfondie, assure une triangulation des résultats, renforçant ainsi la validité et la crédibilité des conclusions.

Cette méthodologie expérimentale mixte, en articulant rigueur scientifique et compréhension fine des pratiques pédagogiques, répond pleinement aux exigences actuelles de la recherche en éducation. Elle offre un cadre robuste pour évaluer non seulement l'efficacité de Geogebra comme outil d'apprentissage, mais aussi pour identifier les leviers et les freins de son intégration en classe. En ce sens, elle constitue une base solide pour éclairer les pratiques enseignantes et orienter les futures recherches sur l'utilisation des technologies numériques en mathématiques.

En résumé, la démarche méthodologique adoptée dans ce mémoire illustre la pertinence d'une approche intégrée, qui allie mesure objective et analyse qualitative, afin de produire des résultats à la fois fiables, complets et contextualisés. Cette double perspective est essentielle pour appréhender la complexité des apprentissages en géométrie à l'ère du numérique, et pour proposer des recommandations pédagogiques adaptées aux réalités du terrain.

CHAPITRE 4

PRÉSENTATION, ANALYSE ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Dans ce contexte où la transition vers une pédagogie intégrant pleinement les outils numériques demeure progressive et parfois hésitante, notre étude s'interroge sur l'évaluation concrète de l'impact de ces innovations sur les pratiques et les apprentissages réels en classe. Notre objectif, à travers ce travail, est de mieux comprendre comment l'usage du logiciel Geogebra peut transformer la dynamique d'enseignement et d'apprentissage de la géométrie en 5ème, tant du point de vue des élèves que des enseignants. En nous appuyant sur les observations recueillies et les retours des participants, nous avons cherché à mettre en lumière les évolutions, les réussites mais aussi les difficultés rencontrées lors de l'introduction de Geogebra dans le quotidien scolaire. Cette démarche vise à apporter un éclairage nuancé sur les apports réels des TICE en classe, tout en identifiant les conditions nécessaires à leur intégration réussie dans l'enseignement des mathématiques.

4.1. Comparaison Des Performances:

Un pré-test a été administré à tous les élèves avant l'intervention afin d'évaluer leur niveau initial en géométrie et leur compréhension des concepts abstraits.

Ce test a couvert des notions clés de la géométrie telles que la reconnaissance des figures géométriques (angles, triangles particuliers : triangle isocèle, équilatéral, ...) et des droites particulières (médiatrice, bissectrice, hauteur, ...), l'identification des propriétés associées et la résolution de problèmes de géométrie.

Ce pré-test évalue les connaissances de base en géométrie des élèves de 5ème, et il couvre un éventail de compétences, allant du calcul d'angles à la compréhension des propriétés des figures géométriques, en passant par la manipulation des droites et des notions de symétrie.

Le premier exercice comporte des questions à choix multiples (QCM) portant sur la mesure et les relations angulaires (calcul d'angles, compréhension des angles supplémentaires). L'exercice vise les propriétés des triangles telles que la compréhension des médiatrices, des hauteurs et des relations entre les côtés et les angles.

Le deuxième exercice est un exercice de résolution de problème à partir d'une figure dessinée à main levée, demandant aux élèves de calculer des mesures des angles en utilisant des informations données sur les longueurs des côtés et d'autres angles, et de déterminer la nature d'un triangle se basant sur les angles calculés et les longueurs des côtés.

Un bouquet de capacités sont sollicités comme la visualisation à travers l'interprétation de figures géométriques et de relations spatiales, à travers l'application des théorèmes et des définitions relatives aux angles, aux droites et aux triangles. D'autres capacités sont mises en œuvre tels que le calcul pour trouver les mesures d'angles et le raisonnement logique via la déduction d'informations et la formulation de conclusions à partir de données fournies.

Les compétences évaluées sont la mesure des angles (mesurer, calculer et comprendre les relations entre les angles), les propriétés géométriques (application des propriétés des triangles, des médiatrices, des bissectrices et des hauteurs), la construction géométrique (connaissance des constructions géométriques de base, la résolution de problèmes (résoudre des problèmes de géométrie par déduction et calcul) et l'analyse de figures (analyser des figures pour identifier leurs propriétés et les relations entre leurs éléments).

Les résultats ont permis d'établir un point de référence pour évaluer les compétences initiales des élèves.

Pendant une période de 6 semaines, la classe expérimentale a utilisé Geogebra pour visualiser et manipuler des concepts géométriques, tandis que la classe témoin a suivi un enseignement traditionnel, sans recours aux technologies interactives. Les séances pédagogiques étaient comparables en termes de contenu et de durée.

À la fin de l'intervention, les élèves des deux classes ont été soumis à un post-test. Celui-ci comportait des exercices similaires à ceux du pré-test, afin de mesurer les progrès réalisés par chaque élève dans les deux groupes. L'objectif de cette approche est de comparer les performances des élèves entre le pré-test et le post-test, ainsi que d'observer d'éventuelles différences significatives entre la classe témoin et la classe expérimentale.

Le post-test évalue la compréhension des concepts géométriques après une phase d'apprentissage intégrant potentiellement l'outil Geogebra. Il se concentre sur les médianes, l'alignement de points, les propriétés des triangles (isocèles, équilatéraux) et les bissectrices.

L'exercice 1 porte sur l'identification et la justification de la présence de médianes dans diverses figures. Il évalue la capacité à reconnaître visuellement et à définir une médiane.

L'exercice 2 vise à vérifier l'alignement de points, il requiert l'utilisation des propriétés des angles et des relations entre les droites pour justifier si des points sont alignés ou non.

L'exercice 3 cible les démonstrations géométriques, il demande de démontrer des propriétés angulaires et des relations entre les côtés dans les triangles, ainsi que de prouver qu'un point est le milieu d'un segment.

L'utilisation de Geogebra en amont peut développer des capacités évaluées par le post-test. Il permet aux élèves de manipuler des figures géométriques dynamiquement, ce qui renforce

leur capacité à visualiser les propriétés et les relations. Le post-test évalue si cette exploration visuelle se traduit par une meilleure identification des médianes (exercice 1) et une compréhension des figures géométriques (exercices 2 et 3).

En utilisant Geogebra pour construire des médianes, des bissectrices et des triangles, les élèves peuvent mieux comprendre leurs définitions et propriétés. Le post-test vérifie si les élèves peuvent appliquer des connaissances pour justifier l'existence de médianes (exercice 1) et démontrer des propriétés (exercice 3).

Geogebra peut aider les élèves à formuler des conjectures en observant les résultats de leurs constructions. Le post-test évalue leur capacité à transformer ces observations en preuves rigoureuses, en utilisant les propriétés géométriques appropriées (exercices 2 et 3).

Geogebra encourage l'expérimentation et la recherche de solutions par soi-même. Le post-test, en particulier les exercices de démonstration (exercice 3), évalue si les élèves ont acquis une plus grande autonomie dans la résolution de problèmes.

L'utilisation de Geogebra nécessite la connaissance du vocabulaire géométrique. Le post-test évalue si les élèves sont capables d'utiliser ce vocabulaire avec précision dans leurs justifications et démonstrations.

En l'occurrence, le post-test vise à évaluer si l'utilisation de Geogebra a permis aux élèves de développer une compréhension plus profonde des concepts géométriques, en particulier les médianes, les propriétés des triangles et l'alignement des points. Il mesure leur capacité à identifier, justifier, démontrer et résoudre des problèmes en utilisant les connaissances acquises et les compétences développées grâce à cet outil. Les exercices combinent des aspects visuels et des compétences du raisonnement logique, ce qui permet d'évaluer l'impact de Geogebra sur différents aspects de l'apprentissage de la géométrie.

4.1.1. *Les activités à faire sur Geogebra pour montrer son efficacité :*

4.1.1.1. Solides (Patron d'un cube et d'un pavé droit et d'une pyramide)

a. Présentation de la feuille de route :

L'objectif de cette introduction est de familiariser les élèves avec deux formes géométriques fondamentales : le cube et le pavé droit. Ces objets tridimensionnels possèdent des caractéristiques distinctes qui sont essentielles à comprendre dans le contexte de la géométrie. En effet, chaque forme est composée de plusieurs parties : les faces, qui sont les surfaces planes délimitant l'objet, les arêtes qui sont les segments de droite formant les bords entre les faces, et les sommets qui représentent les points où se rencontrent plusieurs arêtes.

Geogebra est un outil dynamique qui offre une visualisation claire et interactive de ces objets en trois dimensions. Grâce à ce logiciel, les élèves peuvent explorer le cube et le pavé droit ainsi que la pyramide de manière immersive, en manipulant et observant les différentes faces, arêtes et sommets dans un environnement virtuel. La capacité de voir et d'interagir avec les objets 3D leur permet non seulement de comprendre les concepts théoriques, mais aussi de visualiser la relation entre les dimensions, ce qui enrichit leur travail.

De plus, Geogebra permet de mesurer les longueurs des côtés et d'observer comment ces dimensions influencent les propriétés géométriques des formes. Cette approche interactive et visuelle est cruciale pour aider les élèves à développer de solides compétences en géométrie en leur offrant l'occasion d'expérimenter et de comprendre les concepts d'espace et de forme d'une manière qui serait difficile à réaliser uniquement par les méthodes d'enseignement traditionnelles. En résumé, l'introduction des concepts de cube, de pavé droit et de pyramide, associée à l'utilisation du Geogebra, crée un environnement d'apprentissage dynamique qui favorise une compréhension approfondie de la géométrie tridimensionnelle.

Geogebra permet aux utilisateurs d'interagir avec des objets tridimensionnels de manière intuitive. Les utilisateurs peuvent faire pivoter, zoomer et déplacer des objets en 3D pour explorer leurs propriétés géométriques sous différents angles. Cette interactivité aide à développer une compréhension plus profonde des concepts spatiaux.

b. Patron d'un cube, d'un pavé droit, et d'une pyramide

Ces activités de patron ont été présentées par projection au tableau car il n'était pas possible d'accéder à la salle informatique pour les réaliser individuellement sur chaque poste. Geogebra se révèle être un excellent outil pour travailler avec des objets 3D. C'est vrai que les élèves n'ont pas pu pratiquer personnellement, mais le fait d'observer la mobilisation des objets avec les patrons, tels que présentés dans les figures ci-dessous, leur a permis de mieux comprendre les concepts et de visualiser les différentes interactions. Cette approche visuelle a renforcé l'apprentissage des élèves et les préparer à une pratique ultérieure.

c. Construire un cube en trois dimensions et voir son patron (Session du 4 octobre 2024)

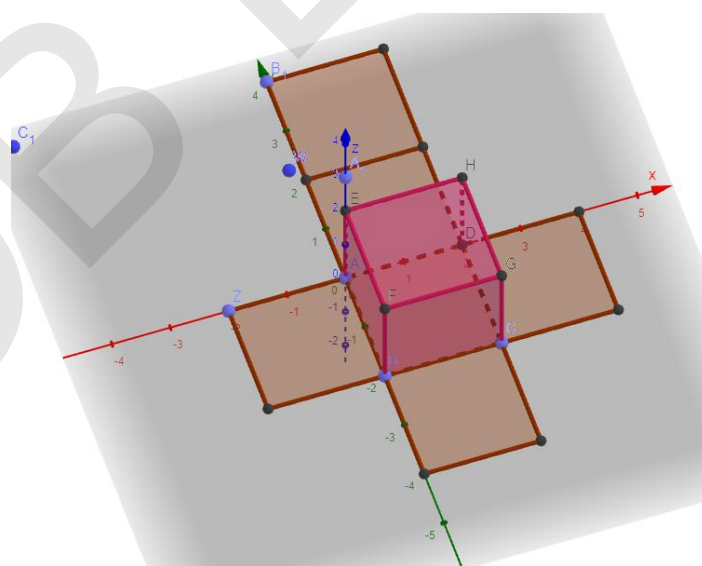


Figure 4.1: Le Patron d'Un Cube

La figure présentée illustre le patron d'un cube dans un repère tridimensionnel. Un cube transparent, placé au centre, dont les faces sont dépliées sous la forme de six carrés adjacents, disposés en croix autour de la face centrale. Chaque carré représente une face du cube, permettant de visualiser comment le solide peut être construit à partir de son patron. Les axes x , y et z sont indiqués pour situer le patron dans l'espace et les sommets du cube sont marqués par des points noirs. Cette représentation dynamique met en évidence la correspondance entre le patron et le cube, facilitant la compréhension du passage du plan à l'espace et l'identification des arêtes et des sommets communs.

- d. Construire un pavé droit en trois dimensions et visualiser son patron (Session du 11 octobre 2024) :

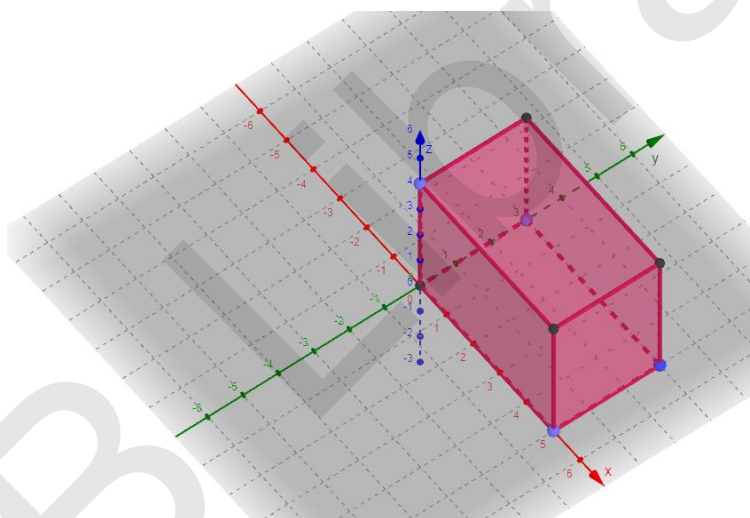


Figure 4.2: : Un Pavé Droit en 3D

La figure ci-dessus représente un pavé droit modélisé dans un repère orthonormé tridimensionnel. Les axes x (en rouge), y (en vert) et z (en bleu) permettent de situer le solide dans l'espace. Le pavé droit, coloré en rose transparent, met en évidence ses arêtes, ses sommets (représentés par des points noirs) et ses faces rectangulaires. Les arêtes parallèles aux axes facilitent la lecture des dimensions et la compréhension de la structure du solide. Cette représentation dynamique permet de visualiser clairement la position, l'orientation et les

proportions du pavé droit dans l'espace, tout en offrant un support visuel pertinent pour l'étude de la géométrie en trois dimensions.

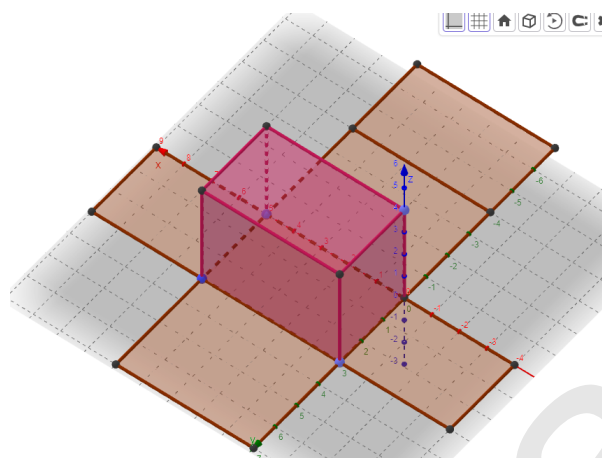


Figure 4.3: Le Patron d'Un Pavé Droit (1)

La figure illustre le patron d'un pavé droit dans un repère tridimensionnel. Au centre, le pavé droit est représenté en transparence, ce qui permet de visualiser ses arêtes et ses sommets. Autour de ce solide, ses six faces rectangulaires sont dépliées à plat sur le plan, formant le patron du pavé droit. Chaque face est reliée au solide par une arête commune, facilitant la compréhension du passage du plan à l'espace. Les axes x , y et z sont indiqués pour situer la figure dans l'espace, et les points noirs marquent les sommets du pavé. Cette représentation met en évidence la correspondance entre le solide et son patron, offrant ainsi un support visuel clair pour l'étude de la géométrie spatiale.

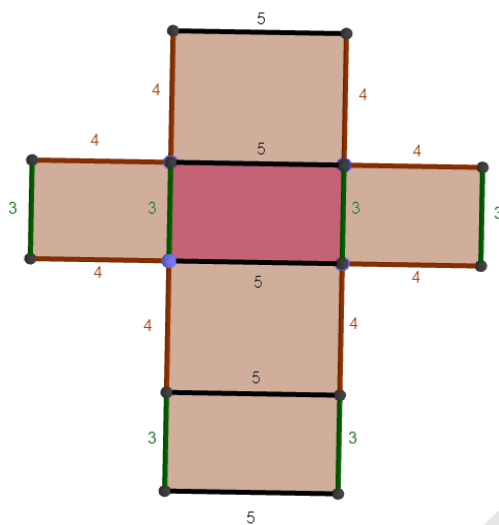


Figure 4.4: Le Patron d'un Pavé Droit (2)

La figure présente le patron d'un pavé droit, composé de six rectangles disposés en croix. Chaque rectangle correspond à une face du solide, et les dimensions sont indiquées sur les côtés : 5 unités pour la longueur, 4 unités pour la largeur et 3 unités pour la hauteur. Cette disposition permet de visualiser comment les différentes faces s'assemblent pour former le pavé droit une fois repliés facilitant ainsi la compréhension du passage du plan à l'espace.

e. Construire une pyramide et son patron (Session du 18 octobre 2024)

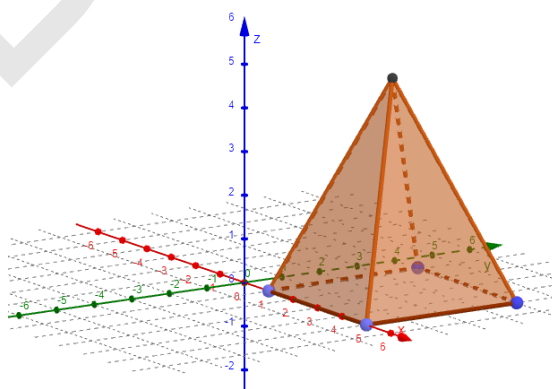


Figure 4.5: Une Pyramide en 3D

La figure montre une pyramide à base carrée représentée dans un repère orthonormé tridimensionnel. La base de la pyramide repose sur le plan xy et ses sommets sont indiqués par des points bleus, tandis que le sommet principal, situé au-dessus de la base, est marqué par un point noir. Les arêtes et les faces de la pyramide sont tracées en orange, avec des faces transparentes pour permettre la visualisation de la structure interne. Les axes x , y et z facilitent la lecture des positions et des dimensions dans l'espace. Cette représentation met en évidence la hauteur de la pyramide ainsi que la disposition de sa base dans le plan.

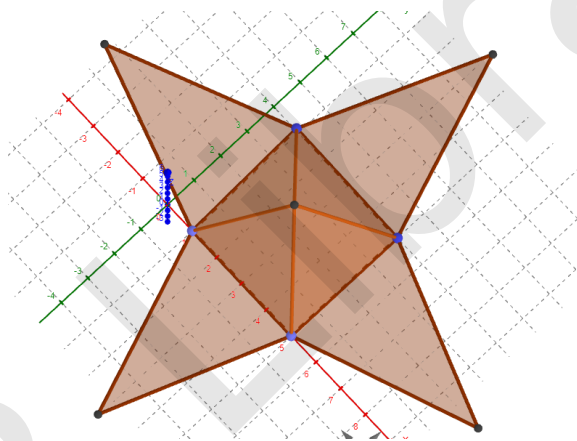


Figure 4.6: Le Patron d'Une Pyramide

La figure représente le patron d'une pyramide à base carrée. Ce patron est constitué d'un carré central entouré de quatre triangles isocèles, chacun attaché à un côté d'un carré. Lorsque ces triangles sont repliés vers le haut, ils se rejoignent en un point commun, appelé le sommet de la pyramide.

4.1.1.2. Angles adjacents complémentaires, supplémentaires

a. Présentation de la feuille de route :

Geogebra a permis aux élèves de visualiser les angles adjacents et les relations entre les triangles de manière interactive. Par exemple, en déplaçant des points, ils ont pu voir comment les angles changent, facilitant ainsi une compréhension intuitive.

Les élèves ont pu manipuler des objets géométriques pour explorer différentes configurations et observer les propriétés des angles adjacents (comme la somme de 180°) et des triangles particuliers (comme les triangles isocèles ou équilatéraux). Cela a encouragé l'expérimentation et l'apprentissage par la découverte.

Les outils de mesure intégrés dans Geogebra ont permis aux élèves de vérifier leurs hypothèses et calculs concernant les angles et les triangles. Cela a renforcé la compréhension des concepts théoriques en les reliant à des applications pratiques.

Avec l'utilisation du Geogebra, les élèves ont pu travailler ensemble sur des projets ou des problèmes, favorisant la discussion et l'échange d'idées sur les propriétés des angles et des triangles, ce qui s'avère une source de richesse pour l'apprentissage collectif.

La familiarité avec ces concepts géométriques de base prépare les élèves à aborder des sujets mathématiques plus avancés, tels que la trigonométrie et la géométrie analytique.

Geogebra est un outil puissant qui non seulement rend l'apprentissage des angles adjacents et des triangles particuliers plus engageant, mais aussi plus accessible et significatif pour les élèves.

b. Activité 1 : Identifier les angles adjacents (Session du 18 octobre 2024)

Dans quelle(s) figure(s), les angles coloriés sont des angles adjacents ?

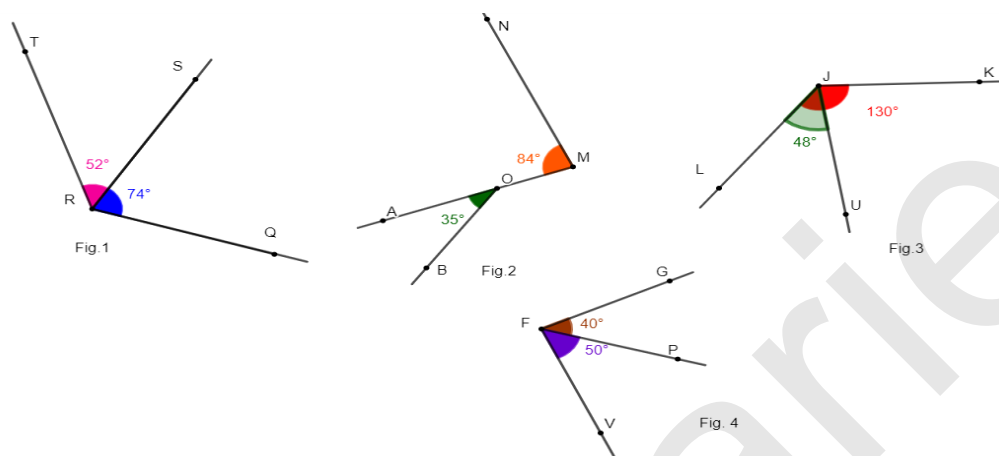


Figure 4.7 : Angles Adjacents

Cette illustration montre quatre figures avec des angles adjacents. Dans chaque figure, deux angles sont placés côte à côte et forment un angle plus grand.

- Dans la figure 1, les deux angles 52° et 74° sont adjacents car ils ont un même sommet, un côté en commun et ils sont de part et d'autre de ce côté commun.
- Dans la figure 2, les deux angles 48° et 130° ne sont pas adjacents car ils n'ont pas le même sommet.
- Dans la figure 3, les deux angles 48° et 130° ne sont pas adjacents car ils sont du même côté du côté commun.
- Dans la figure 4, les deux angles 40° et 50° sont adjacents.

L'activité a incité les élèves à identifier deux angles adjacents qui sont deux angles ayant le même sommet, un côté commun, et ils sont de part et d'autre de ce côté commun. Les angles adjacents sont facilement reconnus par les élèves dans la 1ère figure et la 4ème figure du fait

qu'ils ont le même sommet et qu'ils sont placés de deux côtés différents, de plus, ils sont bien identifiables grâce aux couleurs différentes des deux arcs non immiscés.

Par contre, dans la 2ème figure, il était très clair d'affirmer que les deux angles coloriés ne peuvent pas être adjacents car ils n'ont pas le même sommet, on dirait qu'ils sont glissés. Tandis que la 3ème figure est celle qui crée le plus de confusion où les angles coloriés ont le même sommet, un côté en commun mais ils sont du même côté de ce côté commun, les élèves doivent remarquer que les arcs sont entremêlés.

c. Activité 2 : Calculer la mesure de l'angle manquant sur une figure complexe

(distinguer entre la soustraction et l'addition des angles) (Session du 21 octobre 2024)

Sur chacune des figures ci-dessous, calculer la mesure de l'angle orange :

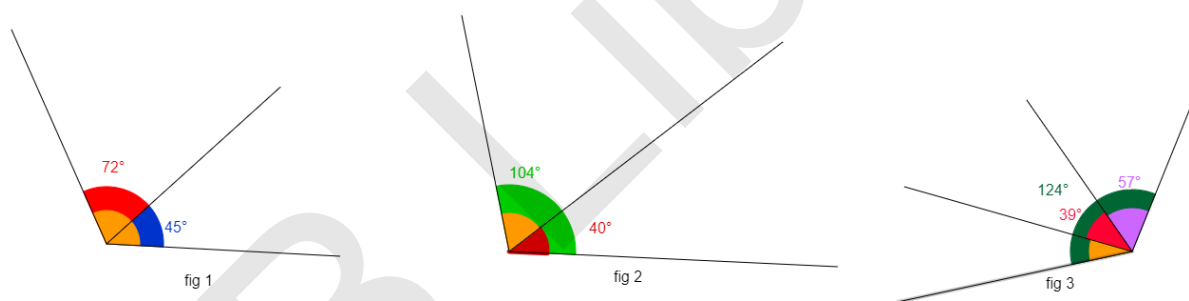


Figure 4.8: Calcul d'Un Angle

Cette image montre trois figures composées de plusieurs angles juxtaposés. Dans chaque cas, certaines mesures sont connues, et les élèves doivent calculer la mesure de l'angle orange. Pour cela, ils doivent distinguer les situations où ils additionnent les angles donnés pour obtenir l'angle total, de celles où ils peuvent soustraire les angles connus d'un angle plus grand pour trouver la mesure de l'angle orange.

d. Activité 3 : Construire des angles adjacents complémentaires et supplémentaires

(Session du 22 octobre 2024 et session du 23 octobre 2024)

- Tracer un segment $[AB]$, puis placer un point O sur $[AB]$.
- Tracer un angle $\widehat{BOC}$ de mesure quelconque, puis tracer un angle $\widehat{COD}$ de mesure quelconque adjacent à l'angle $\widehat{BOC}$ (introduire la notion des angles adjacents).
- Afficher la mesure de l'angle $\widehat{BOD}$, puis faire déplacer le point D ultérieurement pour montrer que la mesure de l'angle $\widehat{BOD}$ est toujours égale à la somme des mesures des deux angles $\widehat{BOC}$ et $\widehat{COD}$.

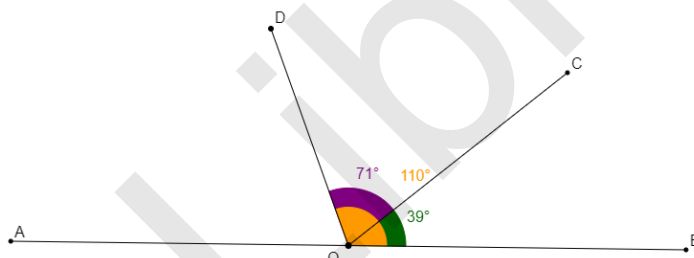


Figure 4.9: Somme des Angles Adjacents

Cette figure montre que lorsque le point D est déplacé, l'angle $\widehat{BOD}$ vaut toujours la somme des mesures des deux angles $\widehat{BOC}$ et $\widehat{COD}$.

- Déplacer le point D jusqu'à obtenir une mesure de 90° : on dit que les angles $\widehat{BOC}$ et $\widehat{COD}$ sont complémentaires.

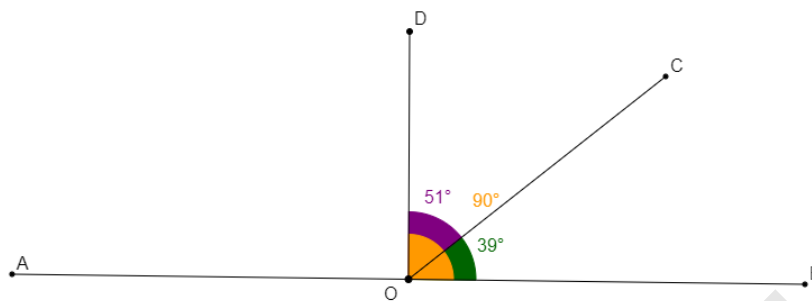


Figure 4.10: Angles Complémentaires

Dans la figure ci-dessus, les angles $\widehat{BOC}$ et $\widehat{COD}$ sont complémentaires car la somme de leurs mesures vaut 90° .

- e. Déplacer D jusqu'à ce qu'il coïncide avec A, alors on obtient une mesure de 180° : on dit que les angles $\widehat{BOC}$ et $\widehat{COD}$ sont supplémentaires.

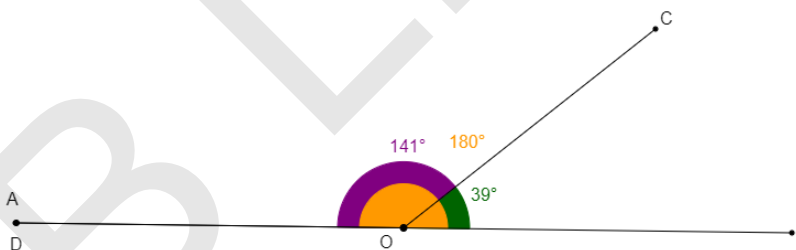


Figure 4.11 : Angles Adjacents Supplémentaires

Cette figure montre que les angles $\widehat{BOC}$ et $\widehat{COD}$ sont supplémentaires car la somme de leurs mesures est égale à 180° .

- f. Renforcer avec des applications diverses :

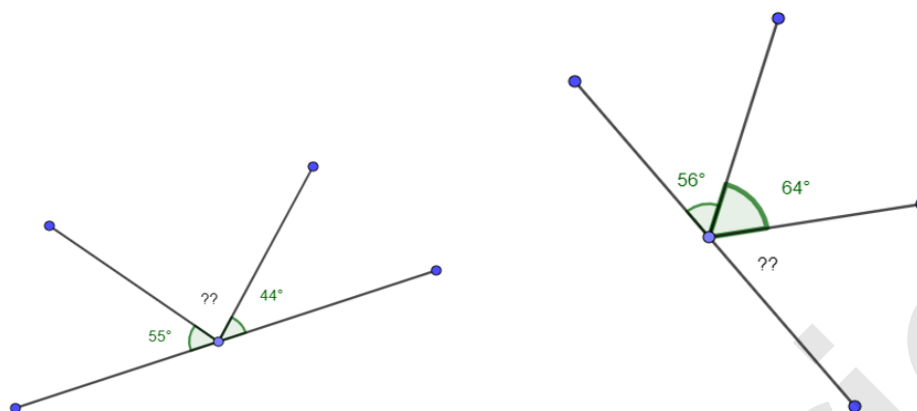


Figure 4.12: Calcul du 3ème Angle à travers 2 Angles

La figure ci-dessus montre deux situations où les élèves doivent trouver la mesure de l'angle manquant en utilisant les mesures des autres angles déjà données. Ils doivent tout simplement observer la position des angles pour savoir s'ils doivent les additionner ou soustraire.

- g. Demander aux élèves de faire des figures par eux-mêmes et faire deviner les mesures à leurs pairs.
- h. Faire des applications avec des triangles et des triangles particuliers.

4.1.1.3. Triangles particuliers

L'utilisation du Geogebra en classe de 5ème pour enseigner les triangles particuliers a permis non seulement d'améliorer l'engagement des élèves mais aussi d'approfondir leur compréhension des propriétés géométriques. Grâce à la visualisation interactive et à l'exploration pratique, les élèves ont pu distinguer clairement entre différents types de triangles tout en constatant que certaines propriétés demeurent constantes malgré les manipulations. Cela renforce leur capacité à appliquer ces concepts dans divers contextes mathématiques.

a. Observation en classe:

Geogebra a permis aux élèves de visualiser les triangles en temps réel, ce qui est essentiel pour comprendre leurs propriétés. Par exemple, lors de la construction d'un triangle équilatéral, les élèves peuvent manipuler les sommets et observer que tous les côtés restent égaux et les angles aussi mesurant chacun 60° renforçant ainsi leur compréhension de la définition d'un triangle équilatéral et sa propriété.

Il en est de même pour un triangle isocèle, avec la mobilisation des sommets, les angles changent mais les angles à la base restent égaux et la somme des angles vaut toujours 180° .

Cette visualisation dynamique a aidé à ancrer les concepts théoriques dans une expérience pratique. Les élèves ont pu explorer les propriétés spécifiques des triangles isocèles et rectangles.

Par exemple, en traçant un triangle isocèle, ils peuvent facilement vérifier que les angles opposés aux côtés égaux sont également égaux. Geogebra permet de mesurer directement ces angles, ce qui rend l'apprentissage plus interactif et engageant.

b. Activité 1 : Interpréter la nature des triangles particuliers et dégager leurs caractéristiques

(Session du 29 octobre 2024)

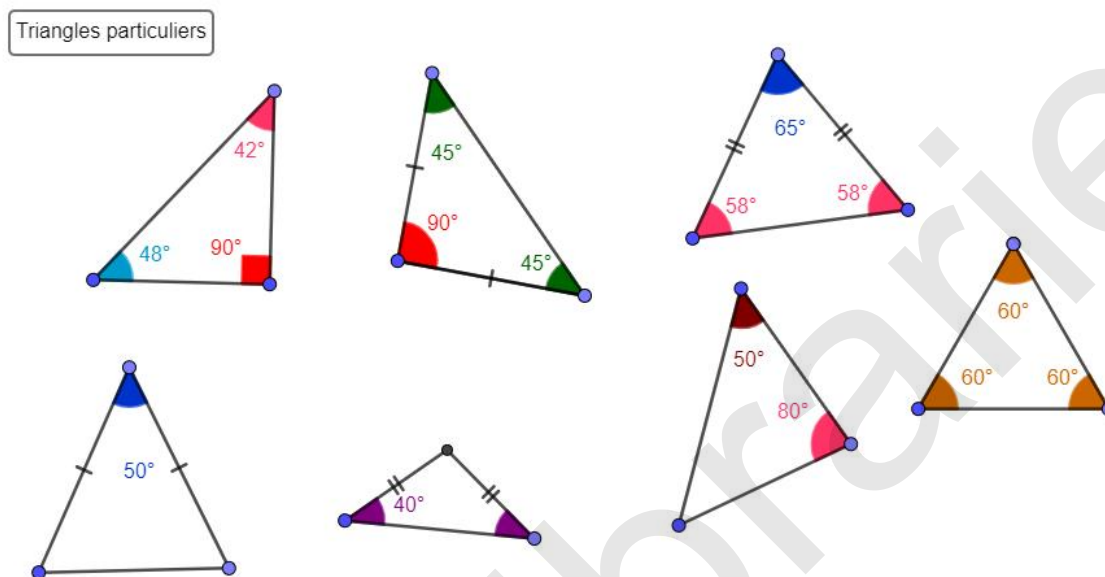


Figure 4.13: Triangles Particuliers

La figure ci-dessus présente une collection de triangles particuliers, chacun illustrant des propriétés géométriques spécifiques à travers la mesure de leurs angles et la longueur de leurs côtés. Les triangles rectangles sont caractérisés par un angle droit de 90° , les triangles isocèles reconnaissables à leurs deux côtés de même longueur et à deux angles égaux, ainsi qu'un triangle équilatéral, dont les trois côtés et les trois angles mesurant 60° . Les angles sont indiqués en degrés et mis en valeur par des couleurs distinctes, facilitant l'identification des différentes familles de triangles. Cette représentation visuelle permet de comparer aisément les triangles selon leurs propriétés et d'observer la diversité des cas particuliers en géométrie plane.

c. Observations lors de l'activité:

Les élèves étaient fortement engagés grâce à l'aspect interactif du logiciel. Lors de la construction d'un triangle équilatéral, les élèves ont pu vérifier que les trois côtés étaient toujours égaux, même en manipulant les sommets. Cette manipulation renforçait leur compréhension dynamique de l'égalité des côtés.

Pour les triangles rectangles, Geogebra a permis de visualiser clairement l'angle droit, d'utiliser l'outil de mesure des angles pour confirmer la propriété « les angles aigus ou à l'hypoténuse sont toujours complémentaires. ». Avec divers déplacements de l'un des sommets de l'angle droit, les élèves ont pu comprendre que la somme des mesures des angles aigus d'un triangle rectangle est invariable et elle vaut toujours 90° . Par la suite, nous avons tracé un triangle rectangle et nous avons affiché la mesure de l'un des deux angles à l'hypoténuse, puis nous avons fait deviner aux élèves la mesure de l'autre angle, ils étaient censés soustraire directement la mesure donnée à 90° sans passer par la somme des mesures des angles d'un triangle qui vaut 180° dont ils ont souvent tendance à l'utiliser par habitude et automatisme.

Parlant des triangles équilatéraux, les élèves ont construit un triangle équilatéral d'une longueur de côté quelconque (chacun a choisi une longueur quelconque), puis, à la fin, les élèves sont parvenus à conjecturer que quel que soit la longueur du côté d'un triangle équilatéral, tous les angles ont la même mesure de 60° chacun.

Une fois, les élèves ont appris les triangles particuliers avec leurs caractéristiques, nous sommes passés à un objectif primordial qui porte sur la reconnaissance et l'identification des triangles particuliers en se basant sur le codage et les informations données sur les triangles particuliers. Nous commençons toujours avec le triangle isocèle, et les élèves savent tous que tout triangle avec deux côtés égaux ou deux angles de même mesure est un triangle isocèle. En

ce qui concerne le triangle rectangle, nous affichons souvent l'angle droit qui permet aux élèves de reconnaître facilement sa nature, et si nous voulons changer, nous optons pour l'affichage de la mesure de chacun des deux angles aigus sans le codage de l'angle droit, puis les élèves sont incités à calculer la somme, si elle vaut 90° , alors le triangle est rectangle, sinon, il n'est pas un triangle rectangle.

4.1.1.4. Droites remarquables

Grâce à Geogebra, les élèves ont l'opportunité de tracer les droites remarquables (médianes, hauteurs, bissectrices, médiatrices), de les visualiser et de les manipuler, ce qui renforce leur compréhension des concepts et leur autonomie. Il permet à partir des activités de mettre en évidence les relations géométriques entre ces droites et les propriétés des triangles particuliers.

a. Présentation de la feuille de route :

Les élèves découvrent la définition de chacune des droites remarquables à travers des constructions dynamiques manipulées, dans un premier temps, par l'enseignant, puis par les élèves, qui, en pratiquant les outils (hauteur, médiane, bissectrice et médiatrice), sont parvenus à les différencier et les fixer dans leur mémoire. Par conséquent, des activités ont été mises en place qui pivotent autour d'une propriété unique que les droites remarquables dans un triangle sont toutes concourantes en un seul point dont la nomination et la fonction varient selon la nature de la droite remarquable.

b. Activité 1 : Construire le centre de gravité d'un triangle (Session du 12 novembre 2024)

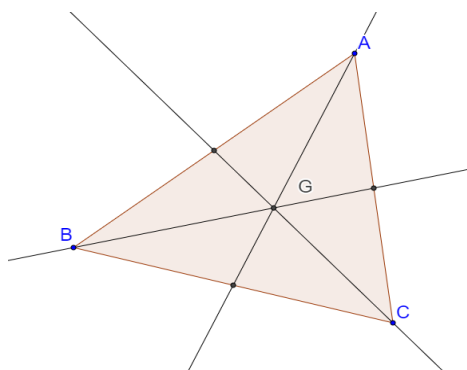


Figure 4.14: Les Médiannes d'Un Triangle

La figure représente un triangle ABC dans lequel sont tracées les trois médianes, c'est-à-dire les segments reliant chaque sommet au milieu du côté opposé. Le point d'intersection de ces médianes, noté G, correspond au centre de gravité du triangle. Les sommets A, B et C sont indiqués en bleu, et le triangle est mis en valeur par un remplissage léger. Cette construction met en évidence une propriété fondamentale des triangles : les trois médianes sont toujours concourantes en un point unique, le centre de gravité.

c. Construction des trois médianes d'un triangle

Les élèves ont construit sur Geogebra un triangle ABC quelconque, directement par l'outil « polygone », puis, en appliquant la définition d'une médiane (« une médiane d'un triangle est la droite qui passe par un sommet du triangle et par le milieu du côté opposé au sommet »), et avec l'outil « milieu » ou « centre », ils ont cliqué sur chaque côté pour construire le milieu. Ensuite, les élèves ont tracé les droites ou les segments reliant chaque sommet au milieu du côté opposé. Par conséquent, Ils ont conjecturé que les trois médianes sont concourantes en un point appelé « centre de gravité » du triangle. Ils ont déplacé le triangle dans

tous les sens et ils ont remarqué que les médianes se rencontrent toujours en ce même point invariant.

d. Activité 2 : Construire l'orthocentre d'un triangle (Session du 14 novembre 2024)

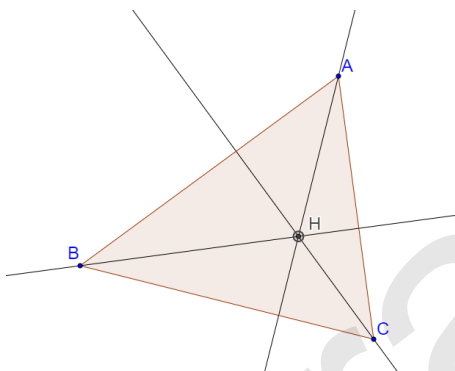


Figure 4.15: Orthocentre d'Un Triangle

Cette figure représente un triangle ABC avec ses trois hauteurs tracées (segments perpendiculaires allant d'un sommet au côté opposé). Le point H est le point de concours des trois hauteurs, appelé orthocentre du triangle. Il peut se situer à l'intérieur, à l'extérieur ou sur le triangle, selon la nature du triangle.

e. Construction des trois hauteurs d'un triangle

Les élèves ont construit sur Geogebra un triangle ABC quelconque, puis, en appliquant la définition d'une hauteur (« une hauteur d'un triangle est la droite qui passe par un sommet du triangle et qui est perpendiculaire à la droite qui porte le côté opposé »), et avec l'outil « perpendiculaire », ils ont tracé les trois hauteurs du triangle ABC après avoir cliqué simultanément sur chaque sommet et sur le côté opposé.

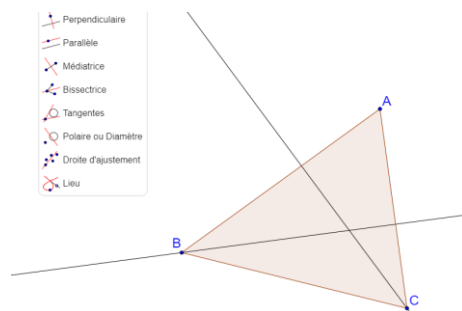


Figure 4.16: Hauteurs d'Un Triangle

Cette figure montre comment tracer une hauteur dans un triangle. Une hauteur est une droite perpendiculaire à un côté du triangle, partant du sommet opposé. Sur ce dessin, la hauteur issue du sommet B, ainsi que celle issue du sommet C sont tracées.

En somme, ils ont remarqué que les trois hauteurs sont aussi concourantes, comme les médianes, mais en un point appelé « orthocentre » du triangle.

Ensuite, ils ont déplacé les sommets du triangle et remarqué que les hauteurs se coupent toujours en ce même point invariant qui, contrairement au centre de gravité, change de position par rapport au triangle : il est à l'extérieur du triangle lorsqu'il a un angle obtus.

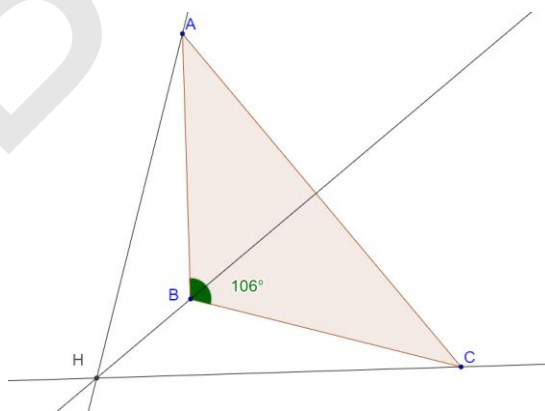


Figure 4.17: Orthocentre à l'Extérieur Du Triangle

Dans cette figure, l'orthocentre H se situe à l'extérieur du triangle ABC ayant un angle obtus ($\widehat{ABC}$ est un angle obtus). Les Hauteurs issues respectivement des sommets A et C sont tracées à l'extérieur du triangle ABC après le prolongement des côtés [AB] et [BC].

f. Observation en classe :

Les élèves ont été engagés et participatifs grâce au caractère interactif du Geogebra. Ils ont utilisé correctement les outils de Geogebra pour effectuer les constructions. Ils ont posé des questions pertinentes sur les droites remarquables et avec le déplacement des sommets, ils ont pu explorer comment la position de l'orthocentre change selon les types de triangles (acutangle, obtusangle). Si l'un des angles d'un triangle est obtus, alors l'orthocentre est à l'extérieur du triangle, alors que si les trois angles sont aigus, il est donc à l'intérieur du triangle. Tandis que le centre de gravité d'un triangle est toujours à l'intérieur du triangle quelle que soit la nature des angles du triangle. Cette exploration renforce leur compréhension des propriétés géométriques.

Les élèves utilisant Geogebra ont développé une meilleure compréhension des concepts abstraits, comme la convergence des médianes ou des hauteurs. L'outil garantit la précision, ce qui permet de se concentrer sur la visualisation des conjectures. L'interactivité de Geogebra maintient un haut niveau d'attention et stimule la curiosité des élèves.

Geogebra s'avère être un outil puissant pour enseigner des notions complexes telles que le centre de gravité et l'orthocentre dans les triangles. Il permet une exploration dynamique et interactive, favorisant une meilleure compréhension des propriétés géométriques et une analyse approfondie des invariants et des différences entre triangles quelconques et triangles particuliers.

- g. Activité 3 : Centre de gravité et l'orthocentre dans des triangles particuliers (Triangle isocèle, équilatéral, rectangle) (Session du 18 novembre 2024)

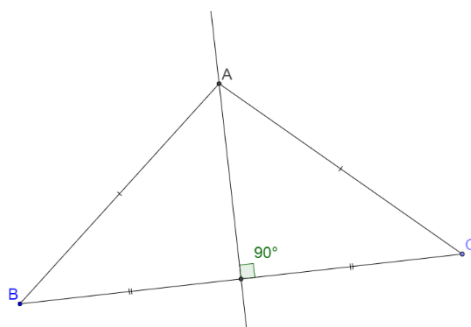


Figure 4.18: Droite Polyvalente Du Triangle

La figure ci-dessus représente un triangle ABC isocèle en A où la médiane tracée depuis le sommet principal A vers le milieu de la base [BC] est aussi la hauteur relative à cette base, ce qui signifie qu'elle est perpendiculaire à [BC]. Cette droite joue donc un double rôle: elle divise la base en deux segments égaux tout en étant perpendiculaire à celle-ci, ce qui en fait une droite polyvalente caractéristique de ce type de triangle.

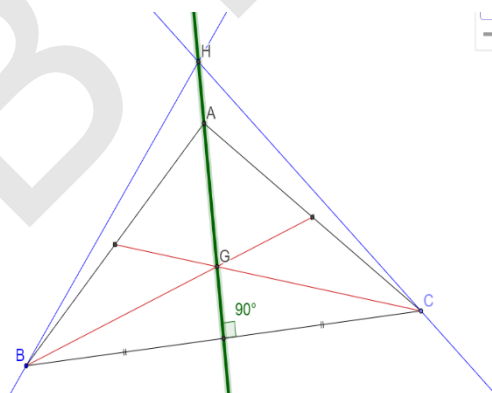


Figure 4.19 : G est Le Centre De Gravité et H est l'Orthocentre

La figure illustre un triangle isocèle en A, où la médiane issue du sommet principal A est également perpendiculaire à la base [BC]. Cette droite, notée en vert, joue simultanément le rôle de médiane et de hauteur, ce qui en fait une droite remarquable et polyvalente dans ce triangle.

h. Déroulement de l'activité

Lors de l'activité sur l'orthocentre et le centre de gravité des triangles, les élèves ont été répartis en petits groupes pour explorer ces concepts à l'aide de Geogebra. Après une brève introduction théorique, ils ont utilisé le logiciel pour construire des triangles équilatéraux, isocèles et rectangles, puis tracer les hauteurs et les médianes afin d'identifier l'orthocentre et le centre de gravité.

Les élèves ont montré un intérêt notable, notamment pour les visualisations dynamiques qu'offre Geogebra. Certains ont rapidement compris que l'orthocentre coïncide avec le centre de gravité dans le cas des triangles équilatéraux, ce qui a suscité des discussions intéressantes au sein des groupes. D'autres ont été étonnés par le fait que le centre de gravité n'est pas le même que l'orthocentre dans les triangles isocèles. De cette activité, les élèves ont découvert la droite polyvalente, une droite qui est à la fois hauteur et médiane : dans un triangle équilatéral, les trois médianes ou hauteurs sont polyvalentes, par contre, la médiane ou la hauteur issue du sommet principal dans un triangle isocèle est uniquement la droite polyvalente, de ce fait, le centre de gravité ne se confond pas avec l'orthocentre.

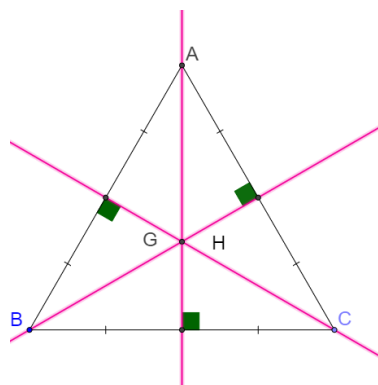


Figure 4.20 : ABC est un triangle équilatéral

La figure montre un triangle équilatéral ABC où trois hauteurs sont tracées en rose depuis chaque sommet, perpendiculairement au côté opposé. Ces hauteurs sont également des médianes, médiatrices et bissectrices, car dans un triangle équilatéral, ces droites remarquables coïncident, elles sont toutes des droites polyvalentes, donc le centre de gravité est le même que l'orthocentre et le centre du cercle circonscrit.

Cependant, certaines difficultés ont été relevées. Par exemple, quelques élèves ont eu du mal à manipuler correctement les outils de Geogebra, comme l'outil « tracer les hauteurs », ce qui a nécessité une intervention pour les guider. D'autres avaient des idées préconçues erronées, notamment qu'un centre géométrique devait toujours coïncider avec le barycentre, ce qui a conduit à des confusions initiales.

i. Interprétation des résultats

Cette activité a permis de révéler plusieurs aspects de l'apprentissage des élèves. D'une part, l'utilisation du Geogebra a favorisé une compréhension dynamique des concepts géométriques. Les visualisations interactives ont aidé les élèves à surmonter certaines idées

fausses, notamment concernant la position variable de l'orthocentre selon le type du triangle.

D'autre part, la manipulation du logiciel a encouragé une approche collaborative, chaque groupe partageant ses découvertes et rectifiant ses erreurs en s'appuyant sur les remarques des autres.

L'activité a également montré que Geogebra peut renforcer l'autonomie des élèves : plusieurs d'entre eux ont expérimenté différentes configurations de triangles et analysé les résultats de manière indépendante. Toutefois, l'expérience a souligné l'importance d'un accompagnement technique initial pour éviter que les difficultés liées à l'utilisation du logiciel ne perturbent l'apprentissage du contenu géométrique.

En conclusion, cette séance a confirmé l'efficacité du Geogebra pour enseigner des concepts géométriques complexes en rendant visibles des relations abstraites. Elle a aussi mis en évidence la nécessité de structurer les consignes et de prévoir un temps dédié à la prise en main du logiciel afin d'optimiser l'apprentissage.

4.1.2. Synthèse des observations

Pour synthétiser les bienfaits de Geogebra sur l'apprentissage de la géométrie en classe de 5ème après une période d'expérimentation de six semaines, et en s'appuyant sur la grille d'observation, il ressort que Geogebra favorise un apprentissage interactif où les élèves manipulent activement les concepts géométriques, ce qui a renforcé leur compréhension de manière visuelle et dynamique. L'utilisation de Geogebra a stimulé la motivation et l'engagement des élèves, en particulier, ceux les moins intéressés par les mathématiques, en leur offrant une expérience pratique et ludique. De plus, l'outil a encouragé le développement de compétences en résolution de problèmes, car les élèves ont pu expérimenter et vérifier des hypothèses de manière autonome.

Les observations préliminaires ont montré que les élèves de la classe expérimentale étaient plus motivés et engagés grâce à l'aspect interactif de Geogebra. L'utilisation du Geogebra a permis une meilleure visualisation des concepts géométriques, notamment l'idée d'invariants et de dépendances. Les élèves ont développé une compréhension des triangles et des droites remarquables, en particulier grâce à la manipulation des figures dynamiques.

Cependant, la grille d'observation a mis en lumière des défis, notamment la nécessité d'une formation adéquate des enseignants pour exploiter pleinement les fonctionnalités de Geogebra et intégrer efficacement l'outil dans leur pédagogie, auxquelles s'ajoutent des difficultés révélées, au début de l'expérimentation, dues à un manque de maîtrise du logiciel Geogebra par les élèves, du fait qu'ils l'utilisaient pour la première fois, ce qui a ralenti le processus de l'expérimentation. Un deuxième défi rencontré était que, pour certaines séances, la moitié du travail a été réalisé en classe, et le reste était à compléter à la maison, en revanche, il était difficile de vérifier si le travail demandé a été complètement réalisé. Même si l'usage du Geogebra, en classe entière, était assuré durant presque toutes les séances, pour conjecturer, démontrer une propriété et en élaborer de nouvelles, mais le fait que les séances de travail de groupe étaient, une séance sur deux, a retardé un peu les effets de l'utilité du Geogebra dans le processus d'apprentissage.

Enfin, la grille souligne l'importance de maintenir un équilibre entre l'utilisation de Geogebra et les méthodes traditionnelles d'enseignement, afin d'éviter une dépendance excessive à la technologie et de s'assurer que les élèves développent une compréhension conceptuelle solide.

4.2. Analyse Qualitative :

Les résultats des pré-tests et post-tests ont été analysés à l'aide d'un test t pour échantillons indépendants afin de comparer la performance des deux groupes et d'évaluer l'effet de l'utilisation du Geogebra. Un questionnaire qualitatif a été distribué à la classe expérimentale pour recueillir les perceptions des élèves sur l'utilisation du Geogebra dans leur apprentissage. Ce test portait sur la facilité d'utilisation du Geogebra, la motivation et la perception des bénéfices pédagogiques de l'outil. Des observations ont été réalisées lors des séances d'enseignement afin de documenter les interactions des élèves avec Geogebra et leur implication dans les activités.

4.2.1. Résultats du pré-test et post-test (classe témoin)

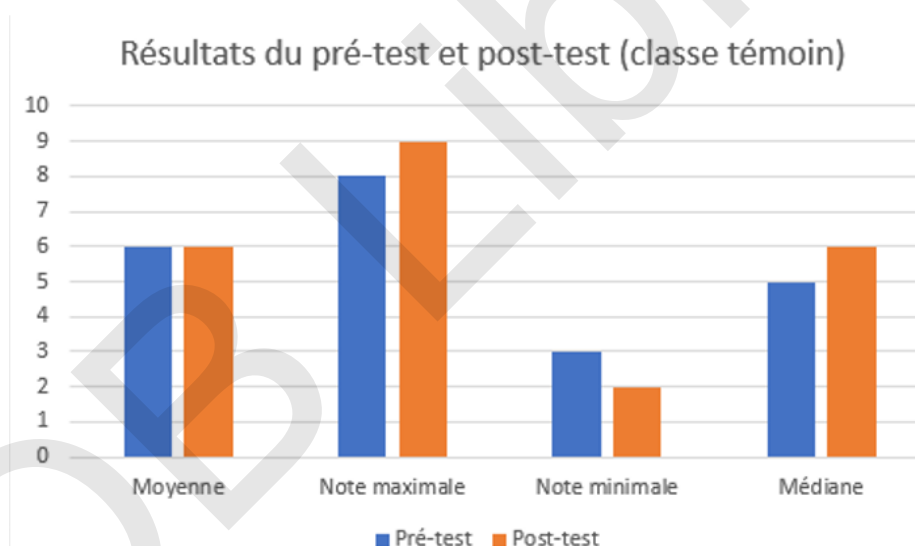


Figure 4.21: Résultats du Pré-Test et Post-Test (Classe Témoin)

Le graphique compare les résultats du pré-test et du post-test pour la classe témoin. La moyenne reste stable, la note maximale augmente légèrement, la note minimale diminue, tandis que la médiane progresse légèrement après le test.

Table 4.1: Résultats du Pré-Test et Post-Test (Classe Témoin)

Statistiques	Pré-test	Post-test
Moyenne	6	6
Note maximale	8	9
Note minimale	3	2
Médiane	5	6

Ce tableau présente une comparaison des résultats statistiques du pré-test et du post-test pour la classe témoin, mettant en évidence des valeurs proches entre les deux phases, avec une moyenne stable à 6, une légère augmentation de la note maximale (de 8 à 9), une baisse de la note minimale (de 3 à 2) et une progression de la médiane de 5 à 6.

L'analyse des résultats du pré-test, avant l'utilisation de Geogebra, révèle le niveau initial de la classe témoin en géométrie. On observe que la moyenne des notes est de 6, ce qui indique une compréhension générale des concepts assez modeste, ce qui suggère un besoin d'amélioration générale dans la maîtrise des notions géométriques (Jones, 2017). La note maximale est de 8, suggérant que certains élèves maîtrisent déjà certains aspects de la géométrie, tandis que la note minimale 3 révèle des difficultés importantes pour certains, signalant une hétérogénéité des niveaux de compétences (Baptiste, 2017). La médiane, à 5, quant à elle, confirme une répartition des notes plutôt centrée autour de la moyenne, sans écart significatif. Cette analyse du pré-test permet d'établir une base de référence pour évaluer l'impact de l'utilisation de Geogebra sur l'apprentissage de la géométrie.

Classe témoin

Table 4.2: P-Valeur

Moyenne	0.00
Écart-type	0.00
Nombre d'observations	8.00
Test t	13.58
p-Valeur	0.00

Ce tableau présente les résultats d'un test t, indiquant qu'avec une moyenne et écart-type nuls sur 8 observations, la statistique t très élevée (13,58) et la p-valeur est de 0,00, suggérant ainsi une différence statistiquement significative.

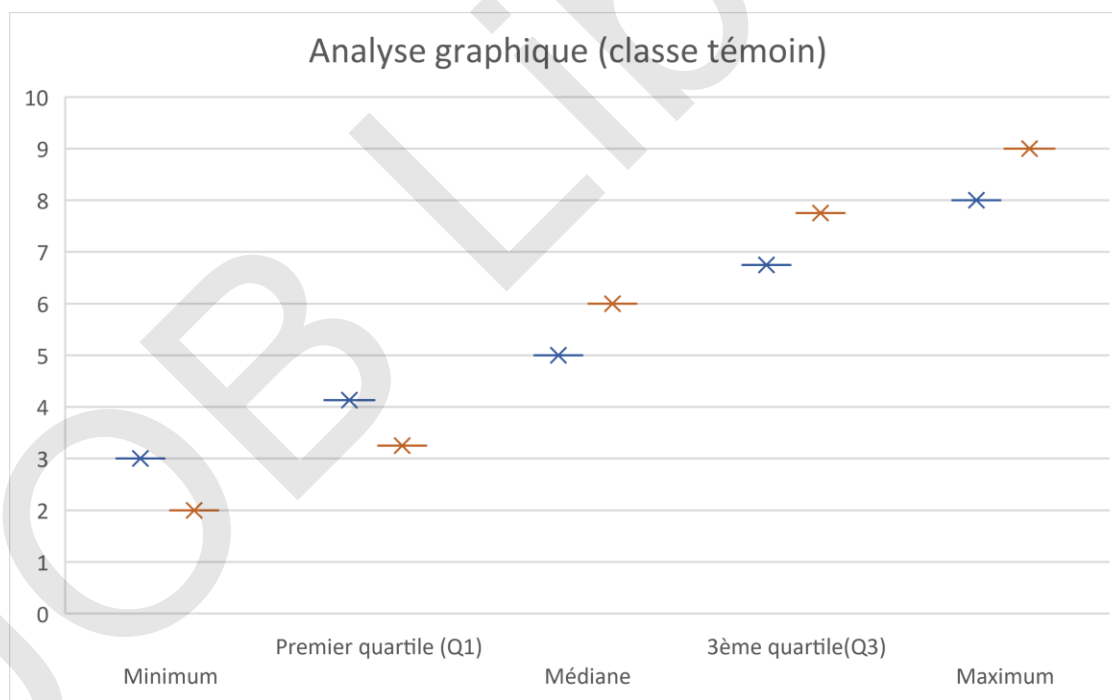


Figure 3.22 : Représentation Graphique (Classe Témoin)

Ce graphique en nuage de points illustre la répartition des données selon cinq indicateurs statistiques (Minimum, Q1, Médiane, Q3, Maximum), avec des croix bleues et orange représentant les valeurs observées.

L'analyse des résultats du pré-test et post-test de la classe témoin montre des changements minimes. Bien que la moyenne de la classe soit restée stable à 6, un test t de 13.58 ($df = 7$) avec une p-valeur de 0.00 indique une différence significative entre les résultats du pré-test et du post-test. Cependant, avec une différence moyenne de 0 et un écart-type de 0, l'interprétation de cette signification statistique nécessite une prudence particulière (Thompson, 2006). En effet, malgré la p-valeur très basse, la stabilité de la moyenne suggère que l'intervention n'a pas eu d'effet notable sur la performance globale du groupe (Pallant, 2020).

L'examen des notes extrêmes montre une légère diminution de la note minimale, passant du 3 au pré-test à 2 au post-test, ce qui pourrait indiquer une plus grande difficulté pour certains élèves. La note maximale a, quant à elle, connu une légère augmentation, passant de 8 à 9, ce qui peut révéler une petite amélioration pour les élèves les plus performants.

La médiane, est passée de 5 au pré-test à 6 au post-test, ce qui indique une légère amélioration de la performance de la classe.

4.2.2. Résultats du pré-test et post-test (classe expérimentale)

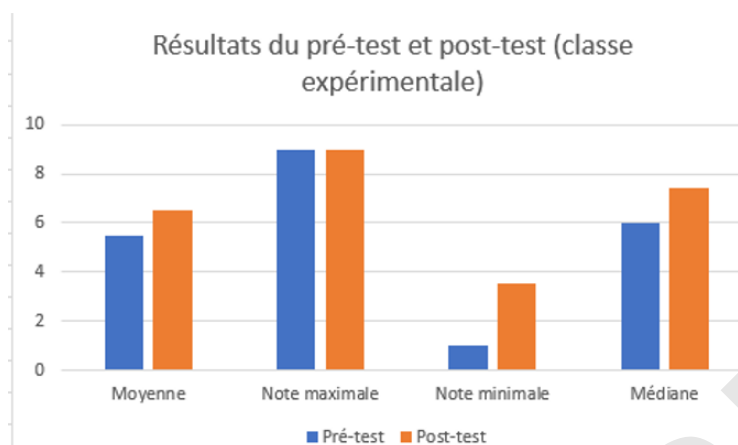


Figure 4.23: Résultats du Pré-Test et Post-Test (Classe Expérimentale)

Ce graphique présente les résultats du pré-test et du post-test dans la classe expérimentale. Une augmentation de la moyenne, de la note minimale et de la médiane est notée après l'expérimentation. La note maximale reste stable. Cela suggère une amélioration générale des performances des élèves.

Table 4.3: Résultats du Pré-Test et Post-Test (Classe Expérimentale)

Statistiques	Pré-test	Post-test
Moyenne	5	7
Note maximale	9	9
Note minimale	1	4
Médiane	6	7

Ce tableau présente les résultats comparatifs du pré-test et du post-test pour la classe expérimentale, montrant une amélioration générale des performances, notamment une hausse de la moyenne de 5 à 7 et de la note minimale de 1 à 4.

L'analyse comparative des résultats du pré-test et du post-test de la classe expérimentale révèle des améliorations notables suite à l'introduction de Geogebra. Au pré-test, la moyenne de la classe était de 5 (SD=1.16), indiquant une compréhension initiale modeste des concepts

géométriques. Après l'intervention avec Geogebra, la moyenne au post-test a augmenté à 7, suggérant une amélioration significative de la compréhension globale ($t(7) = 2.17, p = 0.02$). La taille de l'effet (Moyenne = 0.89) indique l'ampleur de l'effet et la pertinence significative des résultats.

L'examen des notes extrêmes renforce cette observation. La note minimale, qui était de 1 au pré-test, a grimpé à 4 au post-test, ce qui témoigne d'une réduction des difficultés chez les élèves les moins performants. La note maximale, quant à elle, est restée stable à 9, suggérant que les élèves les plus avancés ont maintenu leur niveau de compétence.

La médiane, qui représente la valeur centrale des scores, est passée de 6 au pré-test à 7 au post-test, ce qui indique une amélioration générale de la performance de la classe. Cette augmentation de la médiane, combinée à l'augmentation de la moyenne, suggère que l'intervention avec Geogebra a eu un impact positif sur la compréhension des concepts géométriques chez la plupart des élèves (Creswell & Clark, 2007)

Le test t ($t(7) = 2.17, p = 0.02$) confirme que la différence observée entre les moyennes du pré-test et du post-test est statistiquement significative au seuil de .05. Cela renforce l'idée que l'utilisation de Geogebra a eu un impact positif sur l'apprentissage de la géométrie en classe de 5^{ème} (Pallant, 2020)

Classe expérimentale

Table 4.4: P-Valeur <0.05

Moyenne	0.89
Écart-type	1.16
Nombre d' observations	8
Test t	2.17
p-Valeur	0.02

Ce tableau présente les résultats d'un test t avec une p-valeur de 0,02(<0,05), indiquant une différence statistiquement significative entre les moyennes observées (moyenne=0,89, écart-type=1,16, n= 8)

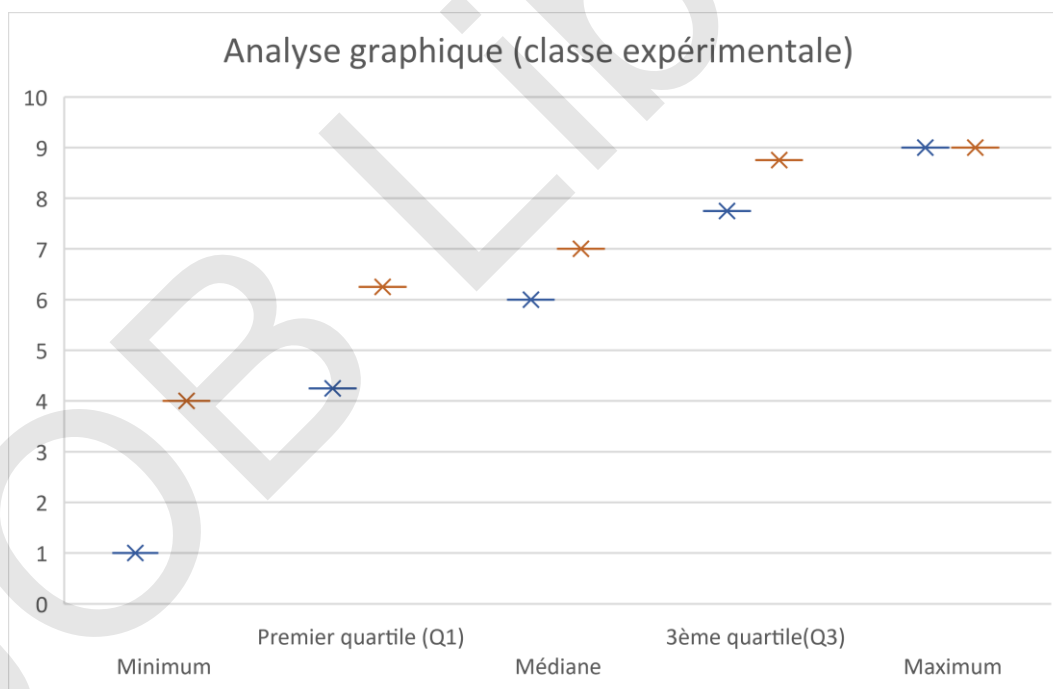


Figure 4.24: Représentation Graphique (Classe Expérimentale)

Ce graphique illustre la distribution des données selon cinq indicateurs statistiques (Minimum, Q1, Médiane, Q3, Maximum), avec des croix orange et bleues représentant les valeurs observées dans la classe expérimentale.

4.2.3. Conclusion

Suite à cette expérimentation, nous pouvons constater que les résultats de la classe expérimentale, qui a utilisé Geogebra, concordent avec l'étude de Ridha et Pramiasih (2020), qui met en évidence une amélioration significative des compétences en mathématiques après l'acquisition d'une compréhension de la géométrie grâce à Geogebra. En effet, la classe expérimentale a montré une augmentation de la moyenne, de la médiane, et de la note minimale entre le pré-test et le post-test, ce qui montre que l'utilisation de Geogebra a contribué à optimiser les compétences géométriques des élèves. À l'inverse, la classe témoin, qui n'a pas utilisé Geogebra, n'a pas montré d'amélioration notable entre le pré-test et le post-test, ce qui renforce l'idée que l'intégration de Geogebra peut être un facteur déterminant dans le développement des compétences géométriques des élèves, comme le suggère Joubert (Joubert, 2013).

Mastafi (2020) a également examiné dans sa recherche comment les enseignants de mathématiques perçoivent l'impact des TICE sur l'enseignement et l'apprentissage chez les élèves du premier cycle secondaire. Les résultats montrent que les enseignants identifient plusieurs impacts positifs, notamment l'amélioration des pratiques d'enseignement grâce à l'intégration des TICE, qui permet de personnaliser l'apprentissage. De plus, l'utilisation des TIC favorise le développement des compétences des élèves en expérimentation, modélisation et résolution de problèmes (Mastafi, 2020)

4.2.4. Questionnaire destiné aux enseignants

L'élaboration des questions de ce questionnaire s'inspire des principes pédagogiques et des études sur l'utilisation de Geogebra dans l'enseignement des mathématiques. Des recherches comme celle de Ridha et Pramiasih (2020) ont montré que Geogebra peut améliorer la compréhension des concepts mathématiques chez les élèves. Les questions sont également basées sur une étude menée par Mastafi (2020) qui a examiné les perceptions des enseignants sur l'utilisation des TIC en mathématiques au Maroc. Cette recherche a mis en évidence trois catégories d'impacts : l'amélioration de la qualité de l'enseignement, le développement des compétences des élèves en analyse, raisonnement et résolution de problèmes, ainsi que l'influence positive sur les attitudes des élèves vis-à-vis de leur apprentissage (Mastafi, 2020).

En s'appuyant sur les résultats de ces deux études, le questionnaire vise à évaluer la fréquence d'utilisation de Geogebra, ses applications pédagogiques, son impact sur la compréhension et l'engagement des élèves, ainsi que les défis potentiels rencontrés par les enseignants. Ces éléments sont alignés sur les fonctionnalités de Geogebra, telles que la géométrie dynamique et le calcul formel, qui facilitent l'exploration interactive des concepts mathématiques (M. Hohenwarter et al., 2008). En outre, des ressources comme celles disponibles sur le site de Geogebra et d'autres études sur l'intégration de Geogebra dans l'enseignement ont guidé la conception de ces questions pour mieux comprendre les effets de Geogebra sur l'apprentissage.

Dans le cadre de recherche, nous avons observé que les étudiants ont progressivement développé leur capacité à expliquer les phénomènes géométriques observés lors des activités, bien que certains aient initialement recours à des preuves pragmatiques. Cela pourrait être

attribué à la tendance de l'enseignement à se concentrer sur des preuves pratiques lors de l'introduction des concepts géométriques, souvent en privilégiant le raisonnement inductif.

Au début de la séquence, les étudiants se sont concentrés sur l'exploration visuelle et la construction, leurs explications se limitant à des aspects visuels et à un niveau de preuve pragmatique. Cependant, grâce aux retours réguliers sur les activités, certains ont approfondi leur réflexion vers des preuves intellectuelles et ont commencé à utiliser le raisonnement déductif pour expliquer les figures obtenues. Ces retours ont permis d'institutionnaliser trois aspects clés : la révision des éléments techniques, la clarification des concepts mathématiques sous-jacents, et l'utilisation d'éléments de preuve pour valider l'émission d'hypothèses, favorisant ainsi un travail mathématique plus approfondi. L'utilisation d'un réseau déductif a posé des difficultés à certains étudiants, principalement en raison de la complexité de l'activité. Une discussion préalable sur la construction aurait pu faciliter la compréhension. Cette difficulté a conduit certains à remettre en question la faisabilité de telles activités au niveau collège, ce qui nous amène à réfléchir à ce que les futurs enseignants pourraient privilégier dans l'enseignement de la géométrie.

Lors de l'utilisation de Geogebra pour explorer des propriétés géométriques, certains élèves ont du mal à comprendre que les figures géométriques peuvent être modifiées dynamiquement tout en conservant certaines propriétés. Par exemple, lors de la construction d'un triangle et de son orthocentre, les élèves peuvent avoir des difficultés à visualiser comment l'orthocentre se déplace lorsque les sommets du triangle sont modifiés. Cette difficulté est souvent due à la transition entre une compréhension statique des figures (comme sur papier) et une compréhension dynamique (avec Geogebra), où les propriétés restent invariantes malgré les changements visuels (Duplessy, n.d.)

Pour résoudre ce problème, il est utile d'introduire progressivement les concepts de géométrie dynamique, en commençant par des constructions simples et en encourageant les élèves à explorer et à modifier les figures pour observer les invariants géométriques. Cela peut aider les élèves à développer une compréhension plus profonde des propriétés géométriques et de leur comportement dans un environnement interactif.

4.2.4.1. Représentation des résultats

- Sexe :

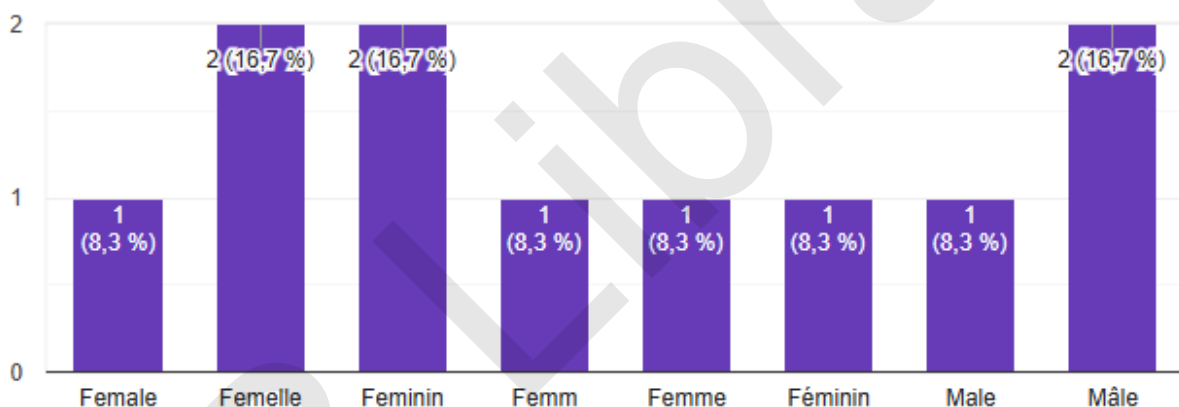


Figure 4.25: Sexe

Ce graphique illustre la répartition des participants selon le sexe, en présentant les différentes catégories déclarées ainsi que leur pourcentage respectif au sein de l'échantillon.

- Années d'expérience en enseignement des mathématiques :

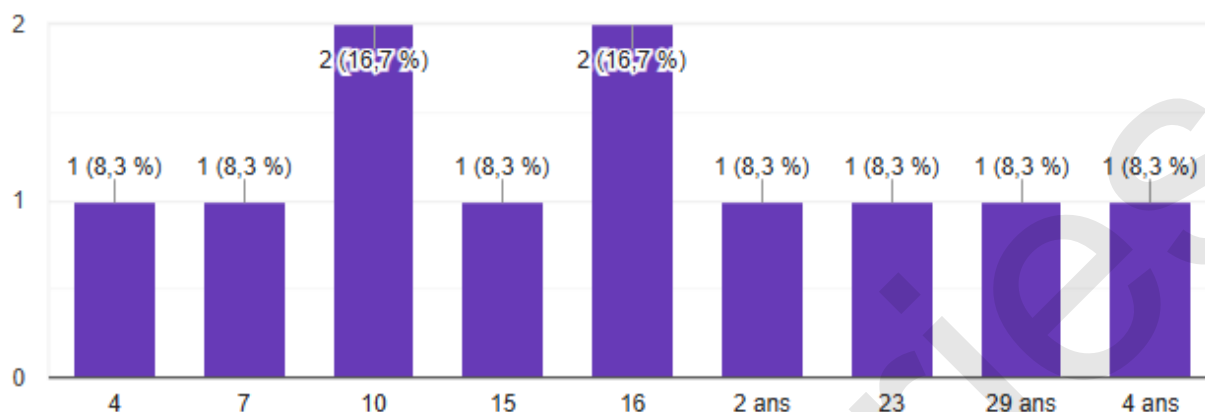


Figure 4.26: Années d'Expérience en Enseignement des Mathématiques

Ce graphique présente la répartition des enseignants selon leurs années d'expérience en enseignement des mathématiques, mettant en évidence une diversité d'ancienneté au sein de l'échantillon étudié.

- Niveau d'enseignement:

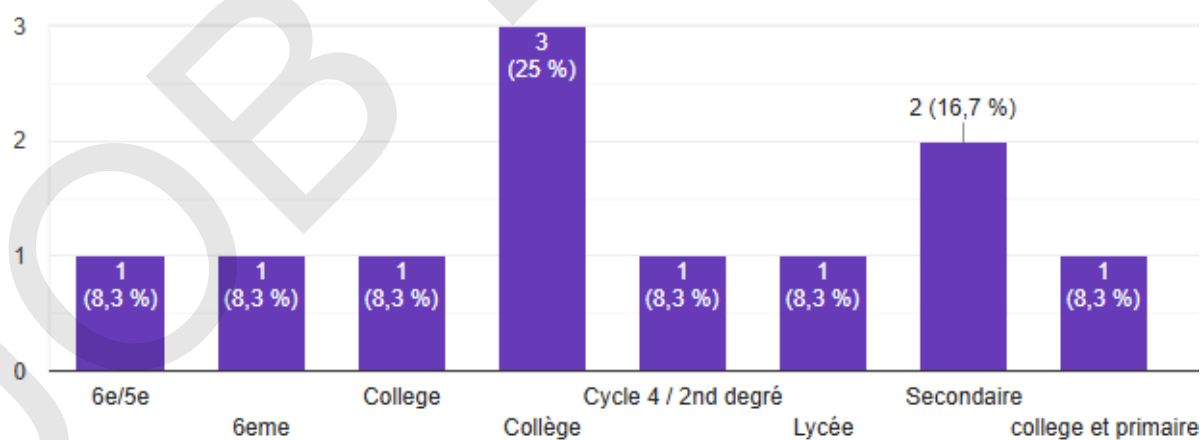


Figure 4.27: Niveau d'Enseignement

La figure met en évidence la diversité des niveaux d'enseignement représentés dans l'échantillon.

- Avez-vous suivi une formation sur l'utilisation de GeoGebra ?

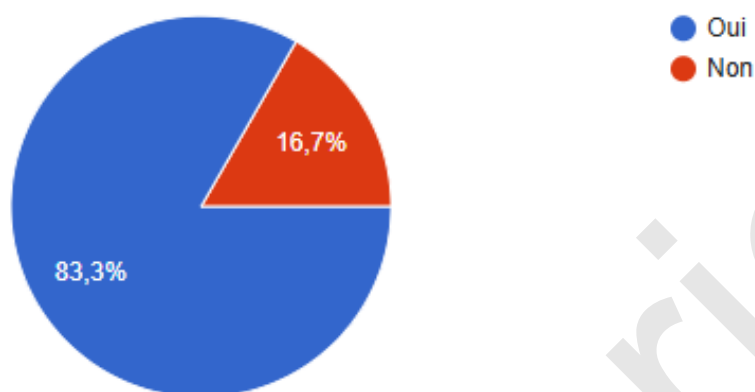


Figure 4.28: Pourcentage des Enseignants qui ont Suivi une Formation sur Geogebra

Cette figure montre que la majorité des enseignants interrogés (82,3%) ont suivi une formation sur l'utilisation de Geogebra, tandis que 16,7% ne l'ont pas fait.

- Utilisez-vous GeoGebra dans vos cours de mathématiques ?

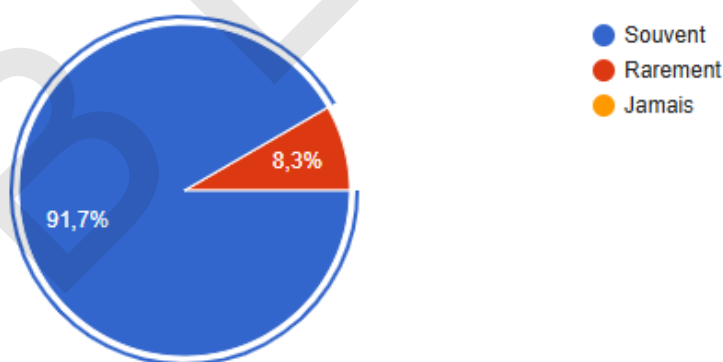


Figure 4.29: Fréquence de l'Usage de Geogebra

La figure indique que 91,7% des enseignants utilisent Geogebra fréquemment dans leurs cours de mathématiques, tandis que 8,3% l'utilisent rarement, et aucun ne déclare ne jamais l'avoir utilisé.

- Dans quel(s) domaine(s) des mathématiques utilisez-vous GeoGebra ? (Plusieurs réponses possibles)

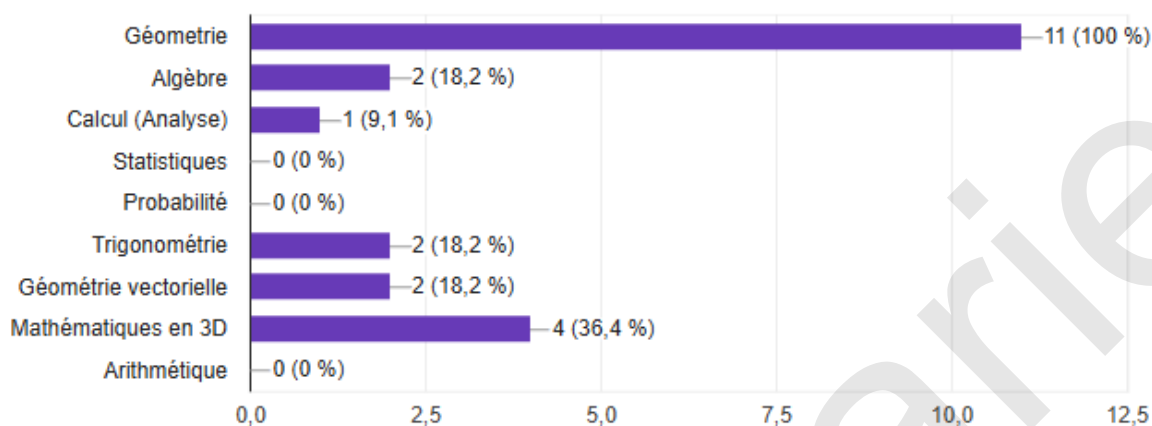


Figure 4.30: Domaines Mathématiques où l'on utilise Geogebra

La figure montre que Geogebra est principalement utilisé en géométrie (100% des enseignants), suivi des mathématiques en 3D (36,4%) et de l'algèbre, la trigonométrie et la géométrie vectorielle (18,2% chacun). Alors que les domaines comme les statistiques, les probabilités et l'arithmétique ne sont pas représentés.

- Comment intégrez-vous GeoGebra dans vos activités pédagogiques ?

Je travaille l'activité dans geogebra classroom pour suivre les élèves
En montrant au élèves un transformation ou en leur donnant à faire eux meme une figure et des déplacements pour conjecturer une hypothèse
À travers des figures tracées complètement ou partiellement afin de les continuer pendant le travail.
Pour des demonstrations ou bien des applications
Dans les activites pour expliquer une notion ou bien pour remedier . Les élèves manipulent parfois eux mêmes geogebra .
En géométrie
Activite de decouverte
Je l'intègre très rarement
Construire des figures géométriques, mettre en évidence les invariants, illustrer les symétries, modéliser des situations problèmes
Géometrie
Dans l'élaboration d'une propriété

Figure 4.31: Intégration de Geogebra dans les Activités Pédagogiques

Cette figure représente les modes d'intégration de Geogebra dans les activités pédagogiques, illustrant les différentes pratiques enseignantes telles que la construction de figures, la modélisation, la démonstration, et l'exploration interactive en géométrie.

- Pensez-vous que GeoGebra améliore la qualité de votre enseignement ?

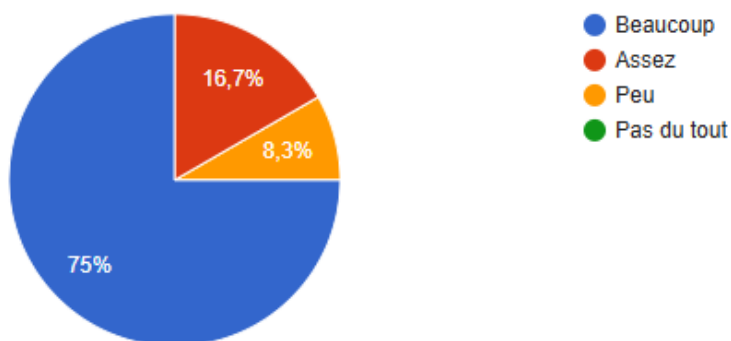


Figure 4.32: Amélioration de la Qualité d'Enseignement

Cette figure révèle que 75% des enseignants interrogés considèrent que l'outil améliore significativement leur pratique pédagogique, tandis que 16,7% estiment une amélioration modérée, et 8,3% une amélioration faible.

- Quels sont les principaux effets de GeoGebra sur l'apprentissage des élèves ? (plusieurs réponses possibles)

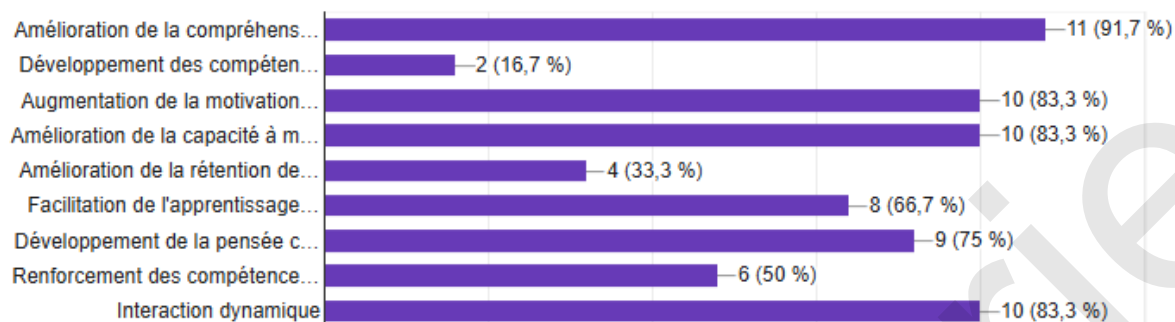


Figure 4.33: Principaux Effets de l'Apprentissage de Geogebra sur l'Apprentissage des Élèves

Cette figure représente les effets principaux de Geogebra sur l'apprentissage des élèves, avec une amélioration marquée de la compréhension (91,7%), de la motivation (83,3%), de l'interaction dynamique (83,3%), et du développement de la pensée critique (75%), selon les réponses des enseignants.

- Observez-vous une différence dans la compréhension des concepts mathématiques chez les élèves utilisant GeoGebra ?

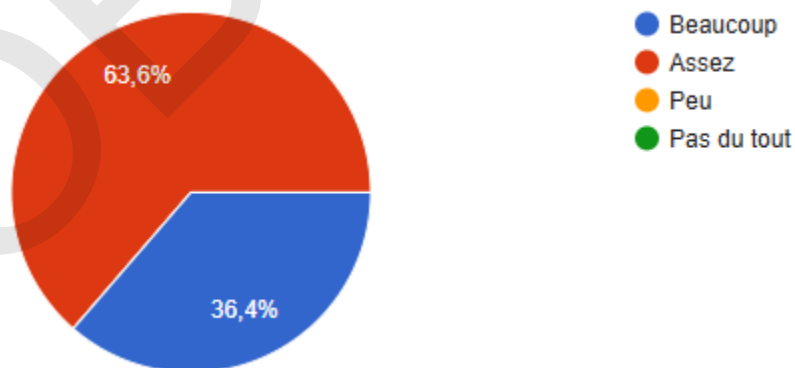


Figure 4.34: Compréhension des Concepts Mathématiques via l'Utilisation de Geogebra

Cette figure indique que la majorité des enseignants observent une amélioration notable chez leurs élèves.

- Rencontrez-vous des difficultés dans l'utilisation de GeoGebra en classe ?

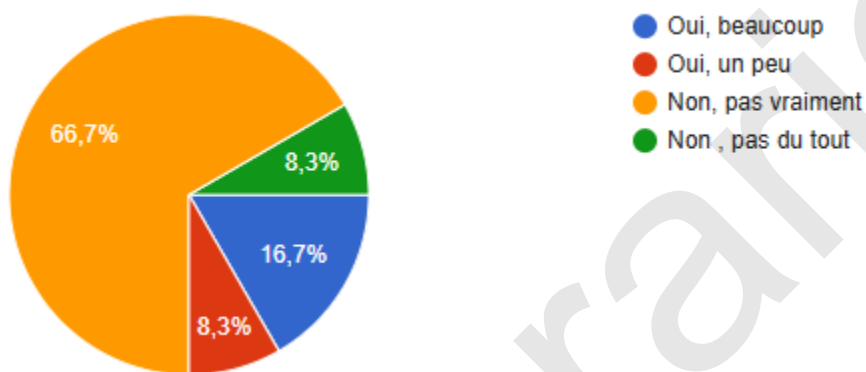


Figure 4.35: Difficultés Rencontrées dans l'Utilisation de Geogebra en Classe

Cette figure montre que 66,7% des enseignants ne rencontrent pas vraiment des difficultés d'utilisation de Geogebra, tandis que 16,7% déclarent en rencontrer beaucoup, et 8,3% un peu.

- Les étudiants sont-ils en mesure d'utiliser Geogebra de manière autonome, ou nécessitent-ils systématiquement l'accompagnement et l'encadrement de l'enseignant pour son utilisation efficace ?



Figure 4.36: Capacité des Élèves à Utiliser Geogebra

La figure ci-dessus indique la perception des enseignants quant à l'autonomie des élèves dans l'utilisation de Geogebra, indiquant que ceux-ci ont généralement besoin d'un accompagnement régulier et d'un encadrement pédagogique pour en faire un usage efficace.

- Quels sont les principaux obstacles à l'utilisation de Geogebra (plusieurs réponses possibles)

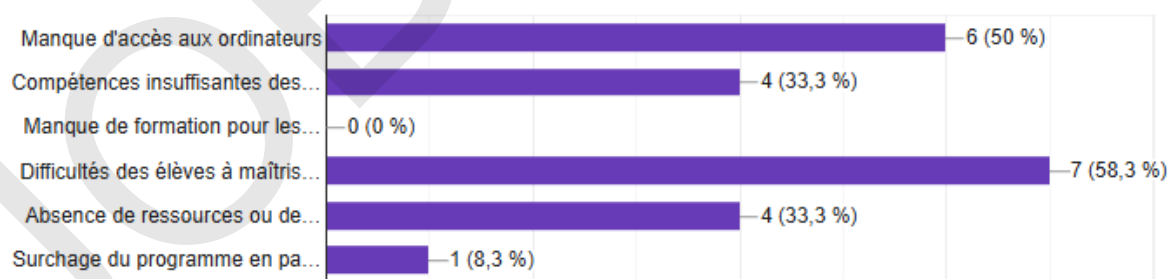


Figure 4.37: Obstacles à l'Utilisation de Geogebra

Cette figure représente les obstacles identifiés à l'utilisation de Geogebra en classe, avec en tête les difficultés des élèves à maîtriser l'outil (58,3%) et la manque d'accès aux ordinateurs (50%) suivis par des compétences insuffisantes des enseignants et l'absence de ressources.

- Pensez-vous que des formations supplémentaires sur Geogebra seraient bénéfiques ?

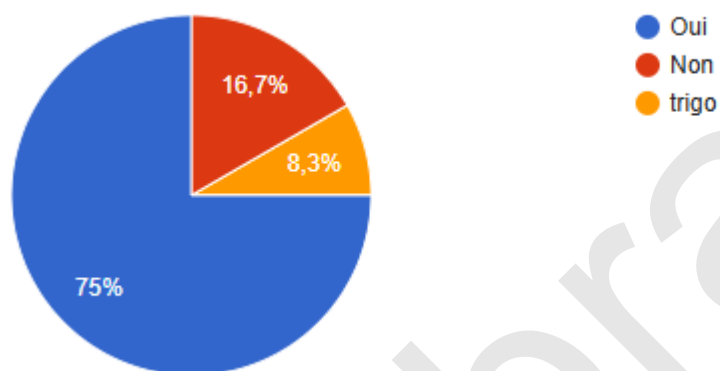


Figure 4.38: Utilité des Formations Supplémentaires sur Geogebra

Cette figure montre que 75% des enseignants sont favorables à l'utilité des formations supplémentaires sur Geogebra, tandis que 16,7% ne les jugent pas nécessaires, et 8,3% ont donné une réponse non précisée.

- Quelles améliorations souhaiteriez-vous pour une meilleure intégration de Geogebra en classe ?

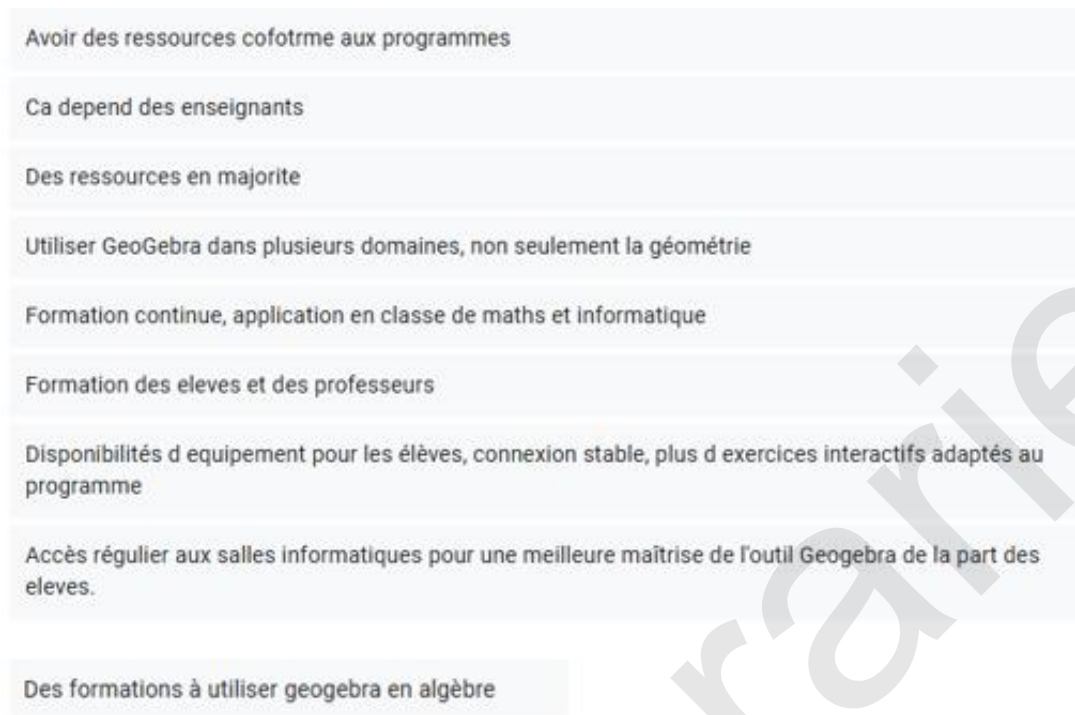


Figure 4.39: Souhaits des Enseignants

Cette figure indique les améliorations souhaitées par les enseignants pour une meilleure intégration de Geogebra en classe, incluant la disponibilité des ressources conformes aux programmes, des formations continues pour enseignants et élèves, une utilisation élargie au-delà de la géométrie, et un accès régulier aux équipements informatiques.

Les résultats montrent une diversité d'expérience parmi les enseignants, ce qui peut influencer la manière dont Geogebra est intégré dans l'enseignement. La majorité des enseignants ayant reçu une formation sur Geogebra l'utilisent dans divers domaines des mathématiques. Cela pourrait suggérer que la formation initiale est un facteur clé de son adoption.

Geogebra est principalement utilisé pour enseigner des concepts géométriques, indiquant son rôle crucial dans la visualisation et la compréhension des formes et des relations spatiales.

Les enseignants rapportent diverses méthodes d'intégration de Geogebra telles que la modélisation et l'exploration interactive, qui encouragent une participation active des élèves. Ce qui prouve l'hypothèse de Deci et Ryan.

Un nombre significatif d'enseignants pensent que Geogebra améliore la qualité de leur enseignement et que cela a un effet positif sur la compréhension des concepts géométriques par les élèves. Ce qui renforce les résultats des recherches de Faye.

Malgré les avantages, des difficultés subsistent, telles que le besoin d'une expertise en technologie et des contraintes de temps. Les enseignants constatent également que les élèves nécessitent souvent un accompagnement pour utiliser Geogebra de manière autonome.

Une demande pour des formations supplémentaires sur Geogebra a été exprimée, ce qui pourrait améliorer son intégration dans les pratiques pédagogiques.

En conséquence, les résultats indiquent que Geogebra peut jouer un rôle significatif dans l'amélioration de l'apprentissage géométrique, mais son efficacité dépend également de la formation des enseignants et des ressources disponibles. Les enseignants sont d'accord sur le fait qu'un soutien continu et une formation ciblée pourraient aider à surmonter les obstacles à son utilisation (Cevikbas & Kaiser, 2021).

En conclusion, Geogebra représente un outil prometteur pour l'enseignement de la géométrie en classe de 5ème. Pour maximiser son impact, il est essentiel d'investir dans la formation des enseignants et d'encourager l'expérimentation pédagogique. Des recherches futures pourraient explorer les effets spécifiques de Geogebra sur l'apprentissage des élèves de différentes capacités.

CHAPITRE 5

CONCLUSION

5.1. Les Résultats de la Recherche

Dans un monde de plus en plus numérique, les technologies de l'information et de communication (TICE) sont omniprésentes, mais les pratiques traditionnelles dominent encore dans l'enseignement. Cela rend l'intégration des TICE complexe pour les enseignants et les apprenants. Le but de notre recherche est d'analyser l'impact des TICE, en particulier, sur la motivation et l'apprentissage de la géométrie en classe de 5ème.

Notre étude vise à évaluer comment Geogebra influence la motivation des élèves (engagement, autonomie, perception des mathématiques). Elle consiste à examiner comment Geogebra affecte l'apprentissage (compréhension, résolution de problèmes, amélioration des compétences mathématiques).

Tout au long de notre expérimentation, nous avons travaillé sur l'appui du fait que l'utilisation de Geogebra améliore la motivation et l'apprentissage des élèves en géométrie et que les TICE favorisent une approche plus interactive et personnalisée de l'enseignement des mathématiques.

Dans le cadre de notre recherche, nous avons observé que les étudiants ont progressivement développé leur capacité à expliquer les phénomènes géométriques observés lors des activités, bien que certains aient initialement recours à des preuves pragmatiques. Cela pourrait être attribué à la tendance de l'enseignement à se concentrer sur des preuves pratiques lors de l'introduction des concepts géométriques, souvent en privilégiant le raisonnement inductif.

Au début de la séquence, les étudiants se sont concentrés sur l'exploration visuelle et la construction, leurs explications se limitant à des aspects visuels et à un niveau de preuve pragmatique. Cependant, grâce aux retours réguliers sur les activités, certains ont approfondi leur réflexion vers des preuves intellectuelles et ont commencé à utiliser le raisonnement déductif pour expliquer les figures obtenues. Ces retours ont permis d'institutionnaliser trois aspects clés : la révision des éléments techniques, la clarification des concepts mathématiques sous-jacents, et l'utilisation d'éléments de preuve pour valider la conjecture, favorisant ainsi un travail mathématique plus approfondi. L'utilisation d'un réseau déductif a posé des difficultés à certains étudiants, principalement en raison de la complexité de l'activité. Une discussion préalable sur la construction aurait pu faciliter la compréhension. Cette difficulté a conduit certains à remettre en question la faisabilité de telles activités au niveau collège, ce qui nous amène à réfléchir à ce que les futurs enseignants pourraient privilégier dans l'enseignement de la géométrie.

Lors de l'utilisation de Geogebra pour explorer des propriétés géométriques, certains élèves ont du mal à comprendre que les figures géométriques peuvent être modifiées dynamiquement tout en conservant certaines propriétés. Par exemple, lors de la construction d'un triangle et de son orthocentre, les élèves peuvent avoir des difficultés à visualiser comment l'orthocentre se déplace lorsque les sommets du triangle sont modifiés. Cette difficulté est souvent due à la transition entre une compréhension statique des figures (comme sur papier) et une compréhension dynamique (avec Geogebra), où les propriétés restent invariantes malgré les changements visuels (Duplessy, n.d.)

Pour résoudre ce problème, il est utile d'introduire progressivement les concepts de géométrie dynamique, en commençant par des constructions simples et en encourageant les élèves à explorer et à modifier les figures pour observer les invariants géométriques. Cela peut

aider les élèves à développer une compréhension plus profonde des propriétés géométriques et de leur comportement dans un environnement interactif.

5.2. Les Limites de la Recherche

5.2.1. Limitations méthodologiques

Bien que l'établissement dispose d'une infrastructure informatique théoriquement adéquate, avec un équipement en ordinateurs satisfaisant et une connexion internet généralement stable, une contrainte majeure a limité la mise en œuvre de cette étude : la disponibilité des salles informatiques.

L'accès restreint aux salles informatiques a constitué un obstacle significatif à la fréquence et à la régularité des séances de pratique avec Geogebra. Cette limitation a imposé des contraintes temporelles, réduisant le temps alloué à l'expérimentation et à l'approfondissement des concepts géométriques par les élèves. En conséquence, il a été difficile de garantir une exposition suffisante à l'outil Geogebra pour tous les élèves, ce qui a potentiellement affecté l'homogénéité des résultats observés.

Cette situation met en évidence une tension entre la volonté d'intégrer des outils numériques dans l'enseignement et les réalités pratiques liées à la gestion des ressources matérielles. Il est crucial de considérer cette dimension logistique lors de la planification de futures interventions pédagogiques intégrant Geogebra ou d'autres technologies, afin d'optimiser l'accès des élèves aux ressources nécessaires et de maximiser l'impact potentiel de ces outils sur leur apprentissage.

Un deuxième défi rencontré lors de l'expérimentation est la tendance des élèves à la distraction. L'intégration de Geogebra dans l'apprentissage des mathématiques selon le modèle

de SAMR nécessite une planification rigoureuse. Aux niveaux de substitution et d'augmentation, l'utilisation de la technologie pour des tâches simples et l'ajout de fonctionnalités utiles peuvent minimiser les distractions. Cependant, aux niveaux de modification et de redéfinition, où la technologie transforme profondément les tâches, il est essentiel que les élèves comprennent comment exploiter efficacement ces outils pour éviter qu'ils ne deviennent une source de distraction. En fin de compte, former les élèves à utiliser efficacement les technologies comme Geogebra est crucial pour maximiser leurs bénéfices pédagogiques tout en minimisant les risques de distraction (Puente, 2006).

Une limite à considérer dans cette étude réside dans la complexité des facteurs qui influencent les choix pédagogiques des enseignants, et par conséquent, l'intégration de Geogebra. L'adoption de méthodes spécifiques par un enseignant ne relève pas uniquement de l'outil lui-même, mais c'est le résultat d'une interaction complexe entre sa formation, sa conception de la discipline enseignée, et son expérience personnelle.

L'évaluation de ces influences nécessiterait le développement de profils d'enseignants détaillés, prenant en compte leur culture disciplinaire (leur vision de la géométrie), leur épistémologie personnelle (leur conception de la connaissance et de l'apprentissage), leurs connaissances pédagogiques et leur maîtrise des outils technologiques.

Des modèles théoriques comme le PCK (Pedagogical Content Knowledge) de Shulman, qui met en évidence l'importance de l'articulation entre la connaissance du contenu et la connaissance pédagogique, ou le SDP (Savoir Pédagogique Disciplinaire) de Berthiaume, qui intègre également l'épistémologie personnelle de l'enseignant, soulignent la complexité de cette interaction. Ainsi, les choix d'intégration de Geogebra ne peuvent pas être isolés de ces

dimensions plus larges(*Mémoire TICE - Najib | PDF | Technologies de l'information et de La Communication | Pédagogie, n.d.*)

Les questionnaires destinés aux enseignants pour évaluer l'efficacité de Geogebra et les compétences géométriques peuvent présenter plusieurs limites. Tout d'abord, les réponses des enseignants peuvent être influencées par des biais subjectifs, tels que leurs attentes ou leurs préjugés personnels, ce qui pourrait fausser la perception de l'outil. De plus, la représentativité des résultats pourrait être compromise si l'échantillon d'enseignants interrogés n'est pas diversifié ou si certains groupes sont surreprésentés.

La conception des questionnaires nécessite une attention particulière pour garantir que les questions soient claires et exhaustives, couvrant tous les aspects pertinents de l'étude. De plus, il est crucial de reconnaître que les perceptions des enseignants sur leur utilisation de Geogebra ou leurs compétences en géométrie peuvent être influencées par des biais subjectifs. Pour surmonter ces défis, une approche méthodologique rigoureuse est essentielle, incluant une validation soigneuse des outils de collecte de données et une combinaison de méthodes pour obtenir une vision plus complète et nuancée des résultats.

En outre, notre implication personnelle dans l'étude a pu influencer les résultats. Notre enthousiasme pour Geogebra pourrait avoir inconsciemment motivé les élèves ou influencé leur perception de l'outil. De plus, certaines variables, comme le niveau initial des élèves en géométrie ou leur motivation, n'ont pas été contrôlées de manière optimale. Ces facteurs pourraient avoir affecté la validité interne des résultats.

5.2.2. Limitations liées à la généralisation des résultats

Les résultats de cette étude pourraient ne pas être directement applicables à d'autres contextes éducatifs. Les écoles, les enseignants, les élèves et les programmes d'études varient considérablement, ce qui peut influencer l'efficacité de Geogebra. De plus, les caractéristiques spécifiques des participants, telles que leur niveau socio-économique ou leur attitude envers la technologie, pourraient limiter la généralisation des résultats.

Dans le contexte éducatif libanais, même si de nombreux établissements, en particulier privés, sont bien équipés en matière de technologie, plusieurs défis persistent pour une intégration efficace des outils numériques. Il existe d'importantes disparités entre les écoles publiques et privées au Liban. Les écoles publiques manquent généralement de ressources technologiques adéquates, ce qui limite l'accès à la technologie pour de nombreux élèves. Cette inégalité crée un fossé supplémentaire dans la qualité de l'éducation entre les différentes catégories d'établissements et peut affecter la capacité des élèves des écoles publiques à bénéficier des outils numériques.

Même dans les établissements privés bien équipés, les enseignants peuvent ne pas avoir une formation adéquate pour utiliser efficacement les nouvelles technologies. Il est crucial d'offrir une formation continue qui réponde aux besoins spécifiques des enseignants pour qu'ils puissent intégrer ces outils dans leur pratique pédagogique. Sans formation, les enseignants peuvent se sentir perdus et inconfortables dans l'utilisation des technologies, ce qui peut empêcher une adoption réussie.

L'équipement technologique doit être accompagné d'une infrastructure adéquate, y compris un accès stable à Internet, des installations physiques adaptées (comme des salles de classe équipées de matériel numérique), et une assistance technique régulière. Des problèmes

d'infrastructure, tels que des coupures d'électricité fréquentes ou des connexions Internet intermittentes, peuvent nuire à l'utilisation quotidienne des outils numériques.

L'introduction d'outils numériques nécessite une révision des méthodes pédagogiques traditionnelles. Les enseignants doivent être encouragés à adopter des approches d'enseignement plus interactives et centrées sur l'élève, ce qui peut nécessiter un changement de mentalité et de pratique. Cela peut être une source de résistance pour certains enseignants habitués à des méthodes d'enseignement plus classiques.

Pour que l'intégration des technologies soit un succès, il faut un soutien constant de la part de la direction des établissements scolaires. Les décideurs doivent créer un environnement favorable à l'innovation, en fournissant des ressources adéquates et en établissant des politiques qui encouragent l'utilisation des technologies dans les classes (Tabessi, 2024)

Le succès de l'intégration technologique repose également sur l'engagement des parents et des élèves. Les parents doivent être informés des avantages des outils numériques et de leur utilisation dans l'éducation de leurs enfants. Si les parents ne soutiennent pas ou ne comprennent pas l'utilisation de la technologie en classe, cela peut réduire les conséquences sur les élèves. De même, les élèves doivent être motivés à utiliser ces outils de manière proactive pour leur apprentissage.

La disponibilité et l'accès à des ressources éducatives numériques de qualité sont essentiels. Beaucoup d'écoles peuvent avoir des technologies, mais aussi si les contenus pédagogiques ne sont pas adaptés ou de bonne qualité, leur efficacité sera limitée. Il est donc nécessaire de développer ou d'identifier des ressources numériques alignées avec les programmes scolaires.

Enfin, il est important d'évaluer les compétences numériques des élèves et des enseignants pour garantir que l'intégration des outils numériques se traduise par des résultats d'apprentissage positifs. Des systèmes d'évaluation et de suivi doivent être mis en place pour mesurer l'efficacité de l'utilisation de la technologie dans le cadre éducatif.

En somme, bien que les établissements privés au Liban aient de l'équipement technologique, ces défis doivent être surmontés pour permettre une intégration efficace des outils numériques, garantissant ainsi que tous les élèves, quel que soit leur établissement, puissent bénéficier des avantages de l'éducation numérique (*L'UNESCO coopère avec le Liban pour développer les compétences de codage des enseignants et des élèves défavorisés* | UNESCO, n.d.-b)

Finalement, la durée de l'étude a également été relativement courte, ce qui ne permet pas d'observer les effets à long terme de l'utilisation de Geogebra. Des effets à court terme pourraient ne pas se maintenir sur une période plus longue, ce qui souligne la nécessité d'études longitudinales.

5.2.3. Limitations liées à l'environnement éducatif spécifique

Bien que l'établissement où nous avons mené l'expérimentation soit bien équipé en technologie, plusieurs défis persistent quant à l'utilisation efficace de Geogebra par tous les enseignants. En effet, malgré la disponibilité des ressources technologiques, certaines barrières, telles que la formation insuffisante des enseignants, les problèmes d'accès aux salles informatiques pour permettre aux élèves de pratiquer personnellement Geogebra, et la résistance au changement pédagogique, limitent l'adoption généralisée de Geogebra. De plus, l'engagement des enseignants et leur confiance dans l'utilisation de la technologie varient, ce qui affecte la

cohérence de l'intégration de Geogebra dans les pratiques pédagogiques. Ces défis soulignent la nécessité d'un soutien institutionnel continu, d'ajouter des salles informatiques et d'une formation ciblée pour les enseignants afin de maximiser les avantages de Geogebra dans l'apprentissage de la géométrie(Kasti, n.d.).

5.3. Nouvelles Perspectives

5.3.1. *Implications pour la pratique enseignante*

Les résultats de cette étude suggèrent plusieurs implications pour la pratique enseignante. Tout d'abord, les enseignants devraient adapter leurs méthodes pédagogiques pour intégrer Geogebra de manière plus efficace. Cela pourrait inclure des stratégies pour différencier l'enseignement, encourager la collaboration entre élèves, ou fournir un feedback personnalisé en temps réel. Une formation continue est essentielle pour aider les enseignants à développer leurs compétences en matière d'utilisation de Geogebra et d'autres outils technologiques(Dahal et al., 2022)

De plus, l'évaluation formative devrait être intégrée pour suivre les progrès des élèves et ajuster l'enseignement en conséquence. Geogebra offre des opportunités pour l'évaluation en temps réel, ce qui permet aux enseignants de cibler les difficultés spécifiques des élèves et de les aider à surmonter ces obstacles.

5.3.2. *Recommandations pour les politiques éducatives*

Pour maximiser les avantages de Geogebra, les décideurs politiques devraient investir dans les ressources technologiques et l'infrastructure nécessaires pour soutenir son utilisation. Cela

inclut non seulement l'équipement matériel mais aussi la formation des enseignants et le développement de contenus pédagogiques adaptés.

Il est également nécessaire d'intégrer explicitement l'utilisation de la technologie dans les programmes d'études de mathématiques. Cela nécessite de définir des objectifs d'apprentissage clairs et des activités appropriées qui exploitent les capacités de Geogebra pour améliorer la compréhension géométrique (Assadi & Cretu, 2023)

Enfin, il est crucial de soutenir la recherche sur l'efficacité de Geogebra et d'autres outils technologiques dans différents contextes éducatifs. Cela permettra de mieux comprendre comment ces outils peuvent être utilisés pour améliorer l'apprentissage des mathématiques et de réduire les disparités éducatives.

5.3.3. Suggestions pour des recherches futures

Pour approfondir les connaissances sur l'utilisation de Geogebra, plusieurs pistes de recherche futures sont suggérées. Tout d'abord, des études longitudinales seraient bénéfiques pour examiner les effets à long terme de l'utilisation de Geogebra sur la compréhension et l'appréciation de la géométrie. Ces études pourraient explorer comment les compétences acquises grâce à Geogebra se maintiennent ou évoluent au fil du temps.

Ensuite, il serait intéressant de comparer l'efficacité de Geogebra avec d'autres outils d'enseignement de la géométrie, tels que les logiciels de dessin ou les manipulations concrètes. Cela permettrait de mieux comprendre les avantages et les inconvénients relatifs à chaque approche.

Enfin, des recherches qualitatives pourraient explorer en profondeur les expériences et les perceptions des élèves et des enseignants concernant l'utilisation de Geogebra. Cela pourrait

inclure des entretiens ou des groupes de discussion pour recueillir des données qualitatives riches et détaillées (Goos & Beswick, 2021)

5.4. Conclusion

Ce mémoire avait pour objectif principal d'étudier l'impact de l'utilisation du logiciel Geogebra sur l'apprentissage de la géométrie chez les élèves de 5ème. L'étude a permis de mettre en évidence plusieurs constats importants. D'une part, l'intégration de Geogebra en classe favorise une meilleure visualisation des figures géométriques, une manipulation interactive des objets et une compréhension plus approfondie des concepts abstraits de la géométrie. D'autre part, l'expérimentation a montré que les élèves du groupe expérimental, ayant travaillé avec Geogebra, ont manifesté un intérêt accru pour les mathématiques et ont observé de meilleurs résultats aux tests par rapport au groupe témoin.

Par ailleurs, cette recherche a souligné les difficultés rencontrées par certains enseignants dans l'appropriation des outils numériques, notamment en raison du manque de formation ou du manque de temps pour préparer les séances à l'aide de ces technologies.

En réponse à la problématique initialement posée, les résultats de cette recherche confirment que l'utilisation de Geogebra constitue un outil pédagogique efficace pour renforcer l'apprentissage de la géométrie. Ce logiciel permet non seulement de dynamiser les cours, mais aussi de rendre les élèves plus actifs dans le processus d'apprentissage. La visualisation dynamique qu'il propose facilite la compréhension des propriétés des figures et des relations géométriques.

Ainsi, la principale contribution de ce travail réside dans la démonstration de l'importance de l'intégration des technologies, et plus particulièrement des logiciels de géométrie

dynamique, dans l'enseignement des mathématiques. Geogebra peut constituer un levier puissant pour dépasser les limites des méthodes traditionnelles et pour mieux répondre aux besoins des apprenants actuels.

Toutefois, cette recherche présente certaines limites qu'il convient de reconnaître. D'abord, l'expérimentation a été réalisée sur un échantillon limité, ce qui ne permet pas de généraliser les résultats à l'ensemble des classes de 5ème. De plus, le temps accordé à l'utilisation de Geogebra en classe reste relativement court par rapport à l'ampleur des notions géométriques à traiter.

Par ailleurs, un autre obstacle relevé concerne les compétences numériques des enseignants dont certains, peu formés à l'usage des TICE, peuvent se sentir en difficulté face à ces nouveaux outils, ce qui peut freiner leur intégration en classe.

Pour les recherches futures, il serait intéressant d'élargir l'expérimentation à un plus grand nombre d'établissements et de niveaux scolaires afin de confirmer les résultats obtenus. De plus, il serait pertinent d'envisager des formations continues pour les enseignants afin de renforcer leurs compétences numériques et pédagogiques dans l'usage de logiciels comme Geogebra. Une autre piste de recherche pourrait consister à étudier l'effet de la combinaison de Geogebra avec d'autres outils numériques (ex : Scratch) sur le développement des compétences mathématiques et logiques des élèves.

LISTE DES RÉFÉRENCES

- Assadi, N., & Cretu, C. (2023). The Influence of Integrating GeoGebra Software into the Educational Setting on the Affective, Behavioral, and Cognitive Aspects of Pre-Service Mathematics Teachers. *Creative Education*, 14(12), 2503–2519.
- Azzi, D. (2021). *Pour un nouveau modèle d'information et de communication numérique dans le métier des enseignants du supérieur au Liban* Pour un nouveau modèle d'information et de communication numérique dans le métier de l'enseignant du supérieur au Liban.
- Baptiste, B. (2017). *Examining the Relationship between Fidelity of Implementation of Accommodations for Students with Specific Learning Disabilities in Mathematics and Student Achievement in High School Algebra I Inclusion Classes*.
- Batiibwe, M. S. K. (2024). Application of interactive software in classrooms: A case of GeoGebra in learning geometry in secondary schools in Uganda. *Discover Education*, 3(1), 179.
- Bevort, A., & Prigent, A. (1994). Les recherches comparatives internationales en éducation. Quelques considérations méthodologiques. *Revue internationale d'éducation de Sèvres*, (1), 7-17. <https://doi.org/10.4000/ries>.
- Blossier, M., & Richard, P. R. (2014). Le travail mathématique en interaction avec un logiciel de géométrie dynamique tridimensionnelle. *Revista Latinoamericana de Investigación En Matemática Educativa, RELIME*, 17(4–2), 327–342.
- Boateng, S., & Kalonde, G. (2024). Exploring the Synergy of the SAMR (Substitution, Augmentation, Modification, and Redefinition) Model and Technology Integration in

- Education: The Key to Unlocking Student Engagement and Motivation. *Proceedings of The International Conference on Advanced Research in Education, Teaching, and Learning*, 1, 37–46. <https://doi.org/10.33422/aretl.v1i1.185>
- Casey, A., & Jones, B. (2011). Using digital technology to enhance student engagement in physical education. *Asia-Pacific Journal of Health, Sport and Physical Education*, 2(2), 51–66.
- Centre de Recherche et de Developpement Pedagogique. *Curriculum of Mathematics French CRDP Lebanon*. https://www.crdp.org/fr_test_crd/curriculum-content_details/le-curriculum-des-math%C3%A9matiques/fran%C3%A7ais
- Cevikbas, M., & Kaiser, G. (2021). A systematic review on task design in dynamic and interactive mathematics learning environments (DIMLEs). *Mathematics*, 9(4), 399.
- Chevallard, Y., & Johsua, M.-A. (1985). *La transposition didactique: Du savoir savant au savoir enseigné*. La Pensée Sauvage,.
- Chrétien, L. (2008). *L'engagement Des Élèves En Classes Multiâges Dans Des Tâches En Mathématique*.
- Clark-Wilson, A., Donevska-Todorova, A., Faggiano, E., Trgalová, J., & Weigand, H. G. (2021). *Mathematics education in the digital age*. Routledge.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2002). *Research methods in education*. Routledge.
- Coutat, S., Laborde, C., & Richard, P. R. (2016). L'apprentissage instrumenté de propriétés en géométrie: Propédeutique à l'acquisition d'une compétence de démonstration. *Educational Studies in Mathematics*, 93, 195–221.
- Creswell, J. W., & Clark, V. P. (2007). *Mixed methods research*. Thousand Oaks, CA.

- Dahal, N., Pant, B. P., Shrestha, I. M., & Manandhar, N. K. (2022). Use of GeoGebra in teaching and learning geometric transformation in school mathematics. *Int.J.Interact.Mob.Technol.*, 16(8), 65–78.
- Dales, A., & Léal, Y. (2024). L'utilisation des problèmes à variation permet-elle d'enrichir la mémoire de problèmes et ainsi favoriser la réussite des élèves?
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 319–340.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The "what" and "why" of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry*, 11(4), 227–268.
- Dogan, M., & İçel, R. (2011). The role of dynamic geometry software in the process of learning: GeoGebra example about triangles. *Journal of Human Sciences*, 8(1), 1441–1458.
- Doyle, W. (1986). Classroom organization and management. *Handbook of Research on Teaching/Macmillan*.
- Drijvers, P. (2015). Digital technology in mathematics education: Why it works (or doesn't). *Selected Regular Lectures from the 12th International Congress on Mathematical Education*, 135–151.
- Duguay, S. (2018). *Effets de l'utilisation de GeoGebra intégré à des scénarios d'activités d'apprentissage actif sur la motivation des étudiants collégiaux à effectuer des exercices en algèbre dans le cours de mise à niveau pour mathématiques* [Masters, Université du Québec en Outaouais]. <https://di.uqo.ca/id/eprint/1030/>
- Duplessy, E. (n.d.). *Mathématique. Num. 54. Apprentissage de Geogebra sans mode d'emploi*.
- Duval, R. (1995). *Sémiosis et pensée humaine : Registres sémiotiques et apprentissages intellectuels* (Vol. 4). Peter Lang.

Faye, A. (2022). Geogebra: aide ou obstacle?. *Cahiers pédagogiques*, 580(7), 29-30.

<https://doi.org/10.3917/cape.580.0029>

Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C., & Paris, A. H. (2004). School engagement: Potential of the concept, state of the evidence. *Review of Educational Research*, 74(1), 59–109.

Goos, M., & Beswick, K. (2021). *Learning and Development of Mathematics Teacher Educators*. Springer.

Güven, B., Çekmez, E., & Karataş, İ. (2010). Using empirical evidence in the process of proving: The case of dynamic geometry. *Teaching Mathematics and Its Applications*, 29(4), 193-207. *Teaching Mathematics and Its Applications*, 29.

<https://doi.org/10.1093/teamat/hrq010>

Hennessy, S., Fung, P., & Scanlon, E. (2001). The role of the graphic calculator in mediating graphing activity. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 32(2), 267–290. <https://doi.org/10.1080/00207390010022176>

Hohenwarter, J., Hohenwarter, M., & Lavicza, Z. (2009). Introducing Dynamic Mathematics Software to Secondary School Teachers: The Case of GeoGebra. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 28.

Hohenwarter, M., Hohenwarter, J., Kreis, Y., & Lavicza, Z. (2008). Teaching and learning calculus with free dynamic mathematics software GeoGebra. *11th International Congress on Mathematical Education (ICME 11)*.

Hohenwarter, M., & Jones, K. (2007). Ways of linking geometry and algebra, the case of Geogebra. *Proceedings of the British Society for Research into Learning Mathematics*, 27(3), 126–131.

- Hollebrands, K. F. (2003). High school students' understandings of geometric transformations in the context of a technological environment. *The Journal of Mathematical Behavior*, 22(1), 55–72.
- Houssaye, J. (1995). Viau (Rolland). La motivation en contexte scolaire. *Revue française de pédagogie*, 113(1), 154–155.
- Huger, O. (n.d.). *L'utilisation des TICE dans l'enseignement des mathématiques: En quoi le TNI est-il un outil pertinent pour passer du repérage dans l'espace vécu au repérage dans l'espace représenté en Petite Section?*
- Jahn, A., Soury-Lavergne, S., & Trgalova, J. (2009, July 1). *Analyse de ressources pédagogiques pour la géométrie dynamique et évaluation de leur qualité: Le projet Intergeo.*
- Jones, N. P. (2017). No title. *Teachers' Theories of Teaching and Learning and the Use of Math Interventions.*
- Joubert, G. (2013). Des TIC aux TICE... ou Comment bâtir l'Ecole de notre temps. *Université Sciences Po Aix, Provence. Retrouvé Le*, 25(8), 2016.
- Karsenti, T. (1997). Comment le recours aux TIC en pédagogie universitaire peut favoriser la motivation des étudiants: Le cas d'un cours médiatisé sur le Web. *Nouveaux cahiers de la recherche en éducation*, 4(3), 455. <https://doi.org/10.7202/1017306ar>
- Kasti, H. (n.d.). *Effect of geogebra professional development on inservice secondary mathematics teachers' technology integration level.*
- Kuzniak, A. (2011). L'espace de travail mathématique et ses genèses. *Annales de Didactiques et de Sciences Cognitives*, 16, 9–24.

Kuzniak, A. (2024). Enseignement de la modélisation mathématique et construction du travail mathématique: Une dynamique problématique. *Recherches En Didactique Des Mathématiques*.

Lteif, C. (2024). No title. *De La Motivation à l'auto-Apprentissage, Les Leviers de Développement de l'envie d'apprendre*.

Marrades, R., & Gutierrez, A. (2000). Proofs produced by secondary school students learning geometry in a dynamic computer environment. *Educational Studies in Mathematics*, 44, 87–125. <https://doi.org/10.1023/A:1012785106627>

Martin, O. (2012). Les 100 Mots de la Sociologie: Induction-déduction. *Sociologie*. <https://journals.openedition.org/sociologie/1594>

Mastafi, M. (2020). Rôles et impacts des TIC dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques: Perceptions des enseignants du secondaire. *Formation et profession*, 28(2), 60. <https://doi.org/10.18162/fp.2020.508>

Memoire Online—Enseignement apprentissage de la géométrie dans un environnement informatique—Saloum TOURE. (n.d.). Memoire Online. <https://www.memoireonline.com/03/11/4307/Enseignement-apprentissage-de-la-geometrie-dans-un-environnement-informatique.html>

Mémoire TICE - Najib | PDF | Technologies de l'information et de la communication | Pédagogie. (n.d.). Scribd. Retrieved March 11, 2025, from <https://fr.scribd.com/document/700184631/memoire-TICE-najib>

Nogry, S., Decortis, F., Sort, C., & Heurtier, S. (2013). Apports de la théorie instrumentale à l'étude des usages et de l'appropriation des artefacts mobiles tactiles à l'école. *Sciences et*

Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation,
20(1), 413-443.

Nouhou, A. M. (n.d.). *Impact de l'utilisation de GeoGebra sur l'apprentissage des élèves: Cas de la compréhension du concept de fonctions numériques au lycée.*

Nouhou, A. M., & Jaillet, A. (2023a). Effets de l'utilisation de Geogebra sur les performances des élèves en apprentissage des fonctions numériques au lycée. *ENCRES (Revue Scientifique Semestrielle de l'Ecole Normale Supérieure de l'Université Abdou Moumouni, Niamey/Niger)*, ISSN: 1859-5116.

Nouhou, A. M., & Jaillet, A. (2023b). Effets de l'utilisation de Geogebra sur les performances des élèves en apprentissage des fonctions numériques au lycée. *ENCRES (Revue Scientifique Semestrielle de l'Ecole Normale Supérieure de l'Université Abdou Moumouni, Niamey/Niger)*, ISSN: 1859-5116.

Pallant, J. (2020). *SPSS survival manual: A step by step guide to data analysis using IBM SPSS*. Routledge.

Perrault, B. (2016). L'usage pédagogique des TIC en formation transdisciplinaire. *La Recherche En Éducation: Des Enjeux Partagés*.

Perrenoud, P. (2011). *Construire des compétences dès l'école*. ESF.

Porcher, E. (n.d.). *L'utilisation des TICE au service des mathématiques à l'école maternelle*.

Puentedura, R. R. (2006). Transformation, technology, and education in the state of Maine. [Http://Hippasus.Com/Resources/Tte/](http://Hippasus.Com/Resources/Tte/)[5.7.2018].

Ray, J. R. (2014). *Training programs to increase cybersecurity awareness and compliance in non-profits*.

- Redouani, A. (2022). No title. *L'impact de l'usage Pédagogique Du Tableau Blanc Interactif (TBI) Sur l'engagement Scolaire Des Élèves Dans Le Cadre de l'enseignement de La Langue Arabe à l'école Élémentaire En France: Cas Du Département Du Bas-Rhin.*
- Reschly, A. L., & Christenson, S. L. (2022). *Handbook of research on student engagement.* Springer.
- Richard, P. R., Iranzo, N., Fortuny, J. M., & Tessier-Baillargeon, M. (2009). Influence of dynamic geometry and problem solving strategies toward an interactive tutorial system. *E-Learn: World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education*, 649–658.
- Rozenblum, H.-M. (n.d.). *L'apprentissage de la geometrie au college avec le logiciel libre geogebra.*
- Skinner, E. A., & Belmont, M. J. (1993). Motivation in the classroom: Reciprocal effects of teacher behavior and student engagement across the school year. *Journal of Educational Psychology*, 85(4), 571.
- Stinson, D. W., Wager, A., & Leonard, J. (2012). Teaching mathematics for social justice: Conversations with educators. *Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.*
- Tabessi, M. A. (2024). No title. *Exploration de l'impact de GeoGebra Sur Les Pratiques Enseignantes de Mathématiques Au Secondaire En Tunisie.*
- Tamam, B., & Dasari, D. (2021). The use of Geogebra software in teaching mathematics. *Journal of Physics: Conference Series*, 1882(1), 012042. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1882/1/012042>
- Thompson, B. (2006). Foundations of behavioral statistics: An insight-based approach. *Guilford Press.*

Unesco.(2023, May) *L'UNESCO coopère avec le Liban pour développer les compétences de codage des enseignants et des élèves défavorisés.*

<https://www.unesco.org/fr/articles/lunesco-coopere-avec-le-liban-pour-developper-les-competences-de-codage-des-enseignants-et-des>

Vallerand, R., & Halliwell, W. (1983). Formulations-théoriques-contemporaines-en-motivation-intrinsèque. *Canadian Psychology*, 2, 243–256. <https://www.lrcs.uqam.ca/wp-content/uploads/2017/04/Formulations-th%C3%A9oriques-contemporaines-en-motivation-intrins%C3%A8que.pdf>

Villiers, M. D. (2012). *An alternative approach to proof in dynamic geometry* (pp. 369–393). Routledge.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.

Wassie, Y. A., & Zergaw, G. A. (2018). Capabilities and contributions of the dynamic math software, geogebra A review. *North American GeoGebra Journal*, 7(1).

Zengin, Y., Furkan, H., & Kutluca, T. (2012). The effect of dynamic mathematics software geogebra on student achievement in teaching of trigonometry. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 31, 183–187. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.12.038>

ANNEXE A: Pré-Test et Post-test

Exercice 1 :

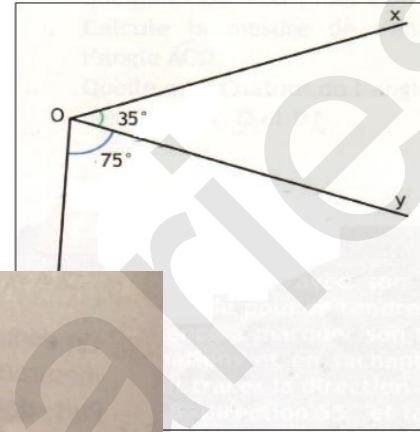
Pour chacune des questions suivantes, choisir la bonne réponse :

1- Dans la figure ci-contre :

A- $\widehat{xOz} = 40^\circ$

B- $\widehat{xOz} = 110^\circ$

C- On ne peut pas calculer $\widehat{xOz}$



2- $\widehat{xOy} = 130^\circ$, son supplément :

A- mesure 40°

B- n'existe pas.

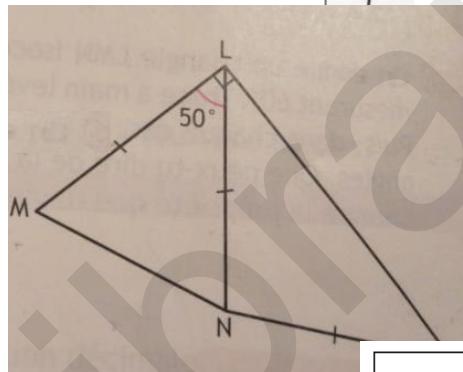
C- mesure 50°

3- Dans la figure ci-contre :

A- $\widehat{LMN} = 75^\circ$

B- $\widehat{LMN} = 50^\circ$

C- $\widehat{LNM} = 65^\circ$

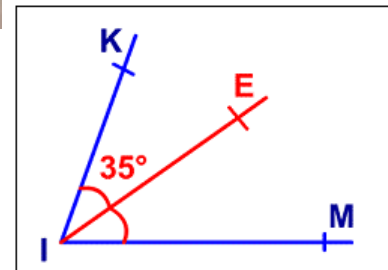


4- Dans la figure ci-contre, [IE] est la bissectrice de $\widehat{KIM}$ donc :

A- $\widehat{KIM} = 70^\circ$

B- $\widehat{EIM} = 70^\circ$

C- $\widehat{KIM} = 35^\circ$

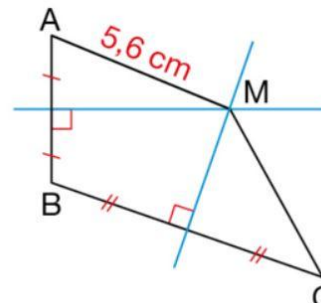


5- Dans la figure ci-dessous, M appartient aux médiatrices des côtés [AB] et [BC] :

A- $MA = AB$

B- $MC = BC$

C- $MB = MC$

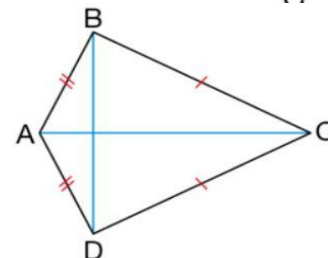


6- Dans la figure ci-dessous, $AB = AD$ et $BC = CD$:

A- (BD) est la médiatrice de [AC]

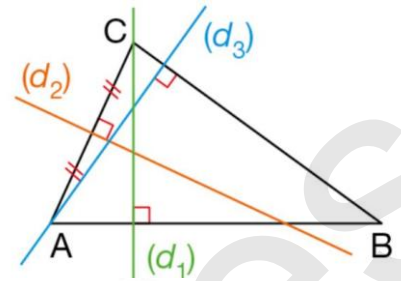
B- (AC) est la médiatrice de [BD]

C- $(AB) \parallel (CD)$



7- Parmi les droites (d_1) , (d_2) et (d_3) , lesquelles sont des hauteurs ?

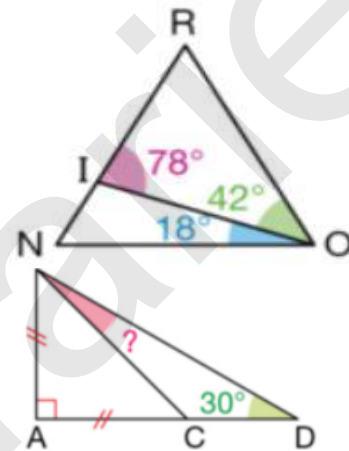
- A- (d_1) et (d_2)
- B- (d_1) et (d_3)
- C- (d_1) et (d_2)



8- Les points N, I et R sont alignés.

L'angle $\widehat{NIO}$ mesure :

- A- 102°
- B- 60°
- C- 84°



9- Les points A, C et D sont alignés. L'angle $\widehat{CBD}$ mesure

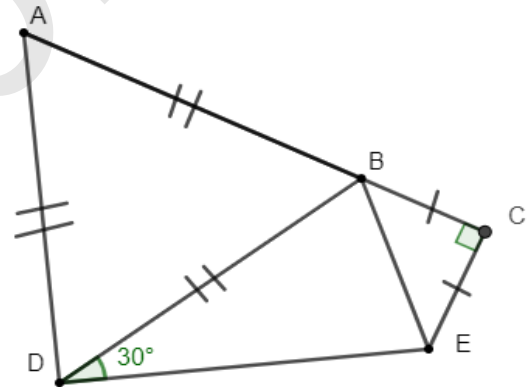
- A- 15°
- B- 25°
- C- 30°

Exercice 2 :

Sur la figure tracée à main levée ci-contre, on a :

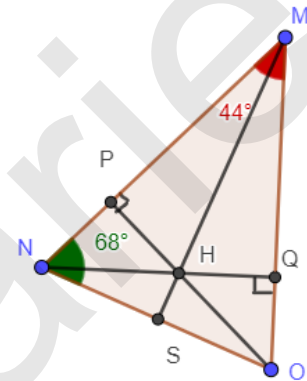
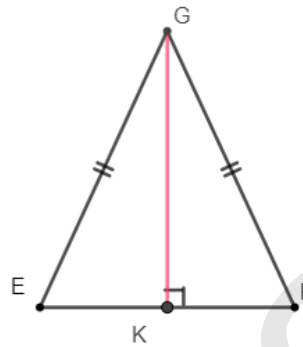
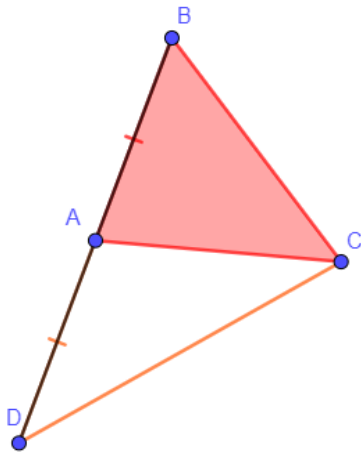
- $AB = AD = BD$
- $\widehat{BDE} = 30^\circ$
- $BC = CE$
- $\widehat{BCE} = 90^\circ$
- Les points A, B et C sont alignés.

- 1) Déterminer la mesure de l'angle $\widehat{ABD}$, puis celle de l'angle $\widehat{CBE}$.
- 2) Calculer la mesure de l'angle $\widehat{DBE}$.
- 3) Quelle est la nature du triangle DBE ? Justifier.



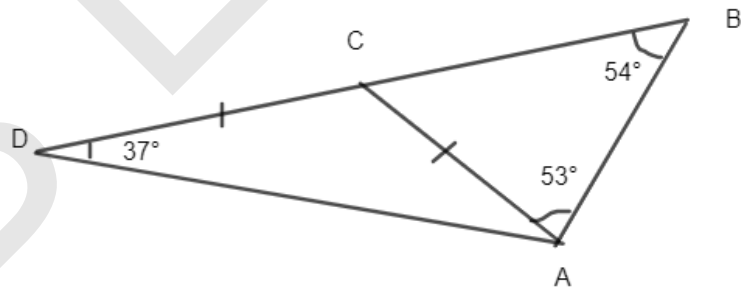
Post-test**Exercice 1 :**

Citer, dans chacune des figures ci-dessous, une médiane s'il y en a, justifier.

**Exercice 2 :**

On donne la figure ci-dessous tracée à main levée.

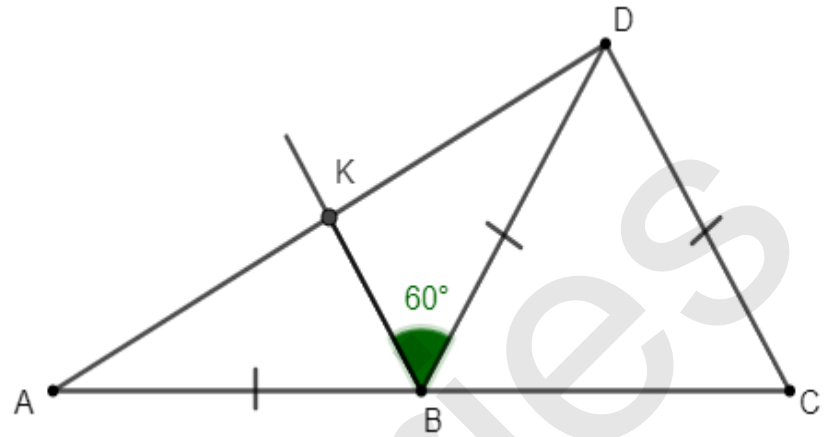
Jad affirme que les points D, C et B sont alignés. A-t-il raison ? justifier.



Exercice 3 :

Dans la figure ci-contre tracée à main levée, on a :

- $[BK]$ est la bissectrice de l'angle $\widehat{ABD}$.
- $\widehat{DBK} = 60^\circ$.
- $AB = BD = DC$
- Les points A, B et C sont alignés.



- Démontrer que l'angle $\widehat{ADB} = 30^\circ$.
- Démontrer que le triangle DBC est équilatéral.
- Démontrer que B est le milieu de $[AC]$.
- $[DB]$ et $[CK]$ se coupent en G. Démontrer que $[AG]$ coupe $[DC]$ en son milieu.

ANNEXE B : Grille d'Observation pour l'Utilisation de Geogebra en Géométrie

1. Aspects pédagogiques

Critère	Indicateurs observables	Oui/Non	Commentaires
Objectifs clairs	Les objectifs d'apprentissage sont explicités aux élèves.		
Approche interactive	L'enseignant utilise GeoGebra pour encourager les interactions.		
Adaptation des consignes	Les consignes données permettent une utilisation optimale de GeoGebra.		

2. Utilisation de GeoGebra

Critère	Indicateurs observables	Oui/Non	Commentaires
Précision des manipulations	Les élèves manipulent les outils de GeoGebra avec précision.		
Exploration et expérimentation	Les élèves utilisent GeoGebra pour tester et explorer des hypothèses.		
Visualisation des concepts	GeoGebra aide à illustrer clairement des notions géométriques abstraites.		

3. Engagement des élèves

Critère	Indicateurs observables	Oui/Non	Commentaires
Participation active	Les élèves participent activement à la séance (questions, essais, etc.).		
Collaboration	Les élèves travaillent en groupes ou interagissent avec leurs pairs.		
Motivation	Les élèves semblent motivés et curieux d'utiliser GeoGebra.		

4. Apprentissage et compréhension

Critère	Indicateurs observables	Oui/Non	Commentaires
Compréhension des concepts	Les élèves expliquent clairement ce qu'ils observent avec GeoGebra.		
Réinvestissement	Les élèves réutilisent les notions découvertes dans des exercices.		
Résolution de problèmes	Les élèves utilisent GeoGebra pour résoudre des problèmes géométriques.		

5. Gestion de la classe

Critère	Indicateurs observables	Oui/Non	Commentaires
Temps alloué	L'utilisation de GeoGebra respecte les délais de la séance.		
Gestion des imprévus	L'enseignant gère efficacement les difficultés techniques ou pédagogiques.		
Soutien individualisé	L'enseignant aide les élèves en difficulté lors des manipulations.		

6. Résultats attendus (Post-séance)

Critère	Indicateurs observables	Oui/Non	Commentaires
Autonomie	Les élèves sont capables d'utiliser GeoGebra seuls pour résoudre des tâches.		
Transfert des apprentissages	Les élèves appliquent les concepts appris à de nouveaux problèmes.		
Retour des élèves	Les élèves expriment une appréciation positive de l'outil GeoGebra.		

ANNEXE C : Questionnaire sur l'Utilisation de Geogebra dans l'Enseignement des Mathématiques

Introduction

Ce questionnaire vise à recueillir des informations sur l'utilisation de GeoGebra par les enseignants de mathématiques, ses applications pédagogiques, son impact sur la compréhension et l'engagement des élèves, ainsi que les défis rencontrés. Les résultats permettront d'évaluer les perceptions des enseignants quant à l'intégration de GeoGebra dans l'enseignement des mathématiques.

Section 1: Informations générales

1. Sexe:
2. Années d'expérience en enseignement des mathématiques :
3. Niveau d'enseignement:
4. Avez-vous suivi une formation sur l'utilisation de GeoGebra ?

Section 2 : Fréquence et contexte d'utilisation de GeoGebra

5. Utilisez-vous GeoGebra dans vos cours de mathématiques ?
6. Dans quel(s) domaine(s) des mathématiques utilisez-vous GeoGebra ? (plusieurs réponses possibles)
7. Comment intégrez-vous GeoGebra dans vos activités pédagogiques ?

Section 3 : Impact de GeoGebra sur l'apprentissage des élèves

8. Pensez-vous que GeoGebra améliore la qualité de votre enseignement ?
9. Quels sont les principaux effets de GeoGebra sur l'apprentissage des élèves ? (Plusieurs réponses possibles)
10. Observez-vous une différence dans la compréhension des concepts mathématiques chez les élèves utilisant GeoGebra ?

Section 4 : Défis et obstacles à l'utilisation de GeoGebra

11. Rencontrez-vous des difficultés dans l'utilisation de GeoGebra en classe ?
12. Les étudiants sont-ils en mesure d'utiliser Geogebra de manière autonome, ou nécessitent-ils systématiquement l'accompagnement et l'encadrement de l'enseignant pour son utilisation efficace ?
13. Quels sont les principaux obstacles à l'utilisation de GeoGebra ? (Plusieurs réponses possibles)
14. Pensez-vous que des formations supplémentaires sur GeoGebra seraient bénéfiques ?

Section 5 : Suggestions et recommandations

15. Quelles améliorations souhaiteriez-vous pour une meilleure intégration de GeoGebra en classe ?

Remerciements

Merci pour votre participation. Vos réponses contribueront à mieux comprendre l'impact de GeoGebra dans l'enseignement des mathématiques et à proposer des solutions pour une meilleure intégration des outils numériques en classe.

<https://forms.gle/jSRfSstGnsdBE3Vj8>