

**UNIVERSITÉ DU QUÉBEC**

**MÉMOIRE PRÉSENTÉ À  
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES**

**COMME EXIGENCE PARTIELLE  
DE LA MAITRISE EN ÉDUCATION**

**PAR  
MOHAMED ALI TABESSI**

**EXPLORATION DE L'IMPACT DE GEOGEBRA SUR LES PRATIQUES  
ENSEIGNANTES DE MATHÉMATIQUES AU SECONDAIRE EN TUNISIE**

**JUILLET 2024**

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire, de cette thèse ou de cet essai a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire, de sa thèse ou de son essai.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire, cette thèse ou cet essai. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire, de cette thèse et de son essai requiert son autorisation.

**UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES**  
**MAITRISE EN ÉDUCATION**

**Direction de recherche :**

Anne Roy

---

Prénom et nom

Directeur de recherche

**Comité d'évaluation :**

Anne Roy

---

Prénom et nom

Directeur de recherche

---

Prénom et nom

Évaluateur

---

Prénom et nom

Évaluateur

## REMERCIEMENTS

En écrivant les derniers mots de ce mémoire, je ressens une profonde émotion et une immense gratitude envers toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à l'aboutissement de ce travail.

Tout d'abord, je souhaite exprimer ma sincère reconnaissance à ma directrice de recherche, Anne Roy. Merci de m'avoir soutenu tout au long de mes études de maîtrise. Votre générosité et le temps que vous m'avez consacré ont été inestimables. Malgré les défis rencontrés, vous avez guidé ce travail avec habileté pour mener ce mémoire à bien. Votre disponibilité, vos conseils avisés, votre rigueur et votre écoute bienveillante ont été des repères essentiels. Nos échanges enrichissants ont nourri ma réflexion et ont transformé ce parcours en une expérience d'apprentissage inoubliable. Merci de m'avoir rassuré dans les moments de doute et d'avoir été présente durant ces belles années de maîtrise.

Au cœur de ce cheminement, une rencontre a laissé une empreinte indélébile dans mon esprit et dans mon cœur. Nicole Royer, votre humanité et vos mots ont été des lumières dans les moments de doute. Votre soutien a été un pilier essentiel pour garder le cap et ne jamais désespérer.

Je souhaite également exprimer ma profonde gratitude aux membres du jury qui ont accepté d'évaluer ce travail. Votre expertise et votre regard critique enrichiront et approfondiront ma réflexion.

Ce mémoire est aussi le fruit des enseignements de grande qualité dispensés par les professeurs du département d'éducation. Je nomme en particulier Alain Huot, Priscilla Boyer, Stéphane Thibodeau, Marie-Hélène Forget et Mélanie Gauthier, mais je remercie tous les professeurs du département pour leurs précieuses contributions. Chacun à votre manière, vous avez semé en moi des graines de curiosité et de passion qui ne cessent de germer et de faire grandir ma pensée.

Je tiens à exprimer ma gratitude aux cinq participants de cette étude, dont les expériences et témoignages ont été essentiels à l'élaboration de ce mémoire. Votre ouverture et votre sincérité ont grandement enrichi cette recherche.

Je souhaite également remercier Carole Dontigny. Vous avez toujours été là pour répondre à mes questions et me guider dans les démarches à suivre.

Enfin, je tiens à remercier ma mère. Votre amour, votre soutien inconditionnel et votre encouragement constant m'ont donné la force et la détermination nécessaires pour mener à bien ce projet. Vous êtes une source d'inspiration et de motivation, et ce travail vous est dédié.

## TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS .....	iii
TABLE DES MATIÈRES.....	v
LISTE DES TABLEAUX ET DES FIGURES .....	ix
LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES.....	x
SOMMAIRE.....	xi
<b>1 INTRODUCTION.....</b>	<b>13</b>
Chapitre 1 : Problématique.....	17
1.1 Contexte éducatif en Tunisie.....	17
1.1.1 Aperçu historique du système éducatif tunisien.....	17
1.1.1.1 Influences coloniales.....	17
1.1.1.2 Réformes postindépendance .....	18
1.1.2 Réformes et défis actuels.....	18
1.1.2.1 Réformes curriculaires .....	18
1.1.2.2 Inégalités d'accès à l'éducation.....	21
1.2 Enseignement des mathématiques au secondaire en Tunisie .....	21
1.2.1 Programmes et objectifs .....	21
1.2.2 Pratiques enseignantes, approches pédagogiques et défis associés.....	22
1.2.3 Performances des élèves tunisiens en mathématiques.....	24
1.2.3.1 Résultats des évaluations nationales .....	24
1.2.3.2 Résultats des évaluations internationales (PISA, TIMSS) .....	24
1.2.4 Facteurs influençant les performances en mathématiques.....	25
1.2.4.1 Ressources pédagogiques .....	25
1.2.4.2 Formation du personnel enseignant et intégration des technologies .....	26
1.2.4.3 Engagement et motivation des élèves .....	27
1.3 Sources de développement des connaissances enseignantes.....	27
1.3.1 Formation initiale et continue.....	27
1.3.2 Expérience professionnelle .....	28
1.4 Défis de l'intégration des technologies pour l'enseignement des mathématiques.....	30
1.5 Pertinence de l'étude .....	31

1.6	Question de recherche.....	34
2.	Chapitre 2 : Cadre théorique.....	35
2.1	Le modèle de Magnusson et al. (1999).....	35
2.1.1	Présentation du modèle et de ses quatre domaines .....	35
2.1.2	Pertinence du modèle pour étudier l'intégration de GeoGebra .....	36
2.2	Les connaissances pédagogiques liées au contenu (PCK) .....	37
2.2.1	Définition et composantes des PCK au cœur du modèle de Magnusson et al. (1999). 37	
2.2.2	Rôle des PCK pour comprendre les pratiques enseignantes.....	38
2.3	Modèles d'intégration (TPACK, SAMR).....	39
2.4	Utilisation de GeoGebra.....	41
2.5	Définition des compétences mathématiques .....	42
2.6	Théorie de l'apprentissage autorégulé de Zimmerman (2002) .....	42
2.7	Le concept de genèse instrumentale (Rabardel, 1995) .....	45
2.8	Objectif de recherche.....	47
3.	Chapitre 3 : Méthodologie de recherche .....	48
3.1	Le choix d'une approche qualitative .....	48
3.1.1	Un ancrage dans le paradigme compréhensif .....	48
3.1.2	Une visée exploratoire .....	50
3.2	La constitution de l'échantillon .....	50
3.2.1	Une stratégie d'échantillonnage intentionnel.....	50
3.2.2	Procédure de recrutement et présentation des participants .....	52
3.3	L'entretien semi-directif comme outil de collecte des données.....	54
3.3.1	Justification du choix de l'entretien comme unique outil de collecte .....	54
3.3.2	Un outil pour accéder à l'expérience vécue.....	55
3.3.3	La construction du guide d'entretien.....	56
3.4	Le déroulement de la collecte des données .....	59
3.4.1	Modalités pratiques des entretiens .....	59
3.4.2	La transcription des entretiens .....	60
3.5	La méthode d'analyse des données.....	60
3.5.1	Le choix d'une analyse thématique.....	60

3.5.2	Les étapes de l'analyse.....	62
3.6	Critères de rigueur scientifique.....	64
3.6.1	Crédibilité et fiabilité des résultats .....	64
3.6.2	Transférabilité et généralisation des résultats .....	65
3.7	Considérations éthiques.....	65
4.	Chapitre 4 - Présentation des résultats.....	67
4.1	Profil des enseignants interviewés.....	67
4.2	Diverses motivations à l'origine de l'adoption de GeoGebra.....	68
4.2.1	La curiosité pour un nouvel outil .....	68
4.2.2	Volonté d'innovation dans les pratiques pédagogiques .....	69
4.2.3	Des besoins d'instrumentation spécifiques .....	69
4.3	Les genèses instrumentales et les défis surmontés.....	70
4.3.1	Des contraintes matérielles.....	70
4.3.2	Le nécessaire temps d'adaptation des élèves.....	71
4.3.3	La gestion des écarts de compétences numériques .....	72
4.3.4	L'ajustement des interventions enseignantes.....	73
4.3.5	La résistance aux changements pédagogiques.....	73
4.4	Reconfiguration des pratiques pédagogiques.....	75
4.4.1	Transition du Mode Transmissif à la Logique d'Exploration.....	75
4.4.2	Une place centrale pour la résolution de problèmes.....	76
4.4.3	Un soutien renforcé aux démarches expérimentales .....	77
4.4.4	Différencier et personnaliser les activités selon les besoins.....	78
4.5	Impacts perçus sur la motivation et l'apprentissage des élèves.....	80
4.5.1	Stimulation de la motivation pour les mathématiques.....	80
4.5.2	Une implication accrue dans les tâches mathématiques.....	81
4.5.3	Un facilitateur de compréhension des notions abstraites .....	82
4.5.4	Renforcement des compétences mathématiques .....	83
4.5.5	Des processus d'autorégulation étayés.....	84
4.5.6	Une responsabilisation dans les apprentissages.....	85
4.6	Nécessité d'un soutien continu.....	86
4.6.1	Élaboration de programmes de formation approfondis.....	87



4.6.2	Concevoir des ressources pédagogiques spécifiques .....	88
4.6.3	Mise à niveau des équipements informatiques .....	89
4.6.4	Encourager la mutualisation entre pairs .....	89
4.7	Vers une intégration institutionnelle et systémique .....	91
4.7.1	Adoption généralisée de GeoGebra.....	91
4.7.2	Initiatives politiques et investissements continus.....	92
5.	Chapitre 5 : Discussion .....	96
5.1	GeoGebra, un puissant catalyseur du développement professionnel des enseignants 96	
5.1.1	L'enrichissement des connaissances pédagogiques liées au contenu (PCK) .....	96
5.1.2	Un renforcement des connaissances disciplinaires .....	98
5.1.3	Une meilleure compréhension des démarches des élèves.....	99
5.1.4	L'appropriation de connaissances technologiques spécifiques .....	100
5.2	GeoGebra, un catalyseur de transformation des pratiques.....	101
5.2.1	Une amplification progressive débouchant sur une redéfinition .....	101
5.2.2	Une transformation des interactions didactiques et pédagogiques.....	102
5.2.3	Un environnement propice au développement de compétences élargies.....	103
5.2.4	Un outil au service du développement des compétences mathématiques et de l'autorégulation.....	105
5.3	Défis et conditions d'une intégration réussie .....	107
5.3.1	L'impératif d'une formation continue et adaptée.....	107
5.3.2	Développer des ressources adaptées au contexte éducatif tunisien.....	109
5.3.3	Développer les équipements et l'infrastructure numérique .....	110
5.3.4	Encourager les dynamiques collectives de co-formation.....	110
6.	Conclusion générale.....	112
	Problématique.....	112
	Cadre théorique .....	112
	Méthodologie.....	113
	RÉFÉRENCES .....	119
	ANNEXE I: Guide d'entretien .....	131
	ANNEXE II : Formulaire de consentement des participants.....	135

## LISTE DES TABLEAUX ET DES FIGURES

Figure 1 : Les phases de l'autorégulation.....	44
Figure 2 : Processus de genèse instrumentale.....	46
Figure 3 : Parcours d'appropriation de GeoGebra .....	95

## **LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES**

ADEA : Association pour le développement de l'éducation en Afrique

CK : Content Knowledge (Connaissances disciplinaires)

LMD : Licence-Master-Doctorat

MET : Ministère de l'Éducation en Tunisie

OCDE : Organisation de coopération et de développement économiques

PCK : Pedagogical Content Knowledge (Connaissances pédagogiques liées au contenu)

PISA : Programme international pour le suivi des acquis des élèves

PK : Pedagogical Knowledge (Connaissances pédagogiques)

SAMR : Substitution, Augmentation, Modification, Redéfinition

TIC : Technologies de l'information et de la communication

TIMSS : Trends in International Mathematics and Science Study

TK : Technological Knowledge (Connaissances technologiques)

TPACK : Technological Pedagogical Content Knowledge (Connaissances technologiques et pédagogiques liées au contenu)

UNESCO : United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

UNESCO-BIE : Bureau international d'éducation de l'UNESCO

UNICEF: United Nations International Children's Emergency Fund

TICE : Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement

## SOMMAIRE

Ce mémoire explore l'influence de l'utilisation du logiciel de géométrie dynamique GeoGebra sur les pratiques des enseignants de mathématiques au secondaire en Tunisie. À travers une étude qualitative basée sur des entretiens semi-directifs approfondis avec cinq enseignants expérimentés, cette recherche vise à comprendre comment l'intégration de cet outil transforme leurs approches pédagogiques, leurs connaissances professionnelles et leur posture.

L'analyse des données, articulant différents modèles théoriques, révèle que l'usage régulier de GeoGebra agit comme un puissant catalyseur de développement professionnel. Il conduit les enseignants à reconfigurer en profondeur leurs pratiques, passant de démarches transmissives à des approches d'investigation et de co-construction des savoirs. Cette genèse instrumentale affecte l'ensemble de leurs connaissances, qu'elles soient disciplinaires, pédagogiques ou technologiques.

GeoGebra apparaît ainsi comme un levier pour déployer une pédagogie active et différenciée, centrée sur la résolution de problèmes complexes et le développement de compétences mathématiques de haut niveau. Il favorise également l'engagement des élèves et l'autorégulation de leurs apprentissages.

Cependant, cette intégration féconde se heurte à de nombreux défis, appelant un accompagnement renforcé en termes de formation, de ressources adaptées, d'équipements et de mise en réseau des enseignants. Les participants plaident pour une politique volontariste visant un usage pérenne et généralisé de GeoGebra.

Cette étude met en lumière la portée des modèles théoriques mobilisés pour appréhender la dialectique entre le développement des connaissances, des pratiques enseignantes et des apprentissages des élèves au contact d'un outil technologique. Elle ouvre des perspectives pour concevoir des dispositifs de formation ajustés et pour guider les décideurs dans la mise en œuvre d'une intégration réussie des technologies dans l'enseignement des mathématiques en Tunisie

## 1 INTRODUCTION

Mon expérience dans l'enseignement des mathématiques en Tunisie m'a permis de comprendre de près les défis auxquels notre système éducatif est confronté. Cette expérience, associée à ma passion pour les mathématiques et mon intérêt croissant pour l'intégration des technologies de l'information et de la communication (TIC), m'a conduit à examiner de plus près comment ces outils modernes peuvent transformer l'éducation mathématique dans mon pays.

L'enseignement des mathématiques en Tunisie fait face à des enjeux majeurs, découlant en partie de son héritage historique et de l'évolution de ses pratiques pédagogiques. L'influence des systèmes traditionnels et coloniaux a laissé une empreinte profonde sur l'approche pédagogique actuelle, se traduisant par des méthodologies et des contenus d'enseignement spécifiques (Abdeljaouad, 2014). De plus, l'intégration des technologies dans cet enseignement soulève des questions cruciales quant à la formation des enseignants et la disponibilité de ressources adaptées (Wilson, 2005).

Dans ce contexte, le logiciel de géométrie dynamique GeoGebra, peu utilisé dans l'enseignement secondaire des mathématiques en Tunisie, apparaît comme une solution prometteuse pour relever ces défis. Son potentiel pour enrichir les démarches d'exploration, la visualisation des concepts et l'engagement des élèves a été démontré par de nombreuses recherches internationales (Hohenwarter et Fuchs, 2004; Tabach et

Trgalová, 2019). Cependant, son impact réel sur les pratiques enseignantes et les apprentissages des élèves dans le contexte tunisien reste à déterminer.

Le système éducatif tunisien a connu plusieurs réformes depuis les années 2000, visant à améliorer la qualité de l'enseignement et répondre aux besoins socio-économiques du pays (Ministère de l'Éducation et de la Formation de Tunisie (MET), 2002). Ces réformes ont concerné tous les niveaux d'enseignement, dans le but de doter les apprenants des compétences nécessaires pour réussir dans un monde en constante évolution (Akkari, 2005).

Au niveau de l'enseignement secondaire, les programmes de mathématiques visent à développer des compétences clés chez les élèves, mettant l'accent sur la rigueur, la communication, la résolution de problèmes et l'intégration des TIC (MET, 2008). Toutefois, les pratiques enseignantes restent majoritairement traditionnelles, laissant peu de place aux approches innovantes (Smida, 2003).

De plus, les résultats préoccupants des élèves tunisiens aux évaluations nationales et internationales en mathématiques, comme PISA (OCDE, 2018), soulèvent la question des facteurs influençant ces performances, tels que le manque de ressources adaptées, la formation insuffisante des enseignants et le désengagement des élèves (Ben Yahia et al., 2018; Rahmouni et Aleid, 2020) .

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre recherche, qui vise à explorer en profondeur l'influence de l'usage de GeoGebra sur les pratiques des enseignants de mathématiques au

secondaire en Tunisie. À travers une démarche qualitative par entretiens auprès de cinq enseignants expérimentés, nous cherchons à comprendre comment cet outil agit sur leurs stratégies pédagogiques, leurs connaissances professionnelles et leur positionnement, et quels effets ils perçoivent sur l'apprentissage de leurs élèves.

En mobilisant les cadres théoriques des PCK (Magnusson et al., 1999), du TPACK (Koehler et al., 2013) et du modèle SAMR (Puentedura, 2012), nous analyserons les processus d'appropriation de GeoGebra par ces enseignants et les transformations induites sur leurs pratiques. Il s'agira d'identifier à la fois les leviers et les défis d'une intégration pérenne de cet outil dans le système éducatif tunisien.

Les résultats de cette recherche exploratoire pourront d'abord aider les enseignants-participants à améliorer les compétences de leurs élèves puis à éclairer les décisions politiques et les initiatives de formation continue des enseignants, en vue de favoriser un usage raisonné et efficace de GeoGebra au service des apprentissages mathématiques. Plus largement, cette étude vise à ouvrir des pistes pour une intégration réussie des technologies dans l'enseignement des mathématiques en Tunisie, afin de préparer les élèves aux défis du 21<sup>ème</sup> siècle.

Ce mémoire est structuré en cinq chapitres principaux. Le premier chapitre expose la problématique de recherche, dressant un portrait détaillé du contexte éducatif tunisien et des défis de l'enseignement des mathématiques. Le deuxième chapitre présente le cadre conceptuel mobilisé, détaillant les principaux modèles théoriques utilisés pour analyser



l'intégration des technologies par les enseignants. Le troisième chapitre décrit la méthodologie adoptée, justifiant le choix d'une approche qualitative par entretiens et précisant les modalités de recueil et d'analyse des données. Le quatrième chapitre expose les résultats obtenus, mettant en évidence les principaux thèmes émergeant des entretiens avec les enseignants. Enfin, le cinquième chapitre propose une discussion des résultats au regard de notre cadre théorique et de la littérature existante, soulignant les apports et limites de l'étude, ainsi que les perspectives de recherche et de formation qu'elle ouvre.

À travers cette recherche, nous espérons contribuer à une meilleure compréhension des conditions et processus d'intégration réussie de GeoGebra dans l'enseignement des mathématiques en Tunisie, afin d'éclairer les politiques de formation des enseignants et les choix d'investissements technologiques au service de la qualité des apprentissages des élèves.

## **Chapitre 1 : Problématique**

Ce premier chapitre vise à poser les fondements de notre problématique de recherche. Nous commencerons par dresser un portrait du contexte éducatif tunisien, en soulignant les réformes entreprises et les défis persistants en termes d'accès et de qualité de l'éducation. Nous nous focaliserons ensuite sur l'enseignement des mathématiques au secondaire, en examinant les programmes, les pratiques pédagogiques et les résultats des élèves aux évaluations nationales et internationales. Cela nous amènera à identifier les principaux facteurs qui influencent les performances en mathématiques, notamment le manque de ressources adaptées, la formation insuffisante des enseignants et le désengagement des élèves. Face à ces constats, nous interrogerons le potentiel des technologies comme GeoGebra pour enrichir les pratiques enseignantes et soutenir les apprentissages. Enfin, nous soulignerons la pertinence d'une étude exploratoire sur l'intégration de GeoGebra dans le contexte tunisien et formulerons notre question de recherche.

### **1.1 Contexte éducatif en Tunisie**

#### **1.1.1 Aperçu historique du système éducatif tunisien**

##### **1.1.1.1 Influences coloniales**

Le système éducatif tunisien a été fortement influencé par la période coloniale. Sous le régime colonial, l'éducation était un moyen de contrôle et d'assimilation, avec une emphase sur l'enseignement de la langue et de la culture françaises (Kinsey, 1971).

Cependant, il y avait également des efforts pour synthétiser les systèmes éducatifs français et tunisien, en intégrant des éléments de l'éducation traditionnelle islamique dans le curriculum (Kinsey, 1971). Malgré ces efforts, le système éducatif colonial a créé des inégalités d'accès à l'éducation, avec une priorité donnée aux enfants des colons et de l'élite tunisienne (El-Mesawi, 2008).

Cette période a laissé des traces durables sur le système éducatif tunisien, notamment en termes de langue d'enseignement et de structuration des programmes (Smida, 2003).

#### **1.1.1.2 Réformes postindépendance**

Après l'indépendance en 1956, la Tunisie a entrepris des réformes significatives de son système éducatif. L'objectif était de démocratiser l'accès à l'éducation et de renforcer l'identité nationale tunisienne (Akkari, 2005). Les réformes ont inclus l'arabisation du curriculum, l'expansion de l'enseignement primaire et secondaire, et la création d'universités tunisiennes (Abdeljaouad, 2014).

Ces réformes ont permis d'augmenter significativement les taux de scolarisation, passant de 30 % en 1956 à près de 100 % dans les années 1990 pour l'enseignement primaire (UNESCO-BIE, 2010)

#### **1.1.2 Réformes et défis actuels**

##### **1.1.2.1 Réformes curriculaires**

Le système éducatif tunisien a connu plusieurs réformes depuis le début des années 2000, visant à améliorer la qualité de l'enseignement et à répondre aux besoins socio-économiques du pays (MET, 2002). Ces réformes ont touché les différents niveaux

d'enseignement, de l'éducation de base à l'enseignement supérieur, en passant par la formation professionnelle, dans le but de doter les apprenants des compétences nécessaires pour réussir dans un monde en constante évolution (Akkari, 2005). Les paragraphes suivants font état de ces réformes.

- **Réforme du système éducatif (2002)**

La réforme de 2002 avait pour objectifs principaux la généralisation de l'enseignement de base, le développement de l'enseignement préscolaire et la réforme des programmes et des méthodes pédagogiques. Cette réforme a permis d'étendre l'enseignement de base obligatoire à 9 ans, de renforcer le réseau d'établissements préscolaires et d'initier une révision des contenus et des approches pédagogiques, afin de mieux préparer les élèves aux défis du 21<sup>e</sup> siècle (Akkari, 2005).

- **Réforme des programmes scolaires (2008-2013)**

Entre 2008 et 2013, la Tunisie a implémenté une réforme pour « actualiser les programmes et développer l'utilisation du numérique » (Fryer et Jules, 2013), en introduisant une approche par compétences. Cette réforme visait « à moderniser les contenus, intégrer les TIC dans les pratiques pédagogiques » et à développer des compétences transversales comme la résolution de problèmes, la pensée critique, la créativité (Jules et Smaali Bouhlila, 2018). Ces compétences devaient préparer les apprenants aux défis du monde moderne et à un marché du travail en évolution (Pekkarinen et Pellicer, 2013). L'objectif était d'aligner l'éducation tunisienne sur les exigences socio-économiques globales et les nouvelles réalités technologiques.

- **Réforme de l'enseignement supérieur (2013)**

La réforme de l'enseignement supérieur de 2013 a marqué le passage au système LMD (Licence-Master-Doctorat), alignant ainsi le système tunisien sur les standards internationaux (Ministère de l'Enseignement Supérieur : Direction Générale de la Rénovation Universitaire, 2006).

Cette réforme a également inclus une révision des programmes d'études et un renforcement de l'autonomie des universités, dans le but d'améliorer la qualité de l'enseignement supérieur et de favoriser l'employabilité des diplômés (Fryer et Jules, 2013). L'accent a été mis sur le développement de compétences professionnelles spécifiques, ainsi que sur l'acquisition de compétences transversales, telles que l'esprit d'entreprise, l'adaptabilité et la capacité à apprendre tout au long de la vie. (Ghozzi et Mezghani, 2018).

- **Réforme de la formation professionnelle (2016)**

En 2016, une réforme de la formation professionnelle a été engagée, avec pour objectifs la rénovation des programmes de formation, le développement de l'apprentissage en alternance et une implication accrue des entreprises dans la formation (Association pour le développement de l'éducation en Afrique (ADEA), 2017). Cette réforme visait à mieux adapter les compétences des diplômés aux besoins du marché du travail et à renforcer les liens entre le système de formation et le monde professionnel (Marchionne, 2023).

L'acquisition de compétences pratiques et l'exposition à des situations professionnelles réelles ont été au cœur de cette réforme, afin de faciliter l'insertion professionnelle des jeunes diplômés ( ADEA , 2017)

### **1.1.2.2 Inégalités d'accès à l'éducation**

Malgré les efforts pour démocratiser l'accès à l'éducation, il existe encore des inégalités importantes en Tunisie. Les enfants issus de familles défavorisées et des régions rurales ont moins de chances d'accéder à une éducation de qualité (Jemmali et Amara, 2018). Selon une étude de l'UNICEF, près de 100 000 enfants en âge d'être scolarisés ne sont pas inscrits à l'école en Tunisie, principalement dans les régions rurales et parmi les familles les plus pauvres (UNICEF, 2015). De plus, les taux de décrochage scolaire restent élevés, en particulier dans l'enseignement secondaire (Ben Yahia et al., 2018). Cette situation est préoccupante, car elle risque de perpétuer les inégalités sociales et économiques (OCDE, 2018).

## **1.2 Enseignement des mathématiques au secondaire en Tunisie**

### **1.2.1 Programmes et objectifs**

L'enseignement des mathématiques au niveau secondaire en Tunisie repose sur des programmes détaillés qui visent à développer des compétences essentielles chez les élèves (MET , 2008). Ces programmes adoptent une approche mettant l'accent sur la pratique d'une démarche mathématique rigoureuse, la communication en langage mathématique, l'utilisation d'algorithmes et de procédures, la résolution de problèmes, ainsi que

l'organisation et l'analyse de l'information, tout en intégrant les technologies de l'information et de la communication.

Plus précisément, les objectifs visent à encourager les élèves à développer leurs compétences en recherche, expérimentation, conjecture et vérification de résultats, à utiliser divers types de raisonnements (inductif, déductif, par l'absurde ou par récurrence), et à élaborer des stratégies de résolution de problèmes (MET, 2008). Les élèves doivent également être capables de décrire des figures ou des graphiques, d'expliquer oralement des procédures et des raisonnements, de rédiger des démonstrations ou des solutions de problèmes, et de discuter avec leurs pairs des différentes approches mathématiques.

L'utilisation judicieuse et efficace de la calculatrice ou de logiciels est également un aspect essentiel des objectifs, que ce soit pour effectuer des essais, des conjectures, des calculs ou des vérifications, ou pour construire des figures, des tableaux et représenter graphiquement des résultats (MET, 2008).

Ces programmes et objectifs visent à former des élèves capables de mobiliser leurs connaissances et compétences mathématiques de manière rigoureuse, de communiquer à l'aide du langage mathématique, et d'utiliser de manière pertinente les technologies pour résoudre des problèmes dans divers contextes, tout en développant une appréciation de la contribution des mathématiques.

### **1.2.2 Pratiques enseignantes, approches pédagogiques et défis associés**

Les pratiques enseignantes en mathématiques au secondaire en Tunisie sont principalement caractérisées par des méthodes traditionnelles, telles que les cours

magistraux et les exercices d'application (Smida, 2003). Le personnel enseignant expose les contenus mathématiques de manière frontale, en s'appuyant principalement sur le tableau et les manuels scolaires, avec peu d'interactions avec les élèves (Smida, 2003). Les exercices d'application, qui visent principalement la reproduction de techniques et de procédures mathématiques, sans véritable réflexion sur leur sens et leur utilité, constituent l'essentiel des activités proposées aux élèves (Smida, 2003). Ces approches pédagogiques, bien qu'efficaces pour la transmission de connaissances spécifiques, peuvent limiter le développement de compétences critiques et de résolution de problèmes chez les élèves, essentielles dans la société moderne (Smida et al., 2012). Les approches innovantes, comme l'apprentissage par problèmes et l'intégration des technologies éducatives, restent peu utilisées dans l'enseignement des mathématiques au secondaire en Tunisie (Ben Nejma et Coulangue, 2009). Les enseignants qui mettent en œuvre ces approches rencontrent souvent des difficultés liées au manque de ressources pédagogiques adaptées, à la résistance des élèves habitués aux méthodes traditionnelles et aux obstacles techniques et matériels (Smida et al., 2012). Malgré les réformes curriculaires engagées, les méthodes d'enseignement traditionnelles, centrées sur la personne qui enseigne, restent prédominantes dans les classes de mathématiques en Tunisie et limitent le développement de compétences essentielles telles que la pensée critique, la résolution de problèmes et la créativité des élèves (Nejma, 2021; Smida et al., 2012). Pour pallier à ces déficiences, il est crucial d'adopter des méthodes pédagogiques actives qui placent les élèves au cœur du processus d'apprentissage (Khalloufi-Mouha, 2019). Toutefois, la transition vers ces nouvelles approches est freinée par le manque de formation appropriée du personnel



enseignant et par les contraintes institutionnelles (Nejma, 2021; Smida et al., 2012). Afin de faciliter ce changement, il est recommandé de renforcer la formation initiale et continue du personnel enseignant, de développer des ressources pédagogiques adaptées et d'impliquer les enseignants dès la conception des réformes (Khalloufi-Mouha, 2019; Nejma, 2021).

### **1.2.3 Performances des élèves tunisiens en mathématiques**

#### **1.2.3.1 Résultats des évaluations nationales**

Les évaluations nationales révèlent des performances préoccupantes en mathématiques chez les élèves tunisiens. En 2022, 81 % des personnes candidates au concours d'entrée aux collèges pilotes n'ont pas atteint la moyenne dans cette matière. De même, presque 70 % des personnes participantes au concours d'entrée aux lycées pilotes n'ont pas obtenu la moyenne (MET, 2022). Ces résultats, bien que basés sur des concours facultatifs, mettent en évidence de sérieuses lacunes à différents niveaux d'enseignement. Plusieurs facteurs sont avancés, dont une dichotomie entre les programmes et la pratique, ainsi qu'une formation insuffisante des enseignants (MET (Ministère de l'Éducation en Tunisie, 2022).

#### **1.2.3.2 Résultats des évaluations internationales (PISA, TIMSS)**

Les résultats de la Tunisie aux évaluations internationales PISA et TIMSS confirment les faiblesses des élèves tunisiens en mathématiques. Selon les résultats PISA 2018, la Tunisie se classe en dessous de la moyenne des pays de l'OCDE en mathématiques, avec un score de 367 points contre 489 points pour la moyenne OCDE (OCDE, 2018). De même, les résultats TIMSS 2019 montrent que seulement 21 % des élèves tunisiens de 4<sup>ème</sup> année

atteignent le niveau intermédiaire en mathématiques, contre une moyenne internationale de 44 %. Ces résultats soulignent la nécessité de réformer le système éducatif tunisien pour permettre aux élèves d'acquérir les compétences nécessaires dans un monde de plus en plus compétitif (Imed Ben Rabah, 2020).

Les faibles performances des élèves tunisiens en mathématiques, mises en évidence par les évaluations nationales et internationales, soulèvent la question des facteurs qui influencent ces résultats. Plusieurs éléments, liés notamment aux ressources pédagogiques, à la formation des enseignants et à l'engagement des élèves, semblent jouer un rôle déterminant.

#### **1.2.4 Facteurs influençant les performances en mathématiques**

##### **1.2.4.1 Ressources pédagogiques**

Le manque de ressources pédagogiques adéquates est un facteur clé qui influence négativement les performances des élèves tunisiens en mathématiques (Ben Yahia et al., 2018). Ces auteurs soulignent que l'amélioration des bâtiments et du matériel scolaire est nécessaire pour accroître l'efficacité des écoles et réduire le décrochage scolaire. Cependant, l'intégration des technologies de l'information et de la communication (TIC) dans l'enseignement des mathématiques reste limitée en Tunisie (Rebai et al., 2020), bien que ces outils puissent favoriser l'engagement et la réussite des élèves (Murni et al., 2017). Pour améliorer les performances en mathématiques, il est essentiel d'investir dans des ressources pédagogiques de qualité et de promouvoir une intégration efficace des TIC,

tout en tenant compte des défis spécifiques liés au contexte éducatif tunisien (Karamti, 2016).

#### **1.2.4.2 Formation du personnel enseignant et intégration des technologies**

La formation des enseignants est un enjeu majeur pour le système éducatif tunisien. Selon une étude de l'UNESCO-BIE (2010), la formation dispensée dans les Instituts supérieurs de formation des maîtres en Tunisie est souvent trop théorique et ne prépare pas suffisamment le personnel enseignant aux réalités de la classe. Cette lacune se manifeste particulièrement dans l'enseignement des mathématiques et des sciences, où les pratiques pédagogiques enseignantes sont cruciales pour la motivation et les performances des élèves.

Les enseignants de mathématiques au secondaire sont confrontés à plusieurs défis, notamment en ce qui concerne leur formation initiale et continue. Jugée trop théorique et déconnectée des réalités du terrain, la formation initiale accorde peu de place au développement des compétences technopédagogiques. Cette lacune, combinée à des infrastructures insuffisantes et une certaine résistance au changement, particulièrement chez les plus expérimentés, entrave l'intégration efficace des technologies éducatives dans les pratiques d'enseignement (Hamlaoui, 2021). Ces enjeux soulignent l'importance d'une formation continue et adaptée aux besoins actuels, pour mieux préparer le personnel enseignant aux exigences modernes de l'éducation. Il est essentiel de renforcer les programmes de formation des personnes enseignantes, en mettant l'accent sur l'acquisition de compétences pratiques, l'utilisation efficace des technologies éducatives et l'adaptation

aux réalités de la classe. De plus, il est nécessaire de fournir aux enseignants un soutien continu, tant sur le plan technique que pédagogique, afin de faciliter l'intégration des TIC dans leurs pratiques d'enseignement et de surmonter les résistances au changement (Hamlaoui, 2021).

#### **1.2.4.3 Engagement et motivation des élèves**

L'engagement et la motivation des élèves sont des facteurs cruciaux pour la réussite en mathématiques. Cependant, de nombreux élèves tunisiens montrent un désengagement et un manque de motivation pour l'apprentissage des mathématiques (Thomas et Palmer, 2014).

Les raisons peuvent inclure des facteurs scolaires, comme des méthodes d'enseignement peu stimulantes et un manque de pertinence perçue des mathématiques pour la vie quotidienne, ainsi que des attitudes négatives envers la discipline (Rahmouni et Aleid, 2020).

### **1.3 Sources de développement des connaissances enseignantes**

#### **1.3.1 Formation initiale et continue**

La formation initiale des enseignants constitue le point de départ du développement de leurs connaissances professionnelles. C'est durant cette période que les futurs enseignants acquièrent des connaissances académiques dans leur discipline ainsi que des connaissances pédagogiques générales (Darling-Hammond, 2017). Les programmes de formation initiale visent à doter les enseignants débutants des connaissances, compétences et attitudes nécessaires pour débiter dans la profession. Cependant, la formation initiale

ne peut suffire; la formation continue est donc indispensable pour permettre aux personnes enseignantes d'actualiser et d'approfondir leurs connaissances tout au long de leur carrière (Bautista et Ortega-Ruiz, 2015; Darling-Hammond, 2017). Les dispositifs de formation continue, qu'ils soient formels ou informels, jouent un rôle important pour soutenir le développement professionnel des enseignants et les aider à s'adapter aux évolutions de la profession enseignante.

Pour une intégration efficace des technologies dans l'enseignement, la formation des enseignants, initiale et continue, est considérée comme un levier essentiel pour les aider à développer les compétences requises (Uerz et al., 2018). Il est important que les enseignants acquièrent de nouvelles techniques d'enseignement liées à l'utilisation de la technologie (Drijvers et al., 2010). Lorsque les personnes enseignantes reçoivent un accompagnement ciblé sur les usages pédagogiques des technologies, cela influence positivement la mise en pratique de ces outils en classe (Drijvers et al., 2010). Une formation adéquate, à la fois technique et pédagogique, sur l'intégration des technologies faciliterait donc leur adoption durable par les enseignants de mathématiques (Drijvers et al., 2010; Uerz et al., 2018).

### **1.3.2 Expérience professionnelle**

Au-delà des apports initiaux des programmes de formation, l'expérience professionnelle joue un rôle prépondérant dans le développement des compétences pédagogiques des enseignants. Selon Berliner (2001), l'acquisition de ces compétences est principalement

influencée par l'engagement actif dans la pratique et par une réflexion critique sur ses expériences. Cette dynamique de réflexion est essentielle, car elle permet aux enseignants d'analyser et d'intégrer les leçons tirées de leur environnement professionnel, un facteur ayant un impact significatif sur leur capacité à innover et à s'adapter (Berliner, 2001). Complémentairement, (Ericsson, 2018) affirme que l'atteinte d'une expertise avancée nécessite une pratique délibérée et ciblée, conçue pour améliorer spécifiquement les compétences enseignantes. Cette combinaison de pratique réfléchie et de réflexion critique est déterminante pour développer l'expertise enseignante, soulignant l'importance de la réflexivité dans le perfectionnement professionnel continu. Avec l'expérience et la pratique régulière, les enseignants acquièrent une meilleure compréhension des besoins et difficultés de leurs élèves, enrichissent leur répertoire de stratégies pédagogiques et renforcent leur capacité à s'adapter aux situations complexes de la classe (Ntwari et Bécu-Robinault, 2021). Ils construisent ainsi progressivement un « savoir-en-action », un ensemble de connaissances implicites et incorporées guidant leur action pédagogique (Schön, 2017). Ce processus d'expertise s'applique également à l'usage des technologies. De plus, les enseignants expérimentés développent souvent, au fil du temps, des routines et schémas d'utilisation stables structurant leur pratique avec les outils numériques (Thomas et Palmer, 2014). Ils deviennent généralement plus aptes à sélectionner les technologies renforçant à la fois leur pédagogie et la matière enseignée, et à les intégrer de manière essentielle pour atteindre les objectifs d'apprentissage (Heitink et al., 2016).

#### **1.4 Défis de l'intégration des technologies pour l'enseignement des mathématiques**

Malgré le potentiel avéré des technologies pour soutenir l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques, leur intégration effective par les enseignants se heurte à de multiples défis. Parmi les obstacles majeurs à l'intégration effective des technologies par le personnel enseignant, on peut citer les attitudes et croyances des enseignants, leur sentiment d'auto-efficacité et le manque de formations adaptées (Tabach et Trgalová, 2020). L'intégration d'environnements comme GeoGebra implique pour les enseignants une profonde remise en question de leurs approches pédagogiques traditionnelles. Leurs connaissances disciplinaires en mathématiques doivent également être adaptées à ce nouvel écosystème numérique (Sinclair et Robutti, 2020). La disponibilité des technologies amplifie la complexité de l'enseignement et déstabilise les pratiques établies, remettant en cause la stabilité des pratiques traditionnelles. Un nouveau répertoire de techniques pédagogiques instrumentées par les outils technologiques doit être développé (Drijvers et al., 2010). En effet, les méthodes pédagogiques conventionnelles ne peuvent plus être simplement transposées dans des environnements technologiques. Les enseignants rencontrent souvent des difficultés pour exploiter pleinement le potentiel des technologies et les utiliser de manière innovante pour soutenir l'apprentissage des élèves (Tabach et Trgalová, 2020). Ainsi, une utilisation superficielle des technologies est insuffisante pour engendrer des changements significatifs dans les pratiques pédagogiques (Thurm et Barzel, 2020). Il apparaît donc nécessaire d'approfondir les connaissances technopédagogiques disciplinaires des enseignants (TPACK/PCK) et de réfléchir aux réels objectifs d'apprentissage visés lors de l'intégration du numérique. Pour favoriser une

intégration réussie des technologies dans l'enseignement des mathématiques, des dispositifs de formation et d'accompagnement spécifiques, prenant en compte les croyances et pratiques des enseignants dans leur discipline et leur contexte d'exercice, semblent essentiels (Thurm et Barzel, 2020).

Il serait pertinent d'examiner comment les enseignants de mathématiques s'approprient GeoGebra et adaptent leurs pratiques pédagogiques en conséquence. Une analyse fine de leur développement professionnel, à travers l'évolution de leurs connaissances et compétences (PCK) liées à l'intégration de GeoGebra, apporterait un éclairage nouveau sur les conditions d'une intégration réussie de cet outil dans les classes tunisiennes. Cette étude pourrait servir de base pour concevoir des dispositifs de formation continue adaptés, visant à accompagner les enseignants dans l'appropriation pédagogique de GeoGebra et l'alignement de leurs pratiques sur les principes d'un enseignement des mathématiques enrichi par la technologie.

### **1.5 Pertinence de l'étude**

L'intégration de technologies éducatives comme GeoGebra dans l'enseignement des mathématiques présente un potentiel significatif pour améliorer les méthodes pédagogiques et enrichir l'expérience d'apprentissage des élèves. Des études ont démontré que GeoGebra, grâce à ses représentations graphiques dynamiques, rend l'apprentissage des mathématiques plus vivant et attrayant, facilitant ainsi la compréhension des concepts mathématiques abstraits et renforçant les compétences de modélisation mathématique des élèves (Hohenwarter et Fuchs, 2004; Latifi et al., 2022; Wassie et Zergaw, 2019).



En outre, GeoGebra a été identifié comme un outil qui améliore non seulement la visualisation des concepts mathématiques mais aussi l'engagement des élèves. Cela leur permet de tirer davantage profit des cours de mathématiques et d'améliorer leur compréhension de manière interactive et plaisante (Awaji, 2022). Cependant, malgré l'existence de recherches à l'échelle internationale sur l'utilisation de GeoGebra dans l'enseignement des mathématiques, peu d'études ont examiné en profondeur son intégration dans le contexte spécifique de l'enseignement secondaire en Tunisie.

La présente étude vise à combler une lacune dans la recherche en explorant de manière approfondie l'influence de l'utilisation de GeoGebra sur les pratiques enseignantes en mathématiques au secondaire en Tunisie.

Pour atteindre cet objectif, une approche exploratoire sera adoptée, permettant de générer de nouvelles connaissances et de comprendre en détail les expériences et les perceptions des enseignants quant à l'influence de GeoGebra sur leurs pratiques.

Le contexte éducatif tunisien, caractérisé par des réformes visant à améliorer la qualité de l'enseignement et à répondre aux besoins socio-économiques du pays, offre un terrain propice à l'exploration de l'utilisation de technologies innovantes telles que GeoGebra. Les faibles performances des élèves tunisiens en mathématiques, révélées par les évaluations nationales, (Rebai et al., 2020) et internationales, OCDE (2018) soulignent la nécessité de rechercher des approches pédagogiques plus efficaces. Dans ce contexte,

l'intégration de GeoGebra apparaît comme une piste prometteuse pour renforcer l'enseignement des mathématiques (Khalloufi-Mouha, 2019; Zulnaidi et al., 2020).

De plus, les défis liés à la formation des enseignants et à l'intégration des technologies dans l'enseignement des mathématiques en Tunisie (Rahmouni et Aleid, 2020) justifient l'importance d'étudier la manière dont GeoGebra est utilisé par le personnel enseignant et les obstacles à son adoption. Cette recherche exploratoire fournira des données empiriques sur les pratiques enseignantes et les défis liés à l'utilisation de GeoGebra dans les classes de mathématiques tunisiennes, contribuant ainsi à combler un manque dans la littérature scientifique et pouvant servir de base pour de futures recherches sur l'intégration de GeoGebra dans l'enseignement des mathématiques en Tunisie.

Les résultats de cette étude exploratoire pourraient non seulement éclairer les décisions politiques et les initiatives de formation des enseignants, en identifiant les facteurs qui facilitent ou entravent l'utilisation efficace de cet outil, mais aussi ouvrir de nouvelles pistes de recherche pour une compréhension plus approfondie de l'intégration des technologies éducatives dans le contexte tunisien. Les recommandations issues de cette recherche visent à contribuer à optimiser les investissements dans les technologies éducatives et à améliorer la qualité de l'enseignement des mathématiques en Tunisie, en proposant des stratégies concrètes pour la formation enseignante et l'adaptation des pratiques pédagogiques.

Autrement dit, cette étude vise à contribuer à la transformation de l'enseignement des mathématiques en Tunisie, en exploitant le potentiel des technologies éducatives pour

préparer une génération d'élèves plus compétents, confiants et engagés dans leur apprentissage mathématique.

### **1.6 Question de recherche**

Comment les pratiques enseignantes au secondaire en Tunisie sont influencées par l'utilisation de GeoGebra ?

## **2. Chapitre 2 : Cadre théorique**

Dans ce deuxième chapitre, nous présenterons les principaux concepts et modèles théoriques qui guideront notre analyse de l'intégration de GeoGebra dans les pratiques enseignantes en mathématiques. Nous mobiliserons en premier lieu le modèle des connaissances pédagogiques liées au contenu (PCK) de Magnusson et al. (1999), particulièrement pertinent pour saisir l'articulation entre savoirs disciplinaires et choix didactiques des enseignants. Nous enrichirons ce cadre avec les modèles TPACK et SAMR, qui permettent respectivement d'examiner les interactions entre les différents types de connaissances mobilisées et les niveaux de transformation des pratiques induits par les technologies. Une recension des travaux empiriques sur GeoGebra viendra éclairer son potentiel pour l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques. Enfin, nous déclinons nos objectifs spécifiques de recherche, centrés sur la caractérisation de l'influence de GeoGebra sur les différentes facettes des pratiques enseignantes.

### **2.1 Le modèle de Magnusson et al. (1999)**

#### **2.1.1 Présentation du modèle et de ses quatre domaines**

Notre recherche s'appuie sur le modèle des connaissances enseignantes développé par Magnusson et al. (1999). Ce modèle distingue quatre grands domaines de connaissances : les connaissances disciplinaires, les connaissances pédagogiques, les connaissances

pédagogiques liées au contenu (PCK) et les connaissances sur le contexte (Magnusson et al., 1999). Chacun de ces domaines englobe des connaissances spécifiques que les enseignants mobilisent dans leur pratique professionnelle quotidienne. Le modèle proposé par Magnusson et al. (1999) s'inscrit dans la continuité des travaux fondamentaux de

Shulman (1987) sur les Connaissances Pédagogiques du Contenu (PCK), lesquelles sont reconnues comme une catégorie essentielle de connaissances spécifiques au personnel enseignant. Shulman (1987) décrit les PCK comme une combinaison particulière de contenu disciplinaire et de pédagogie, formant ainsi le domaine propre en enseignement et constituant une forme unique de compréhension professionnelle (L. Shulman, 1987)

Par conséquent, les PCK permettent aux enseignants de transposer leur compréhension des disciplines en méthodes pédagogiques adaptées aux différents profils d'apprenants.

### **2.1.2 Pertinence du modèle pour étudier l'intégration de GeoGebra**

Le modèle de Magnusson et al. (1999) apparaît particulièrement approprié pour étudier la manière dont les personnes enseignantes mobilisent leurs connaissances lors de l'intégration d'un outil technologique comme GeoGebra dans leur enseignement des mathématiques. En effet, ce modèle prend en considération non seulement les connaissances disciplinaires et pédagogiques, mais aussi le contexte spécifique d'enseignement et les connaissances liées à l'évaluation des apprentissages des élèves (Ntwari et Bécu-Robinault, 2021).

De plus, en mettant l'accent sur les PCK, ce modèle permet d'explorer finement l'articulation entre les connaissances mathématiques des enseignants et leurs choix pédagogiques pour enseigner des notions spécifiques à l'aide de technologies comme GeoGebra.

De nombreuses recherches ont souligné la pertinence du concept de PCK pour comprendre les pratiques d'intégration des technologies par les enseignants (Agyei et Voogt, 2015; Koehler et al., 2013; Tabach et Trgalová, 2020). Certaines études montrent notamment comment les PCK des enseignants relatives à l'intégration de la géométrie dynamique évoluent et s'enrichissent au fur et à mesure de leur réflexion sur la qualité des ressources et de leur expérience d'enseignement avec ces environnements (Trgalová et Jahn, 2013).

Le modèle de Magnusson et al. (1999) offre un cadre d'analyse pertinent pour étudier la manière dont les enseignants mobilisent leurs connaissances, notamment leurs PCK, lors de l'intégration d'un outil comme GeoGebra dans leur enseignement. En prenant en compte les différents domaines de connaissances enseignantes et leur articulation, ce modèle permet d'appréhender la complexité des pratiques d'intégration des technologies.

## **2.2 Les connaissances pédagogiques liées au contenu (PCK)**

### **2.2.1 Définition et composantes des PCK au cœur du modèle de Magnusson et al. (1999).**

Les PCK sont définies comme les connaissances qui permettent au personnel enseignant de rendre un contenu disciplinaire compréhensible pour les élèves.

Elles incluent notamment la compréhension de ce qui rend l'apprentissage de certains concepts facile ou difficile, ainsi que des conceptions et préconceptions des élèves (Shulman, 1986). Magnusson et al. (1999) déclinent les PCK en plusieurs composantes interdépendantes : les connaissances sur les stratégies d'enseignement, les connaissances sur la compréhension des élèves, les connaissances sur le curriculum et les connaissances sur l'évaluation. Chacune de ces composantes joue un rôle essentiel dans la capacité du personnel enseignant à transformer sa compréhension d'un contenu en des formes pédagogiques efficaces et adaptées aux besoins des apprenants.

Les connaissances sur les stratégies d'enseignement renvoient aux approches, méthodes et techniques pédagogiques que la personne enseignante peut déployer pour enseigner un contenu spécifique. Les connaissances sur la compréhension des élèves concernent les modes de raisonnement, les difficultés récurrentes et les conceptions erronées des apprenants sur un sujet donné. Les connaissances sur le curriculum englobent les objectifs d'apprentissage, les ressources et les matériels pédagogiques disponibles.

Enfin, les connaissances sur l'évaluation portent sur les méthodes pour évaluer la compréhension et les progrès des élèves (Magnusson et al., 1999).

### **2.2.2 Rôle des PCK pour comprendre les pratiques enseignantes**

Les PCK sont considérées comme une catégorie de connaissances spécifique au personnel enseignant et déterminante pour un enseignement efficace (Neumann et al., 2019).

Les PCK permettent à la personne enseignante de transformer sa compréhension d'un contenu disciplinaire en des formes pédagogiques adaptées aux capacités variées des élèves (Shulman, 1986).

Elles sous-tendent ainsi la capacité du personnel enseignant à rendre un contenu accessible et compréhensible pour les apprenants.

L'étude des PCK des enseignants peut aider à comprendre la manière dont ces personnes prennent des décisions pédagogiques, sélectionnent des ressources et mettent en œuvre des stratégies d'enseignement (Baumert et al., 2010). Des recherches empiriques ont exploré le lien entre les PCK des enseignants, la qualité de leur enseignement et les performances des élèves (Baumert et al., 2010; Blömeke et al., 2016). Ces études soulignent l'importance de soutenir le développement des PCK des enseignants, notamment à travers des dispositifs de formation initiale et continue adaptés.

### **2.3 Modèles d'intégration (TPACK, SAMR)**

Pour comprendre et analyser les connaissances mobilisées par les enseignants dans l'intégration des technologies, plusieurs modèles théoriques ont été développés. Le modèle TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge), proposé par (Mishra et Koehler, 2006), est l'un des plus influents. Il met en évidence les interrelations entre trois types de connaissances : les connaissances disciplinaires (CK), les connaissances pédagogiques (PK) et les connaissances technologiques (TK). Selon ce modèle, c'est



l'intersection de ces trois types de connaissances qui permet une intégration efficace et pertinente de la technologie au service de l'apprentissage.

Le modèle SAMR (Substitution, Augmentation, Modification, Redéfinition), développé par, Puentedura (2012), propose quant à lui une typologie des usages des technologies en classe. Il décrit quatre niveaux d'intégration, allant de la simple substitution d'outils traditionnels jusqu'à une redéfinition profonde des tâches et des processus d'apprentissage rendue possible par la technologie. Ce modèle invite à dépasser une utilisation superficielle des outils numériques pour tendre vers des usages plus transformatifs, qui modifient en profondeur les pratiques pédagogiques et les opportunités d'apprentissage. Ces modèles fournissent des cadres conceptuels pour analyser la manière dont les enseignants mobilisent et articulent différents types de connaissances lorsque ces personnes intègrent des outils technologiques dans leur enseignement. Ces modèles mettent en lumière la complexité et la nature multidimensionnelle des compétences professionnelles nécessaires pour enseigner efficacement avec le numérique.

Les modèles TPACK et SAMR complètent utilement le modèle de Magnusson et al. (1999) pour analyser l'intégration des technologies dans l'enseignement. Le modèle TPACK met en lumière les interactions entre connaissances disciplinaires, pédagogiques et technologiques, soulignant la nécessité d'une articulation fine de ces différents types de savoirs pour une intégration réussie. Le modèle SAMR, quant à lui, propose une typologie des usages des technologies, invitant à dépasser une simple substitution des outils traditionnels pour tendre vers une transformation profonde des pratiques pédagogiques.

## 2.4 Utilisation de GeoGebra

GeoGebra, un logiciel libre et multilingue, s'avère indispensable dans l'enseignement des mathématiques, particulièrement dans les pays en voie de développement, en raison de sa facilité d'accès et de sa polyvalence (Nouhou et Mohamed Sagayar, 2022). Ce programme dynamise l'apprentissage en permettant une manipulation interactive d'objets géométriques, tels que cercles, droites et angles, facilitant ainsi une compréhension intuitive des concepts mathématiques (Khalloufi-Mouha, 2019). La plateforme en ligne de GeoGebra, riche de plus d'un million de ressources pédagogiques gratuites, encourage le partage et la collaboration éducative via GeoGebra Classroom. La géométrie dynamique, renforcée par les outils informatiques, transforme l'approche des problématiques mathématiques, encourageant une redéfinition des méthodes d'enseignement conventionnelles (Genevès, 2004). En tant qu'outil pédagogique interactif, GeoGebra enrichit substantiellement l'enseignement des mathématiques, de l'algèbre, des statistiques et du calcul formel, et ce à tous les niveaux éducatifs (Nouhou et Mohamed Sagayar, 2022).

GeoGebra offre de multiples fonctionnalités qui en font un outil puissant pour l'enseignement des mathématiques. Il permet de créer des constructions géométriques interactives, de visualiser des fonctions et des graphiques, et d'explorer des concepts algébriques de manière dynamique (Hohenwarter et Fuchs, 2004). En manipulant directement les objets mathématiques, les élèves peuvent formuler des hypothèses, les tester et ainsi construire activement leurs connaissances, dans une approche

constructiviste de l'apprentissage. GeoGebra offre des possibilités de différenciation pédagogique, en permettant l'adaptation des activités aux différents niveaux de compréhension des élèves, facilitant ainsi un engagement personnalisé et collaboratif dans l'apprentissage des mathématiques (Tabach et Trgalová, 2019).

## **2.5 Définition des compétences mathématiques**

Les compétences mathématiques renvoient à la capacité d'un élève à mobiliser ses connaissances et ressources pour résoudre des problèmes complexes, en faisant appel à des démarches de raisonnement, de modélisation et de communication propres aux mathématiques (Perrenoud, 2011). Comme le souligne Jonnaert (2009), cette mobilisation implique à la fois des ressources cognitives et des facteurs contextuels liés à la situation.

Dans le contexte tunisien, les programmes officiels de mathématiques mettent l'accent sur le développement de trois compétences clés : la résolution de problèmes, le raisonnement mathématique et la communication à l'aide du langage mathématique (MET, 2008). L'élève doit être capable d'analyser une situation complexe, de la modéliser mathématiquement, d'élaborer et de mettre en œuvre une stratégie de résolution, puis de valider et interpréter ses résultats.

## **2.6 Théorie de l'apprentissage autorégulé de Zimmerman (2002)**

La théorie de l'apprentissage autorégulé développée par Zimmerman (2002) offre un cadre pertinent pour analyser la manière dont les environnements numériques comme

GeoGebra peuvent soutenir l'engagement et l'autonomie des élèves dans leurs apprentissages mathématiques.

Selon ce modèle, l'autorégulation se déploie à travers trois phases cycliques : la planification (fixation des objectifs et des stratégies), le contrôle (monitoring et ajustement des démarches) et l'autoréflexion (évaluation des résultats et des processus). En offrant des fonctionnalités de visualisation, de manipulation et de rétroaction immédiate, GeoGebra peut étayer ces différents processus d'autorégulation, en permettant aux élèves de tester leurs conjectures, d'ajuster leurs stratégies et de valider leurs résultats de manière autonome.

L'intégration de ce cadre théorique complémentaire permettra d'affiner l'analyse des impacts de GeoGebra sur les démarches d'apprentissage des élèves, au-delà des seules dimensions cognitives et motivationnelles.

Le diagramme ci-dessous schématise les trois phases cycliques de l'autorégulation selon Zimmerman (2002), illustrant les processus de planification, de contrôle et d'autoréflexion qui sous-tendent l'apprentissage autorégulé.

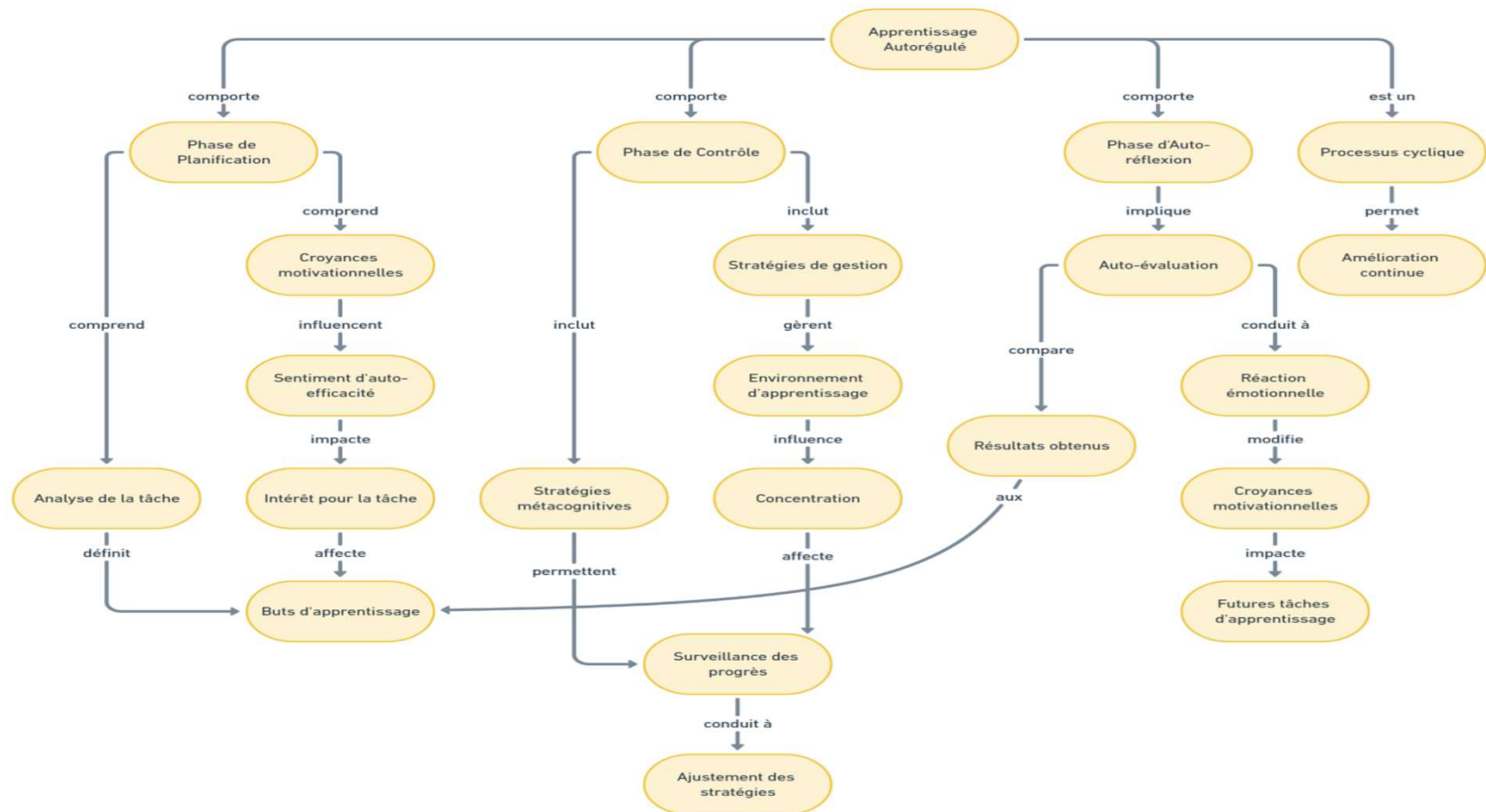


Figure 1 : Les phases de l'autorégulation

## 2.7 Le concept de genèse instrumentale (Rabardel, 1995)

La théorie des genèses instrumentales, développée par Rabardel (1995), offre un cadre d'analyse pour comprendre comment un artefact technologique devient un instrument au service de l'activité d'un sujet. Ce processus se déploie à travers deux mouvements parallèles et interconnectés :

- L'instrumentation, qui correspond à l'émergence et à l'évolution des schèmes d'utilisation de l'artefact par le sujet. Il s'agit de la façon dont l'outil va progressivement modifier et réorganiser l'activité de l'utilisateur.
- L'instrumentalisation, qui renvoie à l'attribution de fonctions nouvelles à l'artefact par le sujet, en l'adaptant et en le détournant en fonction de ses besoins spécifiques. C'est le mouvement par lequel l'utilisateur va s'appropriier et personnaliser l'outil.

Dans le cas des enseignants utilisant GeoGebra, on peut supposer que leur genèse instrumentale va se traduire par le développement de schèmes d'usage pédagogiques spécifiques (création de ressources, gestion des interactions dans la classe, régulation des apprentissages) mais aussi par une personnalisation de l'outil (réglages, macros, scénarios sur mesure).

Le diagramme suivant illustre le processus de genèse instrumentale selon Rabardel (1995), mettant en évidence les mouvements d'instrumentation et d'instrumentalisation qui caractérisent l'appropriation d'un artefact technologique par les enseignants.

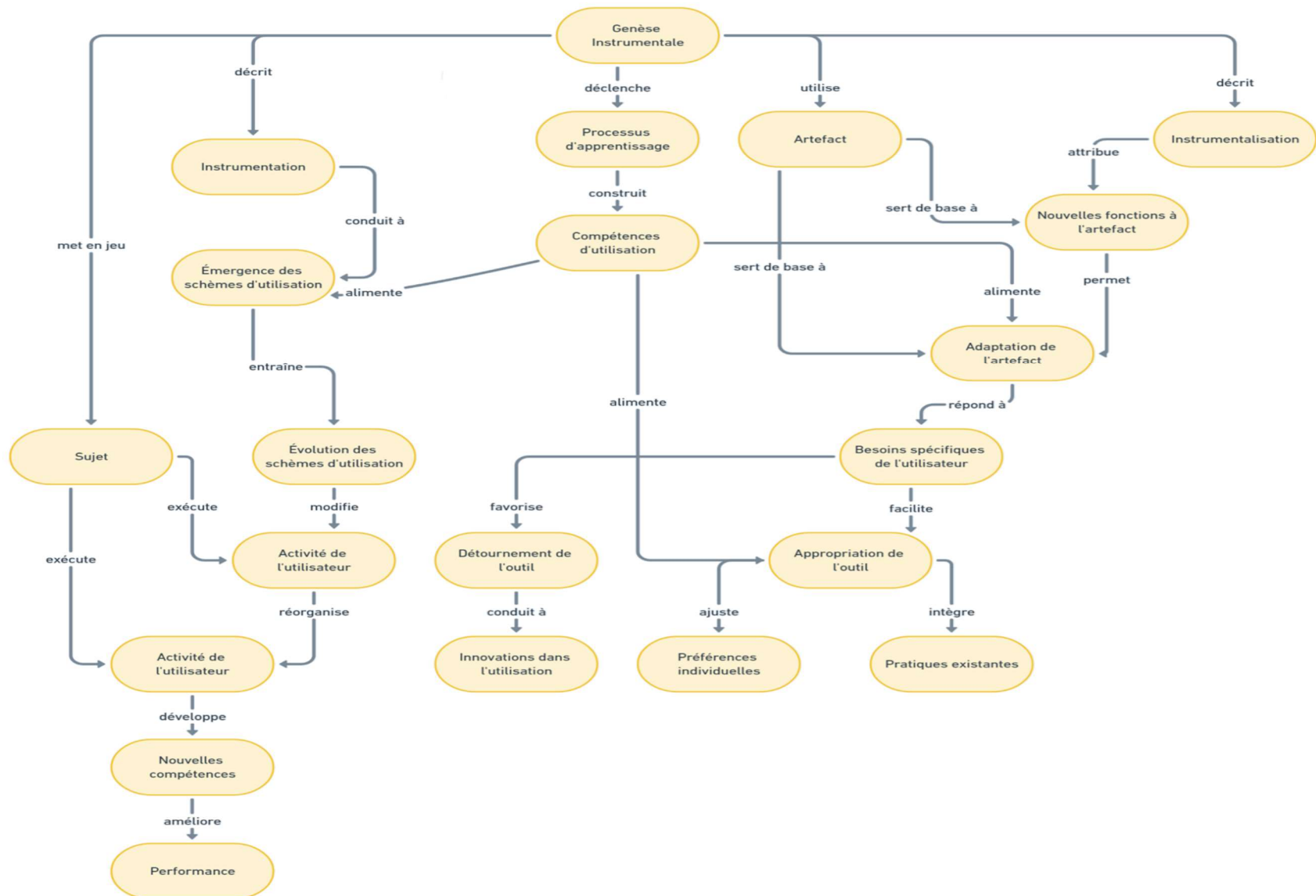


Figure 2 : Processus de genèse instrumentale

## **2.8 Objectif de recherche**

L'objectif de cette étude est d'explorer en profondeur comment l'utilisation de GeoGebra influence les pratiques enseignantes en mathématiques au secondaire en Tunisie.



### **3. Chapitre 3 : Méthodologie de recherche**

Ce chapitre présente en détail la démarche méthodologique mise en œuvre pour étudier l'influence de l'usage de GeoGebra sur les pratiques des enseignants de mathématiques au secondaire en Tunisie. Dans un premier temps, nous justifierons le choix d'une approche qualitative et expliciterons ses fondements épistémologiques. Ensuite, nous décrirons la procédure d'échantillonnage des participants et les critères de sélection appliqués. La section suivante sera consacrée à la présentation de l'entretien semi-directif comme outil principal de recueil des données, ainsi qu'à la construction du guide d'entretien. Nous détaillerons ensuite le déroulement concret de la collecte des données. Enfin, nous présenterons étape par étape la méthode d'analyse des données par analyse thématique de contenu, avant d'aborder les critères de rigueur et les considérations éthiques prises en compte.

#### **3.1 Le choix d'une approche qualitative**

##### **3.1.1 Un ancrage dans le paradigme compréhensif**

Notre recherche s'inscrit dans une approche méthodologique qualitative à visée compréhensive (Paillé et Mucchielli, 2021). Ce choix se justifie au regard de notre objectif central qui est de comprendre en profondeur la manière dont l'intégration de GeoGebra dans l'enseignement des mathématiques au secondaire en Tunisie influence et transforme les pratiques enseignantes, à partir du point de vue des acteurs.

Nous cherchons à accéder aux significations que les enseignants attribuent à leur usage de GeoGebra, à leur expérience vécue de cette intégration et aux changements perçus dans leur pratique professionnelle. Cette centration sur le sens que les individus donnent à leurs actions en contexte est au cœur des approches qualitatives dans le champ des sciences humaines et sociales (Savoie-Zajc, 2019).

Ancrée dans le paradigme compréhensif, notre démarche vise à développer une compréhension contextualisée et en profondeur du phénomène étudié, en partant du terrain et des significations exprimées par les acteurs. Il ne s'agit pas de quantifier des variables prédéfinies, mais d'explorer les processus en jeu dans l'appropriation d'un outil technologique par des enseignants, dans toute leur complexité et leurs nuances.

Ainsi, notre posture de chercheur se veut empathique et à l'écoute du point de vue des enseignants, dans une logique de co-construction de sens (Paillé et Mucchielli, 2021). Plutôt que de vérifier des hypothèses formulées a priori, nous adoptons une approche inductive et ouverte, pour faire émerger du terrain des conceptualisations nouvelles sur l'intégration de GeoGebra.

Cette orientation compréhensive se distingue d'une approche explicative qui chercherait à établir des liens de causalité entre des variables isolées. Elle invite au contraire à saisir le phénomène dans sa globalité, son contexte, en prenant en compte une multiplicité de dimensions (représentations, pratiques, vécus, significations) qui s'éclairent mutuellement.

### **3.1.2 Une visée exploratoire**

Le choix d'une méthodologie qualitative se justifie également par le caractère exploratoire de notre recherche (Blais et Martineau, 2006). En effet, si l'usage de GeoGebra en classe de mathématiques a fait l'objet de nombreux travaux à l'échelle internationale, son intégration dans le contexte spécifique de l'enseignement secondaire tunisien reste encore peu documentée.

Les quelques études menées révèlent un usage émergent mais des modalités d'appropriation et des effets sur les pratiques qui restent à approfondir (Trgalová et Jahn, 2013). Notre recherche vise donc à apporter un éclairage inédit sur la façon dont les enseignants tunisiens intègrent GeoGebra et sur la manière dont cet outil agit sur leurs pratiques pédagogiques et leurs compétences professionnelles.

Cette visée exploratoire appelle une démarche souple et ouverte, permettant de faire émerger des données de terrain des pistes de compréhension et d'analyse nouvelles. L'approche qualitative, par son attention aux vécus singuliers et son processus d'induction analytique (Paillé et Mucchielli, 2021), favorise cette logique de découverte et de construction progressive de savoirs contextualisés.

## **3.2 La constitution de l'échantillon**

### **3.2.1 Une stratégie d'échantillonnage intentionnel**

Pour constituer l'échantillon de notre recherche, nous avons fait le choix d'un échantillonnage intentionnel et ciblé (Patton, 2002), cohérent avec notre approche

qualitative. Il ne s'agissait pas de viser un échantillon statistiquement représentatif, mais de sélectionner un nombre restreint de participants présentant des caractéristiques pertinentes au regard de nos objectifs.

Nous avons donc défini un certain nombre de critères pour orienter la sélection des enseignants :

- Enseigner les mathématiques dans un lycée relevant du commissariat régional de l'éducation de Gabès
- Avoir une ancienneté d'au moins 5 ans dans l'enseignement secondaire des mathématiques
- Utiliser GeoGebra dans sa pratique professionnelle depuis au moins 2 ans
- Accepter de participer à un entretien approfondi sur son expérience d'intégration de GeoGebra

Ces critères visaient à constituer un échantillon relativement homogène d'enseignants expérimentés, ayant développé un usage installé de GeoGebra au-delà de la simple prise en main. Il s'agissait d'interroger des enseignants pour lesquels GeoGebra est devenu un outil du quotidien, intégré dans la durée à leurs pratiques pédagogiques, et donc susceptibles de témoigner des changements opérés sous l'effet de cette intégration.

Par ailleurs, le fait de cibler des enseignants d'une même région et ayant une ancienneté significative assure une relative homogénéité de leur contexte d'exercice et de leurs

repères professionnels, permettant des mises en perspective. Enfin, le critère de volontariat était essentiel pour garantir une participation active et réflexive aux entretiens.

Au-delà de ces critères partagés, nous avons cherché à diversifier les profils des enseignants en termes de parcours, d'âge, de spécialité (tronc commun/section), afin de recueillir une pluralité de points de vue et d'expériences de l'usage de GeoGebra. En effet, si une certaine homogénéité est nécessaire pour dégager des convergences, une diversité contrôlée favorise l'émergence d'une compréhension riche et nuancée du phénomène (Savoie-Zajc, 2019).

### **3.2.2 Procédure de recrutement et présentation des participants**

Concrètement, pour constituer notre échantillon, nous avons d'abord pris contact par courriel avec une dizaine de directeurs de lycées de la région de Gabès, pour leur présenter notre recherche et leur demander de relayer notre appel à participation auprès des enseignants de mathématiques de leur établissement. Un document joint détaillait nos objectifs et critères de sélection.

Les enseignants intéressés et éligibles étaient invités à nous contacter directement par courriel. Parmi les candidatures reçues, nous avons sélectionné cinq enseignants présentant des profils variés. Ils ont ensuite reçu un formulaire de consentement précisant les modalités de leur participation et les mesures de confidentialité, à nous retourner signé.

Notre échantillon final se compose de cinq enseignants de mathématiques, tous de sexe masculin :

- Enseignant 1 : 45 ans, 10 ans d'ancienneté, section spécialisée, utilise GeoGebra depuis 7 ans.
- Enseignant 2 : 52 ans, 19 ans d'ancienneté, tronc commun, utilise GeoGebra depuis 10 ans.
- Enseignant 3 : 58 ans, 27 ans d'ancienneté, section spécialisée, utilise GeoGebra depuis 5 ans.
- Enseignant 4 : 48 ans, 18 ans d'ancienneté, tronc commun, utilise GeoGebra depuis 5 ans.
- Enseignant 5 : 40 ans, 13 ans d'ancienneté, section spécialisée, utilise GeoGebra depuis 8 ans.

Ces enseignants cumulent entre 10 et 27 années d'expérience dans l'enseignement secondaire des mathématiques, garantissant une bonne connaissance du terrain et une pratique professionnelle installée. Ils utilisent GeoGebra depuis 5 à 10 ans, ce qui témoigne d'une appropriation durable de l'outil.

Exerçant à la fois en tronc commun et en section spécialisée, avec des élèves de niveaux variés, ils sont susceptibles d'avoir développé une palette diversifiée d'usages de GeoGebra. Enfin, la tranche d'âge des 40-60 ans assure une relative homogénéité générationnelle, tout en apportant une diversité d'expériences et de parcours.

Ce groupe restreint de participants nous est apparu suffisant au regard du caractère exploratoire de notre recherche, qui vise une compréhension en profondeur des

significations et processus en jeu plutôt qu'une généralisation statistique (Savoie-Zajc, 2019). Dans une approche qualitative, la richesse et la pertinence des données priment sur la taille de l'échantillon. L'objectif est d'atteindre une saturation empirique, lorsque les entretiens n'apportent plus d'éléments nouveaux significatifs (Pires, 1997).

### **3.3 L'entretien semi-directif comme outil de collecte des données**

Pour recueillir le point de vue et l'expérience des enseignants quant à leur usage de GeoGebra, nous avons fait le choix de mener des entretiens semi-directifs approfondis (Savoie-Zajc, 2019). Ce type d'entretien nous est apparu particulièrement pertinent au regard de nos objectifs compréhensifs.

#### **3.3.1 Justification du choix de l'entretien comme unique outil de collecte**

Le choix de centrer notre recueil de données sur des entretiens approfondis, sans recourir à une triangulation avec d'autres sources (observations, traces), se justifie au regard du caractère exploratoire de notre étude et de sa focalisation sur le vécu et les significations des acteurs. Comme le soulignent Paillé et Mucchielli (2021), en recherche qualitative, la quête de sens et de compréhension du point de vue des sujets prime souvent sur la recherche d'exhaustivité ou de validation par triangulation. L'entretien, par sa dynamique intersubjective, est un outil privilégié pour accéder à l'expérience vécue dans toute sa richesse et sa singularité (Blanchet et Gotman, 2006).

Bien que la triangulation soit un moyen puissant de renforcer la validité (Savoie-Zajc, 2019), elle n'est pas une condition indispensable pour garantir la rigueur en recherche

qualitative, surtout dans une perspective exploratoire. L'essentiel est d'assurer la cohérence entre les choix méthodologiques et les objectifs de la recherche, et de permettre, par un recueil et une analyse rigoureuse, l'émergence d'une compréhension authentique et crédible du phénomène étudié (Paillé et Mucchielli, 2021).

### **3.3.2 Un outil pour accéder à l'expérience vécue**

L'entretien semi-directif est une méthode de recueil de données qualitatives qui prend la forme d'une conversation orientée par le chercheur autour de thèmes prédéfinis, tout en laissant une large place à l'expression libre de l'interviewé (Savoie-Zajc, 2019).

Cet outil permet d'accéder au sens que les individus donnent à leur vécu, à leurs représentations et logiques d'action, dans un dialogue co-constructif avec le chercheur (Paillé et Mucchielli, 2021). Il est particulièrement adapté pour appréhender des processus complexes et évolutifs, tels que l'appropriation d'un outil technologique par des enseignants.

En effet, l'entretien semi-directif offre un cadre souple et ouvert pour que l'enseignant puisse déplier son expérience, expliciter ses choix pédagogiques et les changements perçus, tout en étant guidé par les relances du chercheur vers les aspects essentiels de la recherche. Il favorise l'émergence d'un discours authentique et incarné, ancré dans la singularité de chaque praticien.

À la différence du questionnaire, l'entretien permet d'approfondir les réponses, de faire préciser les contextes, de rebondir sur des éléments imprévus (Blanchet et Gotman, 2007).



L'interaction directe offre une grande richesse d'informations verbales et non verbales, et la possibilité d'ajuster en continu le fil de l'échange.

Cette souplesse nous semblait cruciale pour nous adapter au mieux à la dynamique propre de chaque enseignant, tout en maintenant le cap de nos objectifs de recherche. De plus, l'entretien en face-à-face favorise une relation de confiance essentielle au partage d'un vécu professionnel.

### **3.3.3 La construction du guide d'entretien**

Afin de structurer les échanges tout en nous gardant d'être directifs, nous avons élaboré un guide d'entretien<sup>1</sup> organisé autour de grands thèmes en lien avec notre question de recherche et notre cadre théorique (Koehler et al., 2013; Puentedura, 2012).

Nous souhaitons explorer la manière dont les enseignants combinent leurs connaissances disciplinaires, pédagogiques et technologiques pour intégrer GeoGebra, et dans quelle mesure cet outil peut transformer leurs pratiques. Notre guide visait ainsi à faire apparaître à la fois les usages concrets de GeoGebra (le quoi) et leur signification en termes de développement professionnel (le comment et le pourquoi).

Les principales dimensions abordées étaient les suivantes :

- La genèse instrumentale (Rabardel, 1995): le parcours de découverte et d'appropriation de GeoGebra, les motivations et étapes clés du processus.

---

<sup>1</sup> Le guide d'entretien est présenté au complet à l'annexe 1 de ce mémoire à la page 132.

Exemples de questions : Depuis combien de temps utilisez-vous GeoGebra ?  
Qu'est-ce qui vous a amené à adopter cet outil ? Comment s'est passée votre prise en main ?

- Les usages pédagogiques : les fonctionnalités utilisées, les types d'activités et leur planification, les modalités d'intégration de GeoGebra dans le scénario de classe.  
Exemples : Pour quelles notions utilisez-vous principalement GeoGebra ? Pouvez-vous me décrire une séance type intégrant GeoGebra ? Comment intégrez-vous GeoGebra : en salle informatique, en vidéo-projection ?
- Les évolutions perçues dans les démarches d'enseignement : les changements dans les formes d'intervention, la gestion de classe, la posture de l'enseignant et des élèves. Exemples : En quoi l'usage de GeoGebra a-t-il modifié votre façon d'enseigner ? Quel a été l'impact sur vos interventions, votre position en classe ? Avez-vous observé des changements de dynamique avec les élèves ?
- Les effets perçus sur l'activité et les apprentissages des élèves : les traces de développement de compétences, de motivation, les différences selon les publics.  
Exemples : Que diriez-vous de l'impact de GeoGebra sur la compréhension des notions par les élèves ? Sur leur engagement ? Avez-vous noté des différences selon le niveau ou le profil des élèves ?
- Les difficultés rencontrées et les stratégies de réponse. Exemples :

Quelles ont été les principales difficultés rencontrées dans l'intégration de GeoGebra ?  
Comment les avez-vous surmontées ?

- Les besoins exprimés en termes de formation et d'accompagnement. Exemples :  
Estimez-vous avoir été suffisamment formé à l'usage de GeoGebra ? Quels seraient vos besoins en termes de formation ou de support pour approfondir votre maîtrise de l'outil ?

Pour chaque thème, des questions de relance étaient prévues pour encourager l'enseignant à développer son propos, à l'illustrer par des exemples concrets. L'objectif était de susciter un discours incarné et détaillé, révélant le sens que chaque praticien donne à son usage de GeoGebra au regard de son contexte spécifique d'enseignement.

Ce guide se voulait un support flexible pour structurer les échanges, et non un carcan à suivre à la lettre. L'ordre et la formulation des questions pouvaient être modulés selon la dynamique de chaque entretien. Des ajustements étaient possibles pour rebondir sur un point important soulevé par l'enseignant ou approfondir un aspect particulier de son expérience.

Notre guide visait à créer un espace de dialogue propice à l'exploration en profondeur du vécu des enseignants quant à leur usage de GeoGebra par sa structure ouverte articulant des thèmes larges et des relances ciblées. L'enjeu était de recueillir un matériau riche et nuancé, ancré dans leur réalité professionnelle singulière.

### **3.4 Le déroulement de la collecte des données**

#### **3.4.1 Modalités pratiques des entretiens**

Après avoir obtenu l'accord signé des cinq participants, nous avons convenu avec chacun d'un créneau de 45 minutes pour réaliser l'entretien par visioconférence, via la plateforme Zoom. Ce dispositif à distance nous a paru le plus approprié compte tenu de la dispersion géographique des enseignants.

Les entretiens se sont déroulés sur une période de deux semaines. Chacun a été enregistré dans son intégralité, avec l'accord préalable du participant, de façon à permettre ensuite une retranscription exhaustive en vue de l'analyse. L'enregistrement audio-visuel nous a permis de capter à la fois les éléments verbaux et les signaux non verbaux.

En début d'entretien, nous avons rappelé les objectifs et les modalités de notre recherche, en insistant sur la dimension confidentielle des échanges et la possibilité pour l'enseignant de ne pas répondre à certaines questions. Cette phase de cadrage étant essentielle pour instaurer un climat de confiance et de transparence.

Nous avons ensuite invité l'enseignant à réagir librement à partir de notre question d'introduction sur son parcours d'appropriation de GeoGebra. Nous l'avons encouragé à illustrer son propos par des exemples concrets tirés de sa pratique. Tout en veillant à aborder l'ensemble des thèmes de notre guide, nous avons ajusté l'ordre des questions au fil des réponses pour respecter la cohérence du discours.

### **3.4.2 La transcription des entretiens**

Suite aux entretiens, nous avons procédé à une transcription verbatim de chacun, de façon à disposer d'un corpus textuel exhaustif et précis en vue de l'analyse. Cette étape fastidieuse est cruciale car elle permet à la fois de s'appropriier en profondeur les données et de commencer à repérer des thématiques transversales (Paillé et Mucchielli, 2021).

Il s'agit de transformer l'oral en écrit en étant le plus fidèle possible aux propos de l'enseignant, en notant également les silences, hésitations et éléments para-verbaux qui peuvent être significatifs. Nous avons fait le choix de transcrire l'intégralité des entretiens de façon à ne perdre aucun détail, même si tout ne serait pas exploité.

Les transcriptions ont été anonymisées en attribuant un code à chaque enseignant et en supprimant toutes les informations permettant de l'identifier, conformément à nos engagements de confidentialité. Elles ont ensuite été relues attentivement pour vérifier leur cohérence et commencer à nous imprégner du matériau en vue de l'analyse.

Ce travail de retranscription a permis de constituer le corpus sur lequel s'est fondée notre analyse qualitative, dont les principes et étapes sont détaillés dans la section suivante.

## **3.5 La méthode d'analyse des données**

### **3.5.1 Le choix d'une analyse thématique**

Pour traiter le corpus constitué par la transcription des entretiens, nous avons opté pour une analyse thématique de contenu (Paillé et Mucchielli, 2021). Cette méthode couramment utilisée dans les approches qualitatives consiste « à procéder

systématiquement au repérage, au regroupement et à l'examen discursif des thèmes abordés dans un corpus » (Paillé et Mucchielli, 2021, p. 269).

Il s'agit de construire progressivement une grille d'analyse structurée en thèmes principaux (les dimensions essentielles) et en sous-thèmes (les déclinaisons plus fines), à partir d'une lecture attentive et réflexive du matériau. Ces thèmes peuvent émerger du discours des acteurs (catégories indigènes) ou être inspirés des concepts issus du cadre théorique et des questions de recherche (catégories conceptuelles).

Ainsi, la thématisation n'est ni purement inductive, ni totalement déductive, mais procède par allers-retours constants entre les données empiriques et les repères théoriques (Paillé et Mucchielli, 2021). Elle implique un travail de déconstruction/reconstruction du corpus visant à faire émerger les logiques transversales et les variations autour de l'objet étudié.

Cette méthode nous est apparue pertinente pour saisir la façon dont les enseignants donnent sens et forme à leur usage de GeoGebra. En identifiant les thèmes récurrents dans leur discours, leurs points de convergence et de divergence, nous cherchons à dégager une compréhension à la fois globale et nuancée de leur expérience d'intégration de cet outil.

De plus, l'analyse thématique s'articule bien avec nos ancrages théoriques, en permettant de repérer comment les enseignants mobilisent et combinent différents registres de connaissances (mathématiques, technologiques, pédagogiques) et à quel niveau ils perçoivent une transformation de leurs pratiques (Koehler et al., 2013; Puentedura, 2012).

### 3.5.2 Les étapes de l'analyse

Concrètement, notre démarche d'analyse thématique s'est déployée en plusieurs étapes (Paillé et Mucchielli, 2021) :

1. Une première lecture flottante des transcriptions pour une familiarisation avec le corpus et le repérage des thèmes émergents.
2. Un découpage du verbatim en unités de sens (mots, phrases, paragraphes) et l'attribution à chacune d'un thème descriptif. Par exemple, le verbatim « Avec GeoGebra, je peux facilement montrer aux élèves le sens de la dérivée, son lien avec la tangente » a été codé « Visualiser les notions mathématiques ».
3. Des relectures permettant de fusionner, affiner, réorganiser les thèmes initiaux en un nombre plus réduit de thèmes plus conceptuels. Par exemple, « Visualiser les notions », « Faciliter la compréhension », « Soutenir l'abstraction » ont été regroupés sous le thème générique « Apports didactiques perçus ».
4. L'élaboration progressive d'un arbre thématique structuré autour de thèmes principaux se déclinant en sous-thèmes. Par exemple :
  - Apports didactiques perçus
    - Visualisation dynamique
    - Aide à la compréhension
    - Soutien à l'abstraction
  - Évolutions des pratiques pédagogiques
    - Renouvellement des démarches

- Modification des interactions
- Nouvelles activités

5. Une analyse détaillée du sens et des extraits de verbatim se rapportant à chaque thème, pour dégager les points saillants et les nuances dans le discours des enseignants. Il s'agissait de dépasser la simple description pour proposer une interprétation conceptuelle et contextualisée du phénomène étudié.

Tout au long de ce processus d'analyse, nous avons tenu un journal de thématisation pour garder trace des choix effectués et de l'évolution de notre réflexion (Paillé et Mucchielli, 2021). Un principe de validation inter-juges a été appliqué, chaque étape étant discutée et affinée avec notre directrice de recherche.

Cette analyse thématique a permis au final de faire émerger quatre axes de compréhension majeurs de l'expérience d'intégration de GeoGebra par les enseignants :

- Les modalités et les visées d'usage de GeoGebra
- Les transformations perçues des pratiques pédagogiques
- Les enjeux professionnels de l'instrumentation de l'activité enseignante
- Les effets perçus sur la motivation et l'apprentissage des élèves

Chacun de ces axes sera détaillé et illustré par des extraits de verbatim dans le chapitre de présentation des résultats. Ils offrent une vue d'ensemble des différentes facettes de



l'influence de GeoGebra sur les pratiques enseignantes, tout en faisant apparaître des variations individuelles dans la façon de vivre et de donner sens à ce processus.

### **3.6 Critères de rigueur scientifique**

Afin d'assurer la validité de notre recherche qualitative, nous avons veillé à respecter un certain nombre de critères de rigueur scientifique (Savoie-Zajc, 2019).

#### **3.6.1 Crédibilité et fiabilité des résultats**

La crédibilité renvoie à la justesse et à la pertinence des interprétations produites au regard du phénomène étudié et des données recueillies. Pour renforcer la crédibilité de notre analyse, nous avons mis en place plusieurs dispositions :

- **Analyse approfondie des entretiens** : Identifier des récurrences et des thèmes communs à partir des réponses des participants.
- **Validation inter-codeurs** : Discuter chaque étape de l'analyse entre le chercheur et sa directrice.
- **Validation par les participants** : Valider nos interprétations par les participants eux-mêmes (member-checking).

La fiabilité concerne la transparence et la reproductibilité du processus de recherche. Nous avons cherché à l'accroître en explicitant chacune des étapes de collecte et d'analyse dans un souci de traçabilité. La transcription intégrale des entretiens, la tenue d'un journal de bord et la conservation des documents de travail visent à permettre de répliquer notre démarche.

### **3.6.2 Transférabilité et généralisation des résultats**

La transférabilité renvoie au potentiel d'application des résultats à d'autres contextes présentant des similarités. Il ne s'agit pas d'une généralisation statistique mais d'une transposition analytique des processus dégagés.

Pour permettre aux lecteurs d'apprécier cette transférabilité, nous nous sommes efforcés de fournir une description riche et détaillée de notre contexte d'étude, de notre échantillon et de nos méthodes. Notre recherche vise ainsi une généralisabilité analytique à d'autres contextes comparables d'intégration d'outils technologiques dans l'enseignement des mathématiques.

### **3.7 Considérations éthiques**

Sur le plan éthique, bien que notre recherche s'intéresse à la pratique enseignante et ne nécessite pas l'obtention d'un certificat éthique parce que les résultats de notre recherche pourront être directement réutilisés par les enseignants-participants afin d'améliorer les compétences de leurs élèves, nous avons tout de même veillé à respecter les principes directeurs de consentement libre et éclairé, de confidentialité des données, et d'absence de préjudice pour les participants (Baribeau, 2009).

Chaque enseignant a reçu une lettre d'information détaillant les objectifs et modalités de la recherche, et a signé un formulaire de consentement avant l'entretien. L'anonymat des participants a été garanti par l'attribution de codes lors de la transcription et par la suppression de toute information identificatoire.

Les enregistrements et les transcriptions ont été conservés dans un lieu sécurisé et seront détruits après la recherche. Un retour sera fait aux participants sur les résultats de l'étude, dans un esprit de réciprocité et de bénéfice mutuel.

En conclusion, ce chapitre a permis de présenter en détail et de justifier nos choix méthodologiques, à savoir une recherche qualitative par entretiens semi-directifs visant à saisir en profondeur l'expérience d'intégration de GeoGebra par des enseignants de mathématiques tunisiens. La rigueur de notre démarche de collecte et d'analyse des données vise à assurer la validité et la fiabilité des résultats qui seront présentés dans le prochain chapitre.

## **4. Chapitre 4 - Présentation des résultats**

Ce chapitre expose en détail les résultats issus de l'analyse thématique menée sur les données recueillies lors des entretiens semi-directifs avec cinq enseignants de mathématiques au secondaire en Tunisie. Le but était d'explorer en profondeur l'influence de l'utilisation du logiciel GeoGebra sur leurs pratiques d'enseignement. L'analyse rigoureuse des transcriptions a permis de faire émerger quatre thèmes centraux structurant le parcours d'intégration de cet outil technologique: les motivations et les défis de l'appropriation initiale, les transformations pédagogiques vécues, les impacts perçus sur les apprentissages des élèves et enfin les besoins d'accompagnement exprimés. Chacun de ces thèmes sera présenté de manière détaillée à travers ses sous-thèmes constitutifs, étayés par des extraits représentatifs des propos des participants.

### **4.1 Profil des enseignants interviewés**

Notre échantillon se compose de cinq enseignants de mathématiques exerçant dans des lycées de la région de Gabès en Tunisie. Ils présentent des profils variés en termes d'ancienneté et d'expérience avec GeoGebra, ce qui nous permet d'avoir une vision relativement large de l'intégration de cet outil dans le contexte éducatif tunisien.

Tous les enseignants participants ont une expérience conséquente de l'enseignement des mathématiques, et utilisent GeoGebra depuis au moins 5 ans, ce qui témoigne d'une certaine appropriation de l'outil. Ils enseignent dans différentes sections, du tronc commun aux classes spécialisées en mathématiques. Il est intéressant de noter que l'Enseignant 5,

bien qu'ayant moins d'ancienneté que l'Enseignant 3, est celui qui utilise GeoGebra depuis le plus longtemps (10 ans).

## **4.2 Diverses motivations à l'origine de l'adoption de GeoGebra**

L'analyse des verbatims révèle que les enseignants ont été amenés à se saisir de GeoGebra sous l'impulsion de motivations diverses, tant personnelles que professionnelles. Trois principaux facteurs déclencheurs semblent avoir présidé à l'adoption de cet outil numérique innovant.

### **4.2.1 La curiosité pour un nouvel outil**

Plusieurs participants évoquent une curiosité initiale pour ce logiciel dont ils avaient entendu vanter les mérites lors de formations ou par des collègues :

« Au début, j'étais curieux d'explorer cet outil dont j'avais entendu parler lors d'une formation. J'ai commencé par des usages ponctuels, puis je l'ai progressivement intégré de façon plus régulière dans ma pratique. » (Ens1)

« Un collègue m'en avait parlé lors d'un stage de formation continue. J'ai été séduit par les possibilités de visualisation dynamique. » (Ens4)

Cette curiosité pour un outil nouveau, perçu comme prometteur pour dynamiser leur enseignement, semble avoir été un premier moteur pour franchir le pas et commencer à explorer le potentiel de GeoGebra.

#### **4.2.2 Volonté d'innovation dans les pratiques pédagogiques**

Certains enseignants expriment une volonté claire de faire évoluer leurs pratiques pédagogiques, cherchant à se distancer des méthodes traditionnelles d'enseignement des mathématiques :

« Je cherchais des moyens de dynamiser mon enseignement et de faciliter la visualisation des concepts. GeoGebra m'a paru un outil prometteur pour cela. » (Ens3)

« Je l'ai adopté car, je crois que les élèves ont besoin d'un enseignement des maths plus parlant et visuel. » (Ens4)

Pour ces enseignants, l'adoption de GeoGebra fait partie d'une démarche volontaire d'innovation pédagogique. Ils recherchent activement de nouvelles méthodes pour enseigner les mathématiques, dans le but de mieux répondre aux besoins de leurs élèves.

#### **4.2.3 Des besoins d'instrumentation spécifiques**

Quelques participants mentionnent s'être tournés vers GeoGebra pour répondre à des besoins pédagogiques précis, des difficultés récurrentes rencontrées dans l'enseignement de certaines notions :

« J'avais besoin de supports visuels pour aider mes élèves à mieux comprendre les propriétés des fonctions, les variations... Avec GeoGebra, je peux facilement tracer une courbe et montrer l'influence des paramètres. » (Ens5)

« Pour les problèmes de construction en géométrie, je voulais que les élèves puissent eux-mêmes créer des figures dynamiques, faire des conjectures. GeoGebra offrait exactement ces fonctionnalités. » (Ens2)

L'intérêt pour GeoGebra chez les enseignants est principalement stimulé par le besoin de répondre à des défis spécifiques en enseignement des mathématiques. Bien que les parcours menant à l'utilisation de GeoGebra diffèrent, un intérêt marqué pour son potentiel à enrichir l'apprentissage des mathématiques est communément partagé. Cet enthousiasme initial favorise souvent une implication soutenue dans l'appropriation de cet outil.

### **4.3 Les genèses instrumentales et les défis surmontés**

Si les enseignants témoignent d'un vif intérêt pour le potentiel de GeoGebra, son adoption en classe n'a pas été sans heurt. Trois principaux défis se sont dressés dans la phase initiale de leur genèse instrumentale de cet environnement numérique.

#### **4.3.1 Des contraintes matérielles**

De manière récurrente et insistante, l'ensemble des participants a soulevé le manque criant d'infrastructures technologiques et de salles informatiques adéquates comme principal obstacle à l'intégration de GeoGebra. Cette carence généralisée en équipements a considérablement limité, voire empêché, leur capacité d'exploitation optimale de ce nouvel outil en classe. Les témoignages concordants illustrent l'ampleur du problème :

« Le principal défi reste le manque d'ordinateurs et d'équipements qu'on doit souvent acheter nous-mêmes pour pouvoir avancer. » (Ens4)

« Les salles sont parfois impraticables, sans électricité. Donc toute amélioration dépendra des infrastructures disponibles. » (Ens3)

« Nous rencontrons souvent des problèmes de ressources matérielles, comme un manque d'accès aux salles informatiques équipées. » (Ens2)

Cette pénurie semble exacerbée pour certains établissements plus défavorisés où les conditions semblent inadaptées pour permettre un réel usage de GeoGebra en classe. Les enseignants doivent trouver des moyens pour contourner ces obstacles, en utilisant leur matériel personnel ou en réservant longtemps à l'avance les rares salles adéquates.

#### **4.3.2 Le nécessaire temps d'adaptation des élèves**

Bien que souvent perçus comme une génération naturellement à l'aise avec le numérique, plusieurs enseignants soulignent que leurs élèves ont d'abord dû se familiariser avec l'environnement GeoGebra avant de pouvoir l'utiliser efficacement :

« Les élèves n'étaient pas habitués à ce genre de logiciel. Au début, ils étaient un peu perdus. Il a fallu plusieurs séances avant qu'ils soient à l'aise pour manipuler les outils, créer des constructions... » (Ens2)

« J'ai réalisé qu'il fallait y aller progressivement, leur laisser le temps de découvrir les fonctionnalités de base, de prendre leurs repères dans l'interface. Sinon ils se focalisaient plus sur la technique que sur les maths. » (Ens5)



Cette phase de prise en main par les élèves, plus ou moins longue selon leur aisance informatique, semble un préalable incontournable pour une intégration réussie de GeoGebra. Les enseignants ont dû apprendre à ajuster le rythme et les modalités de travail avec l'outil.

### **4.3.3 La gestion des écarts de compétences numériques**

En plus du temps d'adaptation général, les participants ont observé des écarts significatifs entre les élèves dans leur appropriation de GeoGebra, ce qui constitue une source de défis constants pour la gestion de classe :

« Certains élèves comprenaient très vite le fonctionnement de GeoGebra, ils allaient intuitivement chercher les bonnes commandes. D'autres avaient besoin de beaucoup plus de temps et d'accompagnement pas à pas. » (Ens4)

« Au début je donnais les mêmes consignes pour tous et j'avançais au rythme des plus lents. Mais les plus à l'aise s'ennuyaient, ils avaient fini depuis longtemps. J'ai dû apprendre à différencier les tâches et les aides en fonction du degré d'autonomie de chacun. » (Ens1)

Cette hétérogénéité des niveaux de compétences numériques semble avoir exigé des enseignants de véritables efforts d'adaptation de leurs stratégies de gestion des activités GeoGebra, pour maintenir l'engagement de tous malgré ces écarts.

#### **4.3.4 L'ajustement des interventions enseignantes**

L'intégration de GeoGebra semble avoir profondément modifié le rôle des enseignants en classe, les obligeant à ajuster leurs interventions aux nouvelles dynamiques générées par cet outil.

« Avant, j'avais tendance à beaucoup guider les élèves, à leur montrer chaque étape de la construction. Avec GeoGebra, j'ai réalisé qu'il fallait davantage les laisser tâtonner, faire leurs propres essais. Mon rôle c'est plus de les aiguiller avec des questions, des défis. »  
(Ens3)

« Au début je craignais de lâcher prise, j'avais peur que les élèves se perdent dans toutes les fonctionnalités de GeoGebra. Progressivement j'ai appris à leur faire confiance, à intervenir de manière plus ciblée quand je voyais un blocage. » (Ens1)

Cette nécessaire régulation de la posture enseignante, d'une logique de contrôle vers une logique d'accompagnement, semble avoir été vécue comme un défi majeur nécessitant un ajustement progressif à travers l'expérience avec l'outil.

#### **4.3.5 La résistance aux changements pédagogiques**

Si les difficultés matérielles et techniques représentaient des obstacles concrets, la transition vers GeoGebra a également exigé un profond changement de culture pédagogique et une remise en question des méthodes d'enseignement traditionnelles jusqu'alors ancrées chez plusieurs participants. Le changement de posture nécessaire pour

enseigner avec ces nouveaux environnements numériques n'a pu se faire sans résistances initiales, comme l'admettent certains participants.

« Au début, j'avais du mal à lâcher prise, à ne plus tout contrôler. Avec GeoGebra, on ne peut pas anticiper toutes les démarches des élèves, il faut accepter une forme d'imprévu. Ça m'a demandé de changer ma vision de l'enseignement. » (Ens3)

« Il a fallu que je désapprenne ma façon traditionnelle d'enseigner les maths, où tout est séquencé, programmé à l'avance. Maintenant j'accepte de me laisser surprendre par les trouvailles des élèves sur GeoGebra, on explore ensemble. » (Ens4)

Cette phase de déstabilisation des repères, voire des croyances pédagogiques établies, a pu générer des doutes et des questionnements. Seule la persévérance personnelle, renforcée par la collaboration entre pairs et le soutien de la hiérarchie, semble avoir permis de dépasser ces résistances culturelles au changement.

Les processus d'appropriation de GeoGebra par ces enseignants sont marqués par des défis multidimensionnels. Bien que ces obstacles n'aient pas découragé les enseignants, ils ont néanmoins pu ralentir le processus d'intégration complète de GeoGebra dans leurs pratiques. Le fait d'avoir surmonté ces défis rend d'autant plus significatives les transformations pédagogiques qui en découlent.

#### **4.4 Reconfiguration des pratiques pédagogiques**

Au fil de leur trajectoire d'appropriation de GeoGebra, les enseignants témoignent de profondes mutations dans leurs démarches d'enseignement des mathématiques, leur octroyant un nouveau rôle et de nouvelles stratégies. Ce n'est plus un simple outil technique, mais bien un levier de reconfiguration pédagogique multidimensionnelle, comme en attestent les cinq sous-thèmes suivants.

##### **4.4.1 Transition du Mode Transmissif à la Logique d'Exploration**

L'ensemble des participants décrit un changement majeur de paradigme dans leurs approches pédagogiques, délaissant les traditionnelles expositions magistrales au profit d'activités favorisant l'exploration, la visualisation dynamique et interactive des concepts mathématiques par les élèves :

« GeoGebra permet de visualiser clairement vers quoi tend une suite, avec des projections dynamiques. C'est très utile en géométrie 3D pour voir comment se comporte une courbe. » (Ens4)

« J'intègre GeoGebra surtout pour la simulation et l'interaction. » (Ens3)

« GeoGebra rend ces notions plus accessibles et compréhensibles pour les élèves grâce à ses représentations visuelles et animées. » (Ens1)

« Avant je montrais des figures statiques au tableau, je donnais des explications. Maintenant, les élèves manipulent eux-mêmes des objets dynamiques, font leurs propres

constats. Mon rôle c'est plus de les guider dans leur exploration que de transmettre des savoirs. » (Ens5)

L'accent est désormais mis sur les démarches actives des élèves pour découvrir, questionner, émettre et vérifier des hypothèses sur les phénomènes mathématiques, plutôt que de simplement recevoir des explications figées de la part de l'enseignant. GeoGebra semble ainsi favoriser une véritable construction des connaissances par les apprenants eux-mêmes.

#### **4.4.2 Une place centrale pour la résolution de problèmes**

L'exploitation pédagogique de GeoGebra amène les enseignants à repenser la structuration de leurs séquences pour inclure davantage d'activités où les élèves doivent mobiliser des compétences d'ordre supérieur. Il ne s'agit plus uniquement d'assimiler des connaissances, mais de résoudre des problèmes authentiques en utilisant les fonctionnalités de modélisation de GeoGebra.

« Avec GeoGebra, les élèves développent des compétences en résolution de problèmes, en raisonnement et en communication mathématiques. » (Ens1)

« Ils deviennent globalement plus compétents dans le raisonnement et la résolution de problèmes. » (Ens3)

« Maintenant, je pars toujours d'une situation-problème. Les élèves doivent modéliser avec GeoGebra, émettre et tester des conjectures. À la fin, on institutionnalise mais l'essentiel du travail c'est eux qui le font en cherchant. » (Ens2)

Les enseignants semblent donc exploiter le potentiel de GeoGebra pour amener les élèves à mobiliser des processus cognitifs complexes comme l'analyse, la synthèse, la communication de leurs raisonnements et la créativité pour résoudre des problèmes mathématiques contextualisés. L'outil ne reste pas cantonné à un rôle d'illustration, mais devient un environnement propice au développement de compétences transversales de haut niveau.

#### **4.4.3 Un soutien renforcé aux démarches expérimentales**

GeoGebra apparaît comme un précieux levier pour faire vivre aux élèves de véritables démarches d'investigation scientifique, articulant expérimentation, conjecture et argumentation :

« Avec GeoGebra, les élèves peuvent facilement tester des valeurs, modifier des paramètres, observer l'effet sur une figure. Ils font des essais, des erreurs, en tirent des conclusions. C'est une vraie démarche expérimentale. » (Ens3)

« Je leur demande d'abord d'émettre une hypothèse sur une propriété géométrique. Ensuite ils utilisent GeoGebra pour vérifier si elle est toujours vraie, et expliquer pourquoi. Ils apprennent à conjecturer et à prouver. » (Ens5)

En offrant un environnement propice à la manipulation dynamique des objets mathématiques, GeoGebra permet aux enseignants de placer les élèves en position de petits chercheurs, construisant leurs connaissances à travers un processus proche de la démarche scientifique. L'outil contribue ainsi à façonner leur rapport épistémologique aux mathématiques, comme une science vivante et expérimentale.

#### **4.4.4 Différencier et personnaliser les activités selon les besoins**

Plusieurs participants mentionnent que l'intégration de GeoGebra leur offre de nouvelles opportunités pour mettre en œuvre une pédagogie différenciée et personnalisée, afin de mieux répondre à l'hétérogénéité des niveaux et des besoins de leurs élèves : « GeoGebra me permet d'adapter les tâches en proposant des activités plus accessibles aux élèves en difficulté et des défis supplémentaires aux élèves avancés. » (Ens1)

« Je peux l'utiliser pour du soutien supplémentaire avec les élèves en difficulté ou aller plus loin avec les bons élèves. » (Ens5)

« Dans une même séance, je peux facilement préparer plusieurs versions d'une construction GeoGebra, avec des aides ou des challenges en plus selon les profils. Je peux aussi donner des retours personnalisés en annotant leurs fichiers. » (Ens4)

Grâce aux nombreuses ressources et à la grande souplesse d'utilisation de GeoGebra, les enseignants disposent d'un large éventail d'activités parmi lesquelles choisir pour s'ajuster de manière flexible et précise au profil de chacun de leurs élèves, qu'ils soient en retard

ou en avance sur le groupe. Cet environnement facilite une gestion pédagogique efficace de l'hétérogénéité en offrant à chacun un parcours et des supports adaptés.

#### **4.4.5 Évolution vers un rôle d'orchestrateur et de médiateur des apprentissages**

En plus des stratégies spécifiques, l'utilisation régulière de GeoGebra semble avoir profondément transformé le positionnement professionnel des enseignants, qui deviennent désormais des médiateurs des apprentissages plutôt que de simples détenteurs du savoir.

« GeoGebra permet de moderniser l'enseignement des maths, c'est un outil indispensable aujourd'hui pour devenir un guide, un facilitateur des apprentissages. » (Ens4)

« Les élèves deviennent plus autonomes dans leur compréhension. » (Ens3)

« Je me vois plus comme un chef d'orchestre avec GeoGebra. Mon rôle c'est de concevoir des activités riches, de lancer des défis, puis d'observer comment les élèves s'en emparent, d'orienter leur réflexion, de les aider à formaliser leurs découvertes. » (Ens1)

Les enseignants endossent ainsi une fonction inédite d'orchestrateurs, organisant les ressources et interactions pour générer des apprentissages de haut niveau. Ils deviennent les médiateurs privilégiés entre les élèves, les savoirs mathématiques et l'environnement GeoGebra, au service de la compréhension de tous.



Cette reconfiguration profonde du rôle enseignant s'accompagne d'une plus grande mise en activité des élèves, désormais placés au cœur du processus d'apprentissage, dans une logique de construction active des connaissances mathématiques.

GeoGebra agit comme un puissant levier de transformation des pratiques professionnelles, engageant ces enseignants dans un développement professionnel dynamique, nourri de nouveaux gestes et postures au service des apprentissages.

L'exploitation régulière de GeoGebra a ainsi engendré des mutations substantielles des stratégies pédagogiques et du positionnement professionnel de ces enseignants, désormais médiateurs et facilitateurs des apprentissages dans un environnement technologique riche. Cette évolution semble irréversible tant elle ouvre de nouvelles perspectives pour faire des mathématiques autrement.

#### **4.5 Impacts perçus sur la motivation et l'apprentissage des élèves**

En plus des changements amorcés dans leurs propres pratiques, les enseignants soulignent de manière unanime les effets significatifs de GeoGebra sur les aspects affectifs, motivationnels et les apprentissages de leurs élèves. Six sous-thèmes permettent de saisir pleinement ces retombées positives.

##### **4.5.1 Stimulation de la motivation pour les mathématiques**

Tous les participants expriment avec enthousiasme l'effet mobilisateur engendré par l'intégration de GeoGebra dans leurs classes. Son utilisation ne se limite pas à être un simple outil supplémentaire ; elle semble raviver un intérêt renouvelé pour les

mathématiques, une discipline souvent considérée comme rebutante par les élèves lorsqu'elle est enseignée selon des méthodes traditionnelles.

« Les séances avec GeoGebra sont source de joie et de motivation pour eux. Ils sont fascinés comme si on faisait de la magie ! » (Ens4)

« Ils sont plus attentifs, concentrés et engagés car, ils perçoivent la nouveauté de GeoGebra. » (Ens1)

« Beaucoup d'élèves me disent qu'avec GeoGebra, ils comprennent enfin à quoi servent les maths, ils voient les liens avec la réalité. Du coup ils sont plus motivés, ils ont envie de chercher. » (Ens2)

L'aspect ludique et interactif des activités semble altérer les perceptions négatives courantes des mathématiques, encourageant des attitudes plus positives et enthousiastes chez les élèves. Ce renouveau du sens et de l'intérêt pour l'apprentissage semble jouer un rôle significatif dans la réconciliation de certains élèves avec la discipline.

#### **4.5.2 Une implication accrue dans les tâches mathématiques**

En plus de la motivation générale, les enseignants rapportent une implication accrue des élèves dans les activités mathématiques proposées avec GeoGebra :

« Quand on travaille un problème avec GeoGebra, même les élèves habituellement passifs s'investissent, essaient des choses. Ils sont preneurs, n'ont plus peur de se lancer. » (Ens5)

« Avant, il fallait souvent les solliciter pour qu'ils participent. Maintenant avec GeoGebra, ce sont eux qui prennent les commandes, me montrent leurs idées. Ils sont vraiment acteurs. » (Ens3)

Cette participation active et spontanée dans les tâches semble favorisée à la fois par l'attractivité de l'environnement numérique et par les possibilités d'action offertes aux élèves. En manipulant, en expérimentant, ils s'engagent dans la résolution et osent prendre des initiatives.

#### **4.5.3 Un facilitateur de compréhension des notions abstraites**

De par ses fonctionnalités de visualisation dynamique, GeoGebra est largement perçu par les enseignants comme une aide précieuse pour permettre aux élèves d'appréhender certaines notions mathématiques réputées complexes et abstraites, en leur offrant des représentations imagées animées :

« Pour les limites en plus ou moins l'infini, le fait de voir la courbe bouger est très éclairant pour les élèves. » (Ens4)

« GeoGebra est très utile pour illustrer la notion de convergence. Les élèves comprennent mieux en voyant la courbe se rapprocher de sa limite de façon interactive. » (Ens3)

« En géométrie dans l'espace, GeoGebra change tout. Les élèves visualisent mieux les solides, les positions relatives. Ils peuvent les faire tourner, changer de point de vue. C'est une vraie révolution pour eux. » (Ens2)

En concrétisant les concepts théoriques, les possibilités offertes par GeoGebra compensent les difficultés de conceptualisation souvent rencontrées lors de l'enseignement des notions mathématiques les plus abstraites. Les élèves peuvent se baser sur des représentations dynamiques pour construire le sens des objets mathématiques, ce qui facilite considérablement leur compréhension et leur appropriation.

#### **4.5.4 Renforcement des compétences mathématiques**

Les enseignants constatent que GeoGebra aide les élèves à acquérir des compétences et des stratégies de résolution essentielles pour développer une expertise en mathématiques. L'outil rend les problèmes complexes plus accessibles et encourage une approche analytique approfondie, nécessaire pour maîtriser cette discipline.

« Avec GeoGebra, les élèves apprennent à faire comme les vrais mathématiciens : observer, expérimenter, formuler des hypothèses, les tester, chercher des contre-exemples... Ils s'approprient une vraie démarche de recherche. » (Ens5)

« Quand ils modélisent une situation sur GeoGebra, les élèves mobilisent tout un tas de connaissances et de raisonnements mathématiques pointus. Ils les combinent de façon de plus en plus experte, efficace, comme des pros. » (Ens1)

L'environnement semble agir comme une boîte à outils puissante, offrant de multiples fonctionnalités à combiner pour résoudre des problèmes complexes. En s'appropriant progressivement ces outils, les élèves développent des stratégies de résolution et des

compétences de raisonnement de haut niveau au plus proche des pratiques des mathématiciens.

#### **4.5.5 Des processus d'autorégulation étayés**

Plusieurs verbatims mettent en lumière le rôle de GeoGebra pour soutenir le développement de processus d'autorégulation des apprentissages, au cœur de l'autonomie des élèves :

« Avec GeoGebra, les élèves apprennent à planifier leurs constructions, à contrôler leurs résultats. S'ils voient que ça ne marche pas, ils peuvent faire machine arrière, corriger. Ils gèrent de mieux en mieux leurs erreurs, de façon autonome. » (Ens3)

« Ils s'autocorrigent, s'autovalident beaucoup plus qu'avant. Avec la figure dynamique, ils voient tout de suite si leur construction est juste ou fausse, et cherchent à l'améliorer. Ils se fixent des critères de réussite et travaillent pour les atteindre. » (Ens4)

Les possibilités de manipulation directe et de rétroaction immédiate offertes par l'outil permettent aux élèves de tester leurs conjectures de manière autonome. Ils peuvent ainsi mieux planifier leurs démarches, contrôler leurs résultats et ajuster leurs stratégies en fonction des retours de l'environnement, autant de processus métacognitifs cruciaux pour apprendre à apprendre.

Cette autonomie accrue témoigne d'une meilleure capacité à réguler leurs apprentissages, conformément au modèle de Zimmerman.

GeoGebra apparaît comme un levier pour développer à la fois les compétences mathématiques visées dans les programmes et les capacités d'apprentissage autorégulé des élèves, deux piliers de la réussite scolaire.

#### **4.5.6 Une responsabilisation dans les apprentissages**

Plusieurs participants mentionnent des effets bénéfiques marqués de GeoGebra sur la prise de responsabilité des élèves vis-à-vis de leurs apprentissages mathématiques. Loin de la posture de récepteurs passifs caractérisant l'enseignement traditionnel, les activités dynamiques et interactives proposées avec GeoGebra semblent stimuler une implication active des élèves, une prise en main personnelle de leur processus de construction des connaissances :

« Les élèves sont plus autonomes dans leur compréhension et apprécient l'usage de l'informatique pour s'approprier les notions mathématiques. » (Ens3)

« Ils sont plus concentrés, engagés dans les tâches et apprécient l'aspect interactif et exploratoire de GeoGebra. » (Ens3)

« Les élèves me disent qu'ils se sentent plus responsables de leurs apprentissages avec GeoGebra. Comme ils peuvent manipuler, chercher par eux-mêmes, ils ont l'impression que c'est leur boulot de comprendre, plus seulement d'écouter le prof. » (Ens2)

En participant pleinement aux activités de modélisation et de manipulation d'objets mathématiques, les élèves accroissent leur indépendance cognitive et prennent activement

la responsabilité de leur apprentissage. Ils développent un sentiment de contrôle sur leur éducation, un facteur important pour la motivation.

Les enseignants observent plus qu'un simple regain d'intérêt ; ils notent un changement profond dans la manière dont les élèves se rapportent aux mathématiques et à leur apprentissage avec GeoGebra. Passant d'une posture passive à un rôle actif et responsable de leur compréhension, cette évolution identitaire semble essentielle pour des apprentissages mathématiques plus robustes et transférables.

Les impacts positifs observés sur les aspects cognitifs, métacognitifs et affectifs de l'apprentissage renforcent la valeur que les enseignants accordent à GeoGebra comme un apport pédagogique significatif. Ils justifient leurs efforts pour intégrer cet outil, malgré les défis, en soulignant son potentiel pour rendre les mathématiques plus motivantes.

#### **4.6 Nécessité d'un soutien continu**

Malgré un enthousiasme généralisé pour le potentiel de GeoGebra, les enseignants expriment fréquemment et avec insistance le besoin accru de formation, de ressources de soutien et d'équipements appropriés pour utiliser pleinement cet outil et obtenir les bénéfices attendus. Quatre sous-thèmes sont identifiés pour expliciter ces attentes justifiées.

#### 4.6.1 Élaboration de programmes de formation approfondis

La majorité des participants exprime le manque de formations robustes, couvrant les aspects théoriques et pratiques, sur l'utilisation des technologies éducatives comme GeoGebra, tant au cours de leur formation initiale qu'en formation continue. La plupart se sont formés par eux-mêmes, souvent plus par obligation que par choix volontaire.

« J'ai suivi une seule formation très théorique, pas du tout sur GeoGebra. J'ai dû apprendre en autoformation. » (Ens3)

« J'ai suivi quatre sessions organisées par l'inspecteur, mais ce n'était pas suffisant à mon avis. Il faudrait davantage de formation approfondie sur le long terme. » (Ens2)

« Les formations qu'on a eues étaient trop courtes, trop générales. Il faudrait un vrai parcours qualifiant, avec des ateliers pratiques, des analyses de séances, un suivi en classe. Quelque chose de vraiment professionnalisant, sur la durée. » (Ens5)

Ces enseignants soulignent l'importance de recevoir des formations pédagogiques ciblées qui leur permettraient de maîtriser l'utilisation de GeoGebra dans l'enseignement des mathématiques, en conformité avec les exigences disciplinaires et les programmes éducatifs tunisiens. Ils appellent à un renforcement de la professionnalisation de ces méthodes, pour qu'elles soient régulièrement appliquées et maintenues dans les pratiques de classe.



#### 4.6.2 Concevoir des ressources pédagogiques spécifiques

Un autre besoin exprimé par les enseignants est l'accès à des ressources pédagogiques spécialement adaptées à GeoGebra et au contexte éducatif tunisien. Bien que de nombreux matériaux soient disponibles en ligne, les enseignants notent que ces ressources sont souvent trop génériques et ne correspondent pas aux exigences spécifiques de leur environnement éducatif.

« Il faudrait un parcours de formation complet et des ressources spécifiques pour une utilisation régulière et pérenne de GeoGebra en classe. » (Ens1)

« Nos évaluations officielles restent sur papier, on ne peut pas vraiment évaluer avec GeoGebra de façon formelle. Il manque des guides sur son utilisation pour l'évaluation des apprentissages. » (Ens4)

« Les activités GeoGebra en ligne sont souvent trop basiques ou au contraire trop compliquées pour nos élèves. On a besoin de ressources progressives, adaptées à nos programmes. Et de scénarios clés en main mais modifiables, pour gagner du temps. » (Ens2)

La création de ressources GeoGebra spécifiquement adaptées au contexte éducatif tunisien est considérée comme une priorité par les enseignants. Ils préconisent le développement de kits complets incluant des activités de classe, des outils de planification, des supports d'évaluation et des conseils pratiques. Ces ressources seraient conçues pour répondre précisément aux besoins des enseignants et des élèves en Tunisie.

### 4.6.3 Mise à niveau des équipements informatiques

Les participants soulignent que, indépendamment de la qualité des formations et des ressources, le principal obstacle à une large intégration de GeoGebra est le déficit notable d'infrastructures informatiques dans de nombreux établissements. « Le problème de matériel reste récurrent et nous empêche d'exploiter pleinement GeoGebra. » (Ens2)

« Les salles sont parfois impraticables, sans électricité (...) Toute amélioration dépendra des infrastructures disponibles. » (Ens3)

« Comment intégrer GeoGebra quand on n'a même pas une salle informatique digne de ce nom ? Un ordinateur pour cinq élèves ? Il faut un vrai plan d'équipement des lycées, sinon même les profs motivés finiront par jeter l'éponge. » (Ens4)

Les enseignants insistent sur la nécessité d'investir dans les infrastructures numériques des lycées tunisiens, un préalable indispensable pour l'utilisation efficace de GeoGebra. Ils soulignent l'importance d'avoir des ordinateurs de haute performance, en nombre adéquat, des espaces dédiés à l'informatique et une connexion internet stable pour moderniser durablement l'enseignement.

### 4.6.4 Encourager la mutualisation entre pairs

Dernier axe d'accompagnement souhaité, celui de la mise en réseau et du partage d'expériences entre enseignants utilisateurs de GeoGebra :

« Ça fait des années que je me forme seul sur GeoGebra, mais j'ai besoin d'échanger avec des collègues. De voir concrètement comment eux l'utilisent en classe, les activités qu'ils créent. D'avoir des retours critiques sur mes propres séances aussi. » (Ens5)

« J'aimerais qu'on crée un groupe, un forum des profs tunisiens utilisateurs de GeoGebra. Pour partager nos ressources, nos trouvailles mais aussi nos galères. Comme ça on pourrait progresser ensemble, s'épauler, au lieu de ramer chacun dans son coin. » (Ens1)

Pour ces enseignants dévoués, réussir l'intégration de GeoGebra est perçu comme un effort collectif essentiel. Les initiatives individuelles, aussi innovantes soient-elles, ne sont pas suffisantes ; la collaboration est nécessaire pour transformer cet outil en un moyen efficace de moderniser l'enseignement des mathématiques en Tunisie.

Face à plusieurs défis, les enseignants interviewés ne sont pas pleinement satisfaits de leur niveau de maîtrise de GeoGebra. Leurs requêtes continues pour des formations approfondies, des ressources précises, des infrastructures adéquates, et une coopération accrue soulignent le long parcours qui leur reste à accomplir pour intégrer cet outil numérique de manière quotidienne, en faire une ressource commune et fiable pour l'enseignement des mathématiques pour les élèves tunisiens.

## **4.7 Vers une intégration institutionnelle et systémique**

Animés par leur expérience positive avec GeoGebra, les enseignants interviewés reconnaissent la nécessité de son déploiement généralisé dans le système éducatif tunisien. Ils identifient deux sous-thèmes essentiels pour une intégration réussie qui dépasse les initiatives individuelles.

### **4.7.1 Adoption généralisée de GeoGebra**

En dépit des défis, une majorité d'enseignants envisage un avenir où l'utilisation de GeoGebra ou de technologies similaires serait normalisée, voire rendue obligatoire, dans l'enseignement des mathématiques au secondaire en Tunisie. Cette extension nécessite cependant un accompagnement conséquent des enseignants et la disponibilité de ressources adéquates. Un enseignant exprime son espoir:

« Mon souhait est que l'utilisation de GeoGebra devienne obligatoire en Tunisie. C'est indispensable pour dynamiser l'enseignement des maths et améliorer le niveau des élèves. » (Ens4)

« À condition que le ministère fournisse les ressources matérielles, la formation adéquate et un véritable accompagnement pédagogique aux enseignants, je suis pour rendre GeoGebra obligatoire. » (Ens5)

« Il faudrait que GeoGebra soit intégré officiellement aux programmes, avec des attentes claires sur les types d'activités à mener. Pas juste une option, mais un outil central dont l'usage serait attendu et valorisé. Un peu comme l'apprentissage des TICE. » (Ens2)

Cette vision d'une institutionnalisation traduit la conviction commune envers le potentiel de GeoGebra à transformer l'enseignement des mathématiques. Bien plus qu'un simple outil supplémentaire, il est considéré comme un élément essentiel de la professionnalisation des enseignants de mathématiques, au même niveau que la maîtrise des contenus disciplinaires et des méthodes pédagogiques.

#### **4.7.2 Initiatives politiques et investissements continus**

Pour généraliser l'utilisation de GeoGebra, les participants suggèrent un engagement politique fort et des investissements soutenus :

« Il faudrait un plan d'envergure nationale pour équiper tous les lycées, former tous les profs, développer une vraie expertise partagée. C'est un choix de société pour l'éducation, ça demande une volonté politique forte et des moyens dans la durée. » (Ens4)

« Les enseignants ne pourront pas faire ce travail d'intégration tous seuls. Il faut que le ministère donne une impulsion claire, mette les moyens, valorise les efforts. Si c'est juste une lubie de quelques inspecteurs convaincus, ça ne décollera jamais vraiment. » (Ens1)

Au-delà des intentions, c'est une politique publique d'éducation cohérente et pérenne qui est jugée indispensable. Elle devrait articuler équipement massif des établissements, refonte des programmes et des curriculums de formation des enseignants, production de ressources adaptées, création de réseaux et de laboratoires d'innovation, mais aussi des incitations statutaires et un accompagnement des équipes au plus près de leurs besoins.

Cette vision systémique reflète une approche lucide des leviers et des freins au changement éducatif. Riche de leur expérience pionnière, les enseignants interviewés ne croient plus aux initiatives isolées mais aspirent à une transformation en profondeur du système, pour que GeoGebra puisse réellement tenir ses promesses au service de l'apprentissage mathématique de tous les élèves tunisiens.

Ce chapitre dépeint en détail le riche parcours d'appropriation de GeoGebra par ces enseignants de mathématiques tunisiens. Mu par une réelle motivation pour cet outil prometteur, ce processus s'avère jalonné de multiples défis, didactiques, pédagogiques, matériels et culturels, que ces praticiens engagés ont su surmonter avec créativité et persévérance.

En plus des impacts positifs perçus sur les apprentissages et la motivation de leurs élèves, c'est une véritable reconfiguration de leur posture et de leur identité professionnelle qui semble à l'œuvre. En intégrant GeoGebra dans leurs classes, ces enseignants développent de nouvelles compétences et des gestes professionnels inédits, au plus près d'une vision constructiviste et active des apprentissages mathématiques.

Leur expérience positive nourrit une aspiration forte à une généralisation institutionnelle de GeoGebra, perçu comme un levier puissant pour moderniser l'enseignement des mathématiques en Tunisie. Cette intégration systémique appelle, à leurs yeux, à une véritable politique nationale de formation, d'équipement et d'accompagnement des enseignants pour favoriser des usages pédagogiques pérennes et partagés.

Si le chemin est encore long, ces enseignants éclaireurs montrent par leur engagement la voie d'un enseignement des mathématiques résolument tourné vers l'avenir, où les environnements technologiques comme GeoGebra joueraient un rôle majeur pour favoriser la réussite de tous les élèves. Reste aux décideurs à entendre ces pionniers et à impulser les réformes nécessaires pour inscrire ces pratiques innovantes dans le quotidien de toutes les classes tunisiennes.

Les différents aspects du parcours d'appropriation de GeoGebra par les enseignants sont synthétisés dans la carte mentale ci-dessous :

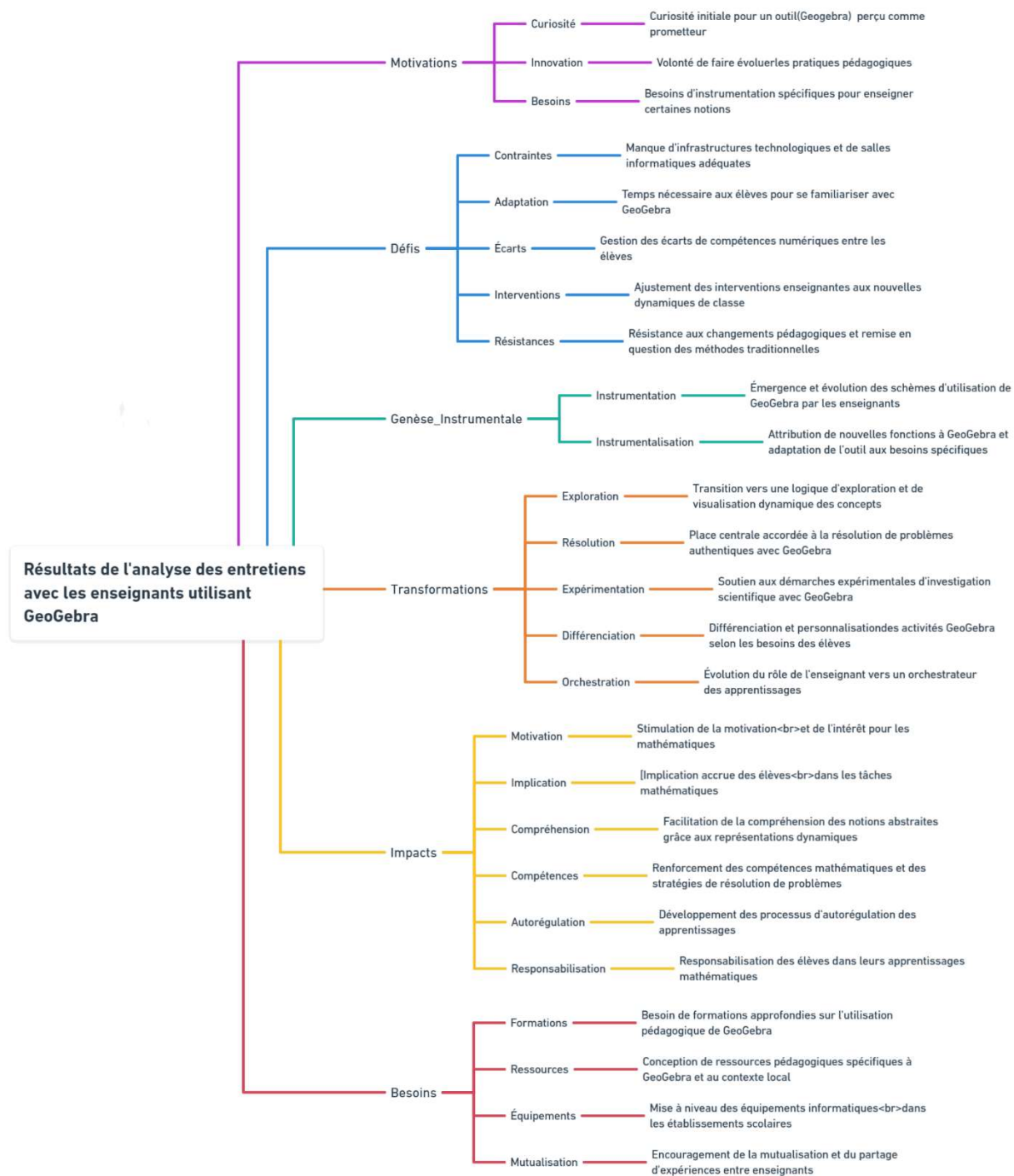


Figure 3 : Parcours d'appropriation de GeoGebra



## **5. Chapitre 5 : Discussion**

Les résultats détaillés dans le chapitre précédent offrent un éclairage riche et nuancé sur l'influence de GeoGebra sur les pratiques enseignantes des participants à cette étude. Au-delà des constats empiriques, cette discussion vise à analyser ces données en les mettant en perspective avec les cadres théoriques et conceptuels mobilisés, ainsi qu'avec les recherches antérieures sur le sujet. Nous articulerons notre discussion autour de trois principales analyses : les genèses instrumentales des enseignants avec GeoGebra comme vecteurs de développement professionnel, la transformation de leurs pratiques à la lumière du modèle SAMR et enfin, les défis liés à l'intégration pérenne de l'outil dans le système éducatif tunisien.

### **5.1 GeoGebra, un puissant catalyseur du développement professionnel des enseignants**

Le modèle de Magnusson et al (1999) relatif aux connaissances des enseignants offre un cadre propice pour analyser l'évolution perçue de leurs connaissances sous l'effet de l'intégration de GeoGebra. Les données recueillies suggèrent des transformations dans plusieurs des composantes identifiées par ce modèle.

#### **5.1.1 L'enrichissement des connaissances pédagogiques liées au contenu (PCK)**

Les connaissances pédagogiques liées au contenu (PCK) des enseignants, fondamentales selon Shulman (1986, 1987), semblent avoir été profondément affectées par l'utilisation

récurrente de GeoGebra dans leurs cours de mathématiques. En considérant chacune des sous-composantes des PCK, on observe :

- Une diversification des stratégies d'enseignement : Loin des méthodes transmissives, les participants décrivent une pluralité de nouvelles approches exploitant le potentiel d'exploration, de modélisation et d'interaction offert par GeoGebra. Ces activités paraissent mieux arrimées aux spécificités de la didactique des mathématiques.
- Une représentation renouvelée des compréhensions et difficultés des élèves : L'usage de GeoGebra semble avoir accru la sensibilité des enseignants aux conceptions alternatives et obstacles d'apprentissage récurrents chez leurs élèves. Ils évoquent de nouveaux moyens concrets de les surmonter à l'aide des représentations dynamiques et interactives.
- Une exploitation plus riche du curriculum : GeoGebra offre de nouvelles opportunités pour aligner les pratiques enseignantes sur les visées du programme de mathématiques, comme le développement de compétences transversales en résolution de problèmes et communication mathématique.
- Une vision élargie de l'évaluation des apprentissages : Si peu d'évaluations formelles impliquent encore GeoGebra, les enseignants témoignent de sa valeur ajoutée pour recueillir des indices plus authentiques et dynamiques de la compréhension des élèves, au-delà des procédures statiques habituelles.

Le profond renouvellement des PCK des enseignants ayant intégré GeoGebra peut s'expliquer par le rôle catalyseur de ce type d'environnement technologique dans le développement des connaissances professionnelles, comme le soulignent Agyei et Voogt (2015) ainsi que Trgalová et Jahn (2013). L'interaction prolongée avec cet outil aux multiples affordances semble engager les enseignants dans une restructuration progressive de leurs PCK, pour les adapter aux nouvelles opportunités offertes. La plasticité des PCK semble favoriser leur enrichissement au contact d'un outil aussi polymorphe et riche que GeoGebra.

### **5.1.2 Un renforcement des connaissances disciplinaires**

Au-delà des PCK, l'analyse des données suggère que GeoGebra a eu un impact positif sur les connaissances disciplinaires en mathématiques des enseignants. La représentation dynamique de concepts théoriques comme les limites, la convergence, la géométrie dans l'espace, leur a permis de développer une compréhension plus incarnée et une analyse plus fine des raisonnements mathématiques impliqués.

Plusieurs enseignants évoquent comment la manipulation des objets mathématiques dans GeoGebra les a conduits à approfondir leur propre compréhension des notions en jeu, en les abordant sous un angle plus visuel et dynamique. Ce faisant, ils ont renforcé leurs connaissances disciplinaires, au-delà de la seule maîtrise des techniques et algorithmes usuels.

Plusieurs témoignages évoquent ainsi une meilleure aisance dans l'explication et la transposition didactique des notions mathématiques ardues grâce à l'environnement de modélisation fourni par GeoGebra. Ce constat rejoint les analyses de Tabach et Trgalova (2020) sur le gain de profondeur conceptuelle permis par l'intégration judicieuse des environnements de géométrie dynamique.

### **5.1.3 Une meilleure compréhension des démarches des élèves**

L'analyse montre également comment l'intégration de GeoGebra amène les enseignants à faire évoluer leurs connaissances sur les démarches et raisonnements des élèves. En observant la manière dont les apprenants interagissent avec l'environnement dynamique pour résoudre des problèmes, conjecturer et valider leurs résultats, les enseignants affinent leur compréhension des processus d'apprentissage.

Ils identifient mieux les stratégies mobilisées, repèrent plus finement les difficultés et les conceptions erronées. Voir les raisonnements des élèves « en actes », à travers leurs manipulations dans GeoGebra, permet aux enseignants d'accéder à leur cheminement cognitif de manière plus transparente. Ils repèrent mieux les difficultés et les stratégies de leurs élèves, enrichissant ainsi la composante « élèves » de leurs PCK (Magnusson et al., 1999). GeoGebra leur fournit des indicateurs précieux pour adapter leur enseignement aux besoins des apprenants.

#### **5.1.4 L'appropriation de connaissances technologiques spécifiques**

Au fil de leurs explorations et de leurs expérimentations, les enseignants ont développé une maîtrise de plus en plus fine des fonctionnalités de GeoGebra. Ils ont appris à construire des figures dynamiques pertinentes, à créer des activités interactives adaptées à leurs objectifs pédagogiques. Ces connaissances spécifiques à l'outil enrichissent leur répertoire global de connaissances technologiques au service de l'enseignement.

Plus largement, l'intégration durable de GeoGebra semble avoir induit le développement chez les participants de solides connaissances technopédagogiques du contenu (TPACK) au sens de Koehler et al(2013). En combinant connaissances disciplinaires, pédagogiques et technologiques, ils démontrent une certaine forme d'expertise dans l'ajustement de leur enseignement pour tirer le meilleur parti de l'outil, en fonction des objectifs d'apprentissage ciblés.

La notion de genèse instrumentale (Rabardel, 1995) éclaire bien ce processus par lequel GeoGebra devient progressivement un véritable instrument au service de l'activité d'enseignement des mathématiques, et non plus seulement un artefact technologique disponible. L'enseignant « s'approprie » l'outil en l'adaptant à ses schèmes préexistants, mais aussi en lui attribuant de nouvelles fonctions pédagogiques et didactiques (instrumentalisation).

Le processus ardu mais déterminant d'intégration des environnements comme GeoGebra dans les pratiques enseignantes semble agir comme un vecteur décisif de développement

professionnel, jouant sur l'évolution de la majorité des connaissances identifiées dans le modèle de Magnusson et al. (1999). Les genèses instrumentales conduites amènent les enseignants à reconsidérer et restructurer l'ensemble de leurs savoirs académiques, pédagogiques, didactiques et technologiques pour les mettre en cohérence avec ce nouvel instrument d'enseignement.

## **5.2 GeoGebra, un catalyseur de transformation des pratiques**

En plus de l'évolution des connaissances professionnelles mobilisées, l'analyse dépeint également GeoGebra comme un puissant facteur de bouleversement des pratiques pédagogiques des enseignants en mathématiques. La typologie du modèle SAMR (Puentedura, 2012) offre un cadre théorique intéressant pour qualifier cette transformation.

### **5.2.1 Une amplification progressive débouchant sur une redéfinition**

Avant d'intégrer GeoGebra, les pratiques professionnelles décrites par les participants s'inscrivaient majoritairement dans le premier niveau du modèle SAMR, celui de la substitution. Les technologies servaient essentiellement de support auxiliaire pour illustrer ou reproduire les mêmes tâches que dans un enseignement traditionnel papier-crayon.

Les premiers usages de GeoGebra relatés relèvent davantage de l'étape d'augmentation, avec un gain d'efficacité et de dynamisme apporté aux tâches usuelles. Progressivement,

les enseignants décrivent des usages s'apparentant à une réelle modification, dans laquelle les activités sont repensées significativement pour exploiter le potentiel de l'outil.

Mais une fois GeoGebra réellement adopté et maîtrisé, c'est un changement en profondeur qui semble s'être opéré, relevant d'une véritable redéfinition pour de nombreux aspects.

Les tâches deviennent plus interactives, ouvertes, centrées sur des démarches d'investigation et de collaboration. GeoGebra permet de travailler sur des situations plus complexes et réalistes, favorisant le développement de compétences mathématiques de haut niveau.

Les témoignages suggèrent que le degré de transformation des pratiques est lié à la fois à l'expertise technique des enseignants sur GeoGebra, à leur capacité à en percevoir les plus-values didactiques, et à une évolution de leurs représentations sur les processus d'apprentissage. Les usages les plus innovants semblent portés par une vision constructiviste, accordant un rôle central à l'activité de l'élève.

### **5.2.2 Une transformation des interactions didactiques et pédagogiques**

La transformation profonde des démarches pédagogiques induite par GeoGebra s'accompagne d'une évolution des interactions en classe et du positionnement de l'enseignant. D'un statut de dispensateur de connaissances, il devient davantage un médiateur des apprentissages, guidant les explorations autonomes des élèves dans

l'environnement interactif. Ce changement de posture vers un rôle de facilitateur est typique du plus haut niveau de redéfinition de la typologie SAMR (Puentedura, 2012).

Les enseignants décrivent des échanges plus horizontaux, une symétrie accrue dans les relations didactiques. Ils interviennent davantage pour questionner, relancer, valider les démarches des élèves, plutôt que pour exposer directement le savoir. Les élèves sont incités à interagir avec l'environnement GeoGebra et entre eux pour confronter leurs stratégies et leurs conjectures. L'activité de l'élève est davantage verbalisée et partagée.

GeoGebra ne se contente pas d'outiller les pratiques existantes, il catalyse une reconfiguration en profondeur de la relation enseignant-élèves et des processus d'enseignement-apprentissage. L'enseignant n'est plus le seul détenteur du savoir, il partage le contrôle des démarches avec les élèves qui construisent activement leurs connaissances via les fonctionnalités de l'outil.

Ce rééquilibrage des rôles caractérise les pratiques les plus transformées par GeoGebra, alignées sur une logique de co-construction des savoirs mathématiques. L'activité de l'élève est davantage verbalisée, partagée, la formulation et la validation des conjectures sont dévolues au collectif. L'enseignant endosse un rôle d'orchestration de ces dynamiques d'échanges et d'investigation.

### **5.2.3 Un environnement propice au développement de compétences élargies**

Par leurs témoignages concordants sur les impacts sur leurs élèves, les enseignants révèlent que GeoGebra a outrepassé son rôle initial pour réellement transformer les



opportunités d'apprentissage en mathématiques. Loin de n'être qu'un support auxiliaire, GeoGebra semble être devenu un réel environnement catalyseur du développement de compétences transversales et qualifiantes pour le 21<sup>ème</sup> siècle.

Les activités de modélisation, de résolution de problèmes complexes, d'exploration dynamique favorisées par GeoGebra apparaissent aux enseignants comme un terrain privilégié pour développer des compétences mathématiques avancées. Les élèves apprennent à décomposer un problème en sous-étapes, à traduire une situation en langage mathématique, à généraliser un raisonnement, autant de facettes de cette compétence critique à l'ère numérique.

Les participants relèvent une amélioration marquée des compétences d'ordre supérieur comme l'analyse, la synthèse, le raisonnement complexe, la modélisation, la résolution de problèmes authentiques, la communication avec le langage mathématique, etc. GeoGebra apparaît ainsi comme un terreau fertile pour exercer ces aptitudes avancées, bien au-delà de la simple acquisition de contenus disciplinaires.

Les enseignants considèrent que le caractère ouvert et interactif des tâches avec GeoGebra contribue à développer des compétences clés d'autonomie, de créativité et de réflexivité chez les élèves. En expérimentant par eux-mêmes, en analysant leurs erreurs, en confrontant leurs démarches, ils gagnent en capacité d'auto-évaluation et d'autorégulation de leurs processus d'apprentissage.

#### **5.2.4 Un outil au service du développement des compétences mathématiques et de l'autorégulation**

L'analyse montre que GeoGebra ne favorise pas seulement l'acquisition de connaissances mathématiques, mais soutient plus largement le développement des compétences visées dans les programmes tunisiens. Les activités de résolution de problèmes, de modélisation et de validation par le biais des constructions dynamiques permettent aux élèves d'exercer les démarches de raisonnement, d'argumentation et de communication attendues. Elles offrent un terrain propice à la mobilisation conjointe des savoirs et savoir-faire mathématiques dans des situations authentiques.

Les enseignants notent que les élèves apprennent à conjecturer, à tester des hypothèses, à chercher des contre-exemples, à prouver leurs résultats. Ils s'approprient progressivement une démarche scientifique en mathématiques, avec ses tâtonnements et ses itérations. GeoGebra semble agir comme un révélateur de l'activité mathématique, en rendant visibles et manipulables les objets et processus en jeu.

Par ailleurs, les résultats mettent en évidence des processus d'autorégulation de l'apprentissage facilités par l'usage de GeoGebra. Les fonctionnalités de manipulation directe, de test d'hypothèses et de feedback immédiat favorisent une conduite autonome des explorations mathématiques par les élèves, conformément au modèle de Zimmerman (2002). Ils peuvent planifier leurs démarches, en contrôler l'avancée et ajuster leurs stratégies de manière indépendante. GeoGebra semble ainsi soutenir les capacités d'apprentissage autorégulé, déterminantes pour la réussite scolaire.

Les enseignants remarquent que les élèves développent des compétences métacognitives accrues grâce à GeoGebra. La possibilité de faire varier les paramètres, d'annuler une action, de recommencer, encourage une attitude réflexive et un contrôle continu sur leurs résolutions. Ils apprennent de leurs erreurs en les visualisant immédiatement. Cet étayage de l'autorégulation facilite le développement d'une autonomie et d'une responsabilité dans les apprentissages.

En articulant le développement de compétences mathématiques et d'habiletés autorégulatrices, GeoGebra s'affirme comme un environnement puissant pour faire évoluer en profondeur les apprentissages des élèves, au-delà de la simple maîtrise de techniques et concepts isolés. L'outil apparaît au service d'une approche globale et intégrée de la formation mathématique.

Ainsi, les pratiques transformées par GeoGebra semblent en phase avec les ambitions curriculaires actuelles en Tunisie, visant le développement conjoint de connaissances, de compétences disciplinaires et transversales, et de capacités d'apprendre à apprendre. Loin d'un simple adjuvant technique, GeoGebra apparaît comme un partenaire didactique et pédagogique au fort potentiel d'amélioration des apprentissages mathématiques.

Le passage régulier par les différents paliers du modèle SAMR semble être à l'œuvre dans le processus menant à une intégration réussie de GeoGebra. La transition débute certes par une période de substitution et d'adaptation mais elle évolue progressivement pour aboutir à une redéfinition profonde des pratiques pédagogiques et des possibilités

d'apprentissage, une fois l'environnement pleinement assimilé et exploité par les enseignants.

Cette trajectoire de développement professionnel n'est cependant ni linéaire ni automatique. Elle dépend de la capacité des enseignants à conduire une genèse instrumentale aboutie, à opérer les changements de posture et de conceptions nécessaires. Elle est aussi fortement conditionnée par des variables externes comme l'accès au matériel, le soutien de l'institution, les dynamiques collectives de partage et de co-formation entre pairs.

### **5.3 Défis et conditions d'une intégration réussie**

Malgré les nombreux impacts positifs relevés, l'analyse fait également ressortir d'importants défis dans le processus ardu d'intégration de GeoGebra en contexte tunisien. En cerner les principaux enjeux et conditions de réussite s'avère crucial pour orienter les futures initiatives à plus grande échelle dans le système éducatif.

#### **5.3.1 L'impératif d'une formation continue et adaptée**

La généralisation des usages de GeoGebra dans l'enseignement des mathématiques en Tunisie soulève toutefois des défis majeurs en termes de formation des enseignants. Au-delà de la maîtrise technique de l'outil, il s'agit de développer chez les enseignants de véritables compétences technopédagogiques, ancrées dans leur discipline. Les enseignants pointent l'insuffisance d'une seule formation ponctuelle et généraliste. Ils appellent à un

parcours de formation approfondi, inscrit dans la durée et adossé aux situations concrètes de classe.

Pour être pleinement opérantes, les formations devraient alterner découverte approfondie du logiciel, analyses de situations didactiques intégrant GeoGebra, et retours réflexifs sur les expérimentations en classe. Arrimées aux enjeux mathématiques spécifiques, elles gagneraient à s'ancrer dans le modèle des communautés de pratique pour favoriser la co-construction entre pairs et l'analyse de situations authentiques.

Les formations devraient ainsi viser le renforcement des PCK et des connaissances TPACK (Koehler et al., 2013), en articulant étroitement enjeux didactiques et potentialités des technologies. Le développement de scénarios et d'activités GeoGebra au plus près des besoins de leur contexte d'exercice apparaît comme une condition clé de transfert dans les pratiques. L'accompagnement dans la durée permettrait un soutien aux genèses instrumentales en contexte et un étayage des postures réflexives.

Il importe également de préparer les enseignants à soutenir le développement des compétences mathématiques et des capacités d'autorégulation des élèves dans ces environnements numériques. Cela implique une sensibilisation aux modèles théoriques sous-jacents et un accompagnement réflexif sur les changements de posture et de pratiques induits.

### **5.3.2 Développer des ressources adaptées au contexte éducatif tunisien**

En plus des nécessaires efforts de formation, la présente étude révèle un besoin pressant de ressources pédagogiques alignées sur les programmes tunisiens. Des activités et scénarios intégrant GeoGebra de manière pertinente et adaptée au contexte local favoriseraient une appropriation durable par les enseignants. Ils pourraient ainsi s'appuyer sur un matériau directement exploitable, soutenant le développement de leurs PCK et TPACK.

La mutualisation et la création collaboratives de telles ressources « clés en main » au sein de la communauté enseignante apparaît comme une piste prometteuse. Adossées aux compétences et savoirs prescrits dans le curriculum tunisien, elles faciliteraient le tâtonnement expérimental et créatif si crucial dans les genèses instrumentales. Une plateforme numérique nationale centralisant ces activités éprouvées sur le terrain constituerait un appui précieux aux pratiques enseignantes.

L'intégration de GeoGebra dans les manuels et documents d'accompagnement des programmes, avec des pistes d'usages, légitimerait et guiderait le recours à cet outil dans les activités mathématiques. L'institution éducative a un rôle clé à jouer pour encourager et outiller les usages de GeoGebra en lien étroit avec le curriculum tunisien.

### **5.3.3 Développer les équipements et l'infrastructure numérique**

Quelle que soit la qualité des formations et des ressources fournies, le principal goulot d'étranglement pour l'intégration massive de GeoGebra reste, aux dires des participants, le manque criant d'infrastructures informatiques dans la plupart des établissements (Pang et al., 2022).

Les enseignants en appellent à un réel effort d'investissement dans les équipements numériques des lycées tunisiens, condition sine qua non pour progresser dans l'usage de GeoGebra. Ordinateurs performants, nombres suffisants, salles dédiées, connexion internet fiable... Autant de prérequis essentiels pour transformer durablement les pratiques.

### **5.3.4 Encourager les dynamiques collectives de co-formation**

Dernier axe d'accompagnement plébiscité, celui de la mise en réseau et du partage d'expériences entre enseignants utilisateurs de GeoGebra (Freiman et al., 2009).

L'intégration réussie de GeoGebra apparaît, aux yeux de ces enseignants engagés, comme une entreprise nécessairement collective. Par-delà les efforts individuels, aussi créatifs soient-ils, c'est la force du groupe qui permettra de faire de cet outil un véritable levier de rénovation de l'enseignement des mathématiques en Tunisie.

Pour être opérante, cette mise en réseau des enseignants nécessite un soutien institutionnel. Espaces numériques d'échanges, journées de rassemblement et de formation, appui à des

projets collaboratifs inter-établissements, participations à des colloques constituent autant de leviers à activer pour stimuler ces dynamiques de partage et de développement professionnel collectif.

L'enjeu est de faire vivre une véritable communauté de pratique autour de GeoGebra, pour favoriser la co-formation entre pairs et capitaliser les savoirs issus de l'expérience. Ce caractère éminemment social des genèses instrumentales et des évolutions de pratiques mérite d'être pris en compte dans les stratégies d'accompagnement.

Malgré la multiplicité des défis relevés, les enseignants interviewés ne se satisfont pas du stade atteint dans leur maîtrise de GeoGebra. Leurs demandes récurrentes de formation qualifiante, de ressources ciblées, d'infrastructures à la hauteur et de travail collaboratif montrent toute l'étendue du chemin qu'il reste à parcourir pour faire de cet outil numérique un instrument quotidien, partagé et éprouvé au service des apprentissages mathématiques de tous les élèves tunisiens.



## **6. Conclusion générale**

### **Problématique**

Le système éducatif tunisien, marqué par son passé colonial et les réformes postindépendance, a réalisé des progrès notables en termes d'accès à l'éducation. Cependant, des inégalités et des défis de qualité demeurent, en particulier dans l'enseignement des mathématiques au secondaire. Malgré des programmes ambitieux, les pratiques pédagogiques restent traditionnelles et les résultats des élèves aux évaluations sont préoccupants. Parmi les facteurs explicatifs figurent le manque de ressources, la formation limitée des enseignants à l'usage des technologies et la faible motivation des élèves. Dans ce contexte, l'intégration d'outils comme GeoGebra apparaît comme une piste prometteuse pour dynamiser les pratiques enseignantes et favoriser la compréhension des concepts mathématiques (Alkhateeb et Al-Duwairi, 2019; Khali et al., 2019). Toutefois, l'influence réelle de GeoGebra sur les pratiques des enseignants tunisiens et les apprentissages des élèves reste à explorer, justifiant la conduite d'une recherche empirique sur cette question.

### **Cadre théorique**

Pour étudier l'intégration de GeoGebra dans les pratiques des enseignants de mathématiques, nous avons choisi de nous appuyer sur le modèle des PCK de Magnusson et al. (1999).

Ce cadre met en lumière les relations complexes entre les connaissances disciplinaires, pédagogiques et technologiques des enseignants, et la manière dont elles s'actualisent dans

leurs choix didactiques. Les modèles complémentaires TPACK et SAMR permettent d'affiner l'analyse, en considérant les différents niveaux d'intégration des technologies et leur impact sur la transformation des pratiques.

De plus, la théorie de l'apprentissage autorégulé de Zimmerman (2002) offre un éclairage pertinent sur la façon dont GeoGebra peut soutenir l'engagement et l'autonomie des élèves dans leurs apprentissages mathématiques, en étayant les processus de planification, de contrôle et d'autoréflexion.

Le concept de genèse instrumentale de Rabardel (1995) est également mobilisé pour analyser le processus d'appropriation de GeoGebra par les enseignants, à travers les mouvements d'instrumentation (adaptation des schèmes d'utilisation) et d'instrumentalisation (attribution de nouvelles fonctions à l'artefact).

Une synthèse des recherches sur GeoGebra révèle son potentiel pour enrichir les démarches d'exploration, la visualisation des concepts et l'engagement des élèves. Toutefois, son appropriation par les enseignants soulève des défis en termes de formation et d'adaptation des approches pédagogiques. Notre étude vise donc à mieux comprendre comment GeoGebra influence les différentes dimensions des pratiques enseignantes en mathématiques, dans le contexte spécifique de l'enseignement secondaire tunisien.

## **Méthodologie**

Cette recherche qualitative à visée compréhensive, s'appuyant sur une série d'entretiens semi-directifs approfondis menés auprès de cinq enseignants de mathématiques tunisiens

expérimentés, met en exergue l'impact considérable et multiface de l'intégration de GeoGebra sur leurs pratiques professionnelles. Le choix de l'entretien comme outil unique de recueil, argumenté au regard de nos objectifs d'exploration du vécu et du sens donné par les acteurs (Paillé et Mucchielli, 2021; Blanchet et Gotman, 2007), nous a permis de saisir assez finement la complexité de leur expérience d'appropriation de cet environnement de géométrie dynamique.

### **Résultats de la recherche**

L'analyse des données, articulant les modèles théoriques de Magnusson et al. (1999) sur les PCK (Pedagogical Content Knowledge) et de Puentedura (2012) sur les niveaux d'intégration des technologies (SAMR), révèle que l'usage régulier de GeoGebra agit comme un puissant catalyseur de développement professionnel. Il conduit les enseignants à reconfigurer en profondeur leurs approches pédagogiques et leur posture. Cette genèse instrumentale, à la fois exigeante et prometteuse, affecte l'ensemble de leurs connaissances professionnelles, qu'elles soient relatives aux contenus mathématiques, aux stratégies d'enseignement, aux processus d'apprentissage des élèves ou aux usages des technologies. Les PCK apparaissent particulièrement remaniées, les enseignants élaborant de nouvelles stratégies pour rendre les concepts mathématiques plus accessibles et signifiants pour les élèves grâce aux possibilités de visualisation, de manipulation et d'expérimentation offertes par GeoGebra.

Cette évolution des connaissances s'accompagne d'une transformation qualitative des pratiques de classe. Suivant une trajectoire allant de la substitution à la redéfinition des tâches et des rôles, les démarches transmissives laissent place à des approches d'investigation et de co-construction des savoirs, où l'élève est amené à expérimenter, conjecturer et valider par lui-même. GeoGebra apparaît ainsi comme un levier puissant pour déployer une pédagogie active et différenciée, centrée sur la résolution de problèmes complexes et le développement de compétences mathématiques de haut niveau. Il favorise également l'engagement des élèves et l'autorégulation de leurs apprentissages, en leur offrant un environnement d'exploration et de feedback propice à une compréhension approfondie des notions.

Cependant, cette intégration féconde se heurte à de nombreux défis, appelant un accompagnement renforcé sur les plans de la formation, de l'élaboration de ressources adaptées au contexte tunisien, de l'équipement en matériels performants et de la mise en réseau des enseignants. Les participants plaident ainsi pour une politique volontariste visant un usage pérenne et généralisé de GeoGebra, au service de la réussite de tous les élèves.

### **Limites de la recherche**

Cette recherche comporte certaines limites à considérer. La taille réduite de l'échantillon et le caractère exploratoire de l'étude invitent à une généralisation prudente des résultats. Des recherches complémentaires, mobilisant des méthodologies quantitatives sur des populations plus larges, permettraient de confirmer les tendances dégagées et d'évaluer leur représentativité statistique.

De plus, le recueil des données s'est centré sur les déclarations des enseignants, sans observation directe des pratiques de classe. Des études de cas approfondies, croisant entretiens, observations et traces d'activité, offriraient une triangulation féconde pour saisir plus finement les usages réels de GeoGebra et leurs impacts sur les apprentissages.

Par ailleurs, nos analyses se sont focalisées sur le point de vue enseignant. Il serait heuristique d'investiguer plus avant le vécu des élèves dans leur travail avec GeoGebra, leurs modes d'appropriation de l'outil, leurs éventuelles difficultés. La mise en perspective des regards des deux acteurs enrichirait la compréhension des processus en jeu.

La question de l'efficacité comparée de GeoGebra par rapport à d'autres logiciels de géométrie dynamique ou à des approches traditionnelles mériterait aussi d'être investiguée. Des recherches quasi-expérimentales, contrastant différentes modalités d'enseignement, apporteraient un éclairage sur la valeur ajoutée spécifique de GeoGebra au regard d'autres supports et démarches.

Notre étude a privilégié une visée compréhensive de l'expérience et des pratiques enseignantes à un instant donné. Un suivi longitudinal de quelques cas permettrait d'appréhender plus finement les dynamiques d'évolution des usages de GeoGebra et de développement professionnel associé sur un temps long. Des recherches collaboratives, impliquant les enseignants dans la conception et l'analyse réflexive de séances intégrant GeoGebra, offriraient possiblement des pistes fécondes d'amélioration des pratiques en contexte.

### **Perspectives de recherche**

Sur le plan méthodologique, si le choix assumé de focaliser notre recueil sur des entretiens approfondis nous a permis d'accéder aux significations que les acteurs attribuent à leur réalité professionnelle, nous avons conscience des limites de cette approche et des apports potentiels d'une triangulation pour renforcer et nuancer nos analyses (Savoie-Zajc, 2019). Nous envisageons donc avec intérêt cette piste pour des recherches ultérieures à visée confirmative, qui viendraient compléter et prolonger cette première exploration compréhensive.

Par ailleurs, cette étude met en lumière la portée heuristique des modèles de Magnusson et de Puentedura pour appréhender la dialectique entre le développement des connaissances, des pratiques enseignantes et des apprentissages des élèves au contact d'un outil technologique. Elle ouvre des perspectives stimulantes pour concevoir des dispositifs de formation et d'accompagnement ajustés aux besoins exprimés par les enseignants, et

pour guider les décideurs dans la mise en œuvre d'une intégration réussie des technologies comme GeoGebra dans l'enseignement des mathématiques en Tunisie. Malgré les défis à relever, une vision transformatrice et émancipatrice de l'éducation mathématique émerge, portée par l'engagement créatif de ces enseignants pionniers qui ouvrent la voie à de nouvelles manières d'enseigner et d'apprendre les mathématiques à l'ère du numérique.

## RÉFÉRENCES

- Abdeljaouad, M. (2014). Mathematics Education in Islamic Countries in the Modern Time: Case Study of Tunisia. Dans A. Karp et G. Schubring (dir.), *Handbook on the History of Mathematics Education* (p. 405-428). Springer New York. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-9155-2\\_20](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-9155-2_20)
- Agyei, D. D. et Voogt, J. M. (2015). Pre-service teachers' TPACK competencies for spreadsheet integration: insights from a mathematics-specific instructional technology course. *Technology, Pedagogy and Education*, 24(5), 605-625. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2015.1096822>
- Akkari, A. (2005). The Tunisian Educational Reform: From Quantity to Quality and the Need for Monitoring and Assessment. *PROSPECTS*, 35(1), 59-74. <https://doi.org/10.1007/s11125-005-6818-8>
- Alkhateeb, M. A. et Al-Duwairi, A. M. (2019). The Effect of Using Mobile Applications (GeoGebra and Sketchpad) on the Students' Achievement. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 14(3), 523-533.
- Association pour le développement de l'éducation en Afrique (ADEA). (2017). *Du continuum education-formation au continuum education-formation-travail*. [https://tvsd.adeanet.org/sites/default/files/documents/continuum\\_\\_compendium\\_\\_2017\\_\\_fr\\_\\_29.12.2017.pdf](https://tvsd.adeanet.org/sites/default/files/documents/continuum__compendium__2017__fr__29.12.2017.pdf)
- Awaji, B. (2022). Students' perceptions of using GeoGebra software in mathematics learning. *European Journal of Open Education and E-learning Studies*, 7(2). <https://doi.org/10.46827/ejoe.v7i2.4509>



- Baribeau, C. (2009). Analyse des données des entretiens de groupe. *Recherches qualitatives*, 28(1), 133-148. <https://doi.org/10.7202/1085324ar>
- Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A., Klusmann, U., Krauss, S., Neubrand, M. et Tsai, Y.-M. (2010). Teachers' mathematical knowledge, cognitive activation in the classroom, and student progress. *American educational research journal*, 47(1), 133-180. <https://doi.org/10.3102/000283120934515>
- Bautista, A. et Ortega-Ruiz, R. (2015). *Teacher professional development: International perspectives and approaches*. <https://doi.org/10.25115/psye.v7i3.1020>
- Ben Nejma, S. et Coulange, L. (2009). *A propos des effets d'une réforme sur les pratiques enseignantes Une étude de cas au niveau du secondaire en Tunisie*.
- Ben Yahia, F., Essid, H. et Rebai, S. (2018). Do dropout and environmental factors matter? A directional distance function assessment of tunisian education efficiency. *International Journal of Educational Development*, 60, 120-127. <https://doi.org/10.1016/j.ijedudev.2017.11.004>
- Berliner, D. C. (2001). Learning about and learning from expert teachers. *International Journal of Educational Research*, 35(5), 463-482. [https://doi.org/10.1016/S0883-0355\(02\)00004-6](https://doi.org/10.1016/S0883-0355(02)00004-6)
- Blais, M. et Martineau, S. (2006). L'analyse inductive générale: description d'une démarche visant à donner un sens à des données brutes. *Recherches qualitatives*, 26(2), 1-18.
- Blanchet, A. et Gotman, A. (2006). *L'entretien*. Armand Colin.
- Blömeke, S., Busse, A., Kaiser, G., König, J. et Suhl, U. (2016). The relation between content-specific and general teacher knowledge and skills. *Teaching and Teacher Education*, 56, 35-46. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2016.02.003>

- Darling-Hammond, L. (2017). Teacher education around the world: What can we learn from international practice? *European Journal of Teacher Education*, 40(3), 291-309.  
<https://doi.org/10.1080/02619768.2017.1315399>
- Drijvers, P., Doorman, M., Boon, P., Reed, H. et Gravemeijer, K. (2010). The teacher and the tool: instrumental orchestrations in the technology-rich mathematics classroom. *Educational Studies in Mathematics*, 75(2), 213-234. <https://doi.org/10.1007/s10649-010-9254-5>
- El-Mesawi, M. E. (2008). Muslim reformist action in nineteenth-century Tunisia. *American Journal of Islamic Social Sciences*, 25(2), 49.  
[https://books.google.com/books?hl=fr&lr=&id=MJU3DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA49&dq=El-Mesawi,+M.+\(2008\).+Muslim+Reformist+Action+in+Nineteenth-century+Tunisia.%E2%80%AFThe+American+journal+of+Islamic+social+sciences,+25,+49-82.%E2%80%AFhttps://doi.org/10.35632/AJISS.V25I2.400.+&ots=M\\_G2wmhXvJ&sig=1hb0Cm7uC54JPvQXWw6PM8--wHc](https://books.google.com/books?hl=fr&lr=&id=MJU3DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA49&dq=El-Mesawi,+M.+(2008).+Muslim+Reformist+Action+in+Nineteenth-century+Tunisia.%E2%80%AFThe+American+journal+of+Islamic+social+sciences,+25,+49-82.%E2%80%AFhttps://doi.org/10.35632/AJISS.V25I2.400.+&ots=M_G2wmhXvJ&sig=1hb0Cm7uC54JPvQXWw6PM8--wHc)
- Ericsson, K. A. (2018). *The differential influence of experience, practice, and deliberate practice on the development of superior individual performance of experts.*
- Freiman, V., Martinovic, D. et Karadag, Z. (2009). Decouvrir le potentiel éducatif du logiciel dynamique GeoGebra: Communauté de collaboration et de partage. *Bulletin AMQ Association Mathématique du Québec*, 49(4), 34-49.
- Fryer, L. G. et Jules, T. D. (2013). Policy spaces and educational development in the Islamic Maghreb region: Higher education in Tunisia. Dans *The Development of Higher Education in Africa: Prospects and Challenges* (vol. 21, p. 401-425). Emerald Group Publishing Limited. [https://doi.org/10.1108/S1479-3679\(2013\)0000021017](https://doi.org/10.1108/S1479-3679(2013)0000021017)

- Genevès, B. (2004). *Vers des spécifications formelles : Fondements Mathématiques et Informatiques pour la Géométrie Dynamique* [theses, Université Joseph-Fourier - Grenoble I]. <https://theses.hal.science/tel-00354048>
- Ghozzi, H. et Mezghani, L. (2018). Higher Education in Management: The Case of Tunisia. Dans S. Dameron et T. Durand (dir.), *The Future of Management Education: Volume 2: Differentiation Strategies for Business Schools* (p. 213-233). Palgrave Macmillan UK. [https://doi.org/10.1057/978-1-137-56104-6\\_9](https://doi.org/10.1057/978-1-137-56104-6_9)
- Hamlaoui, S. (2021). Teachers' Resistance to Educational Change and Innovations in the Middle East and North Africa: A Case Study of Tunisian Universities. Dans R. Ouaisa, F. Pannewick et A. Strohmaier (dir.), *Re-Configurations: Contextualising Transformation Processes and Lasting Crises in the Middle East and North Africa* (p. 171-184). Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-31160-5\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-658-31160-5_11)
- Heitink, M., Voogt, J., Verplanken, L., van Braak, J. et Fisser, P. (2016). Teachers' professional reasoning about their pedagogical use of technology. *Computers & Education*, 101, 70-83. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.05.009>
- Hohenwarter, M. et Fuchs, K. (2004). Combination of dynamic geometry, algebra and calculus in the software system GeoGebra. Dans *Computer algebra systems and dynamic geometry systems in mathematics teaching conference* (vol. 2002, p. 1-6).
- Imed Ben Rabah. (2020). *Indice du capital humain et système éducatif tunisien*.
- Jemmali, H. et Amara, M. (2018). On Measuring and Decomposing Inequality of Opportunity among Children: Evidence from Tunisia. *Applied Research in Quality of Life*, 13(1), 137-155. <https://doi.org/10.1007/s11482-017-9511-1>
- Jonnaert, P. (2009). *Compétences et socioconstructivisme: un cadre théorique*. Armando Editore.

- Jules, T. D. et Smaali Bouhlila, D. (2018). Indirect Coercive Transfer and Educational Copying Under Dictatorship: The Case of Tunisia. *FIRE: Forum for International Research in Education*, 4(3). <https://doi.org/10.32865/fire20184316>
- Karamti, C. (2016). Measuring the Impact of ICTs on Academic Performance: Evidence From Higher Education in Tunisia. *Journal of Research on Technology in Education*, 48(4), 322-337. <https://doi.org/10.1080/15391523.2016.1215176>
- Khali, M., Khalil, U. et ul Haq, Z. (2019). Geogebra as a Scaffolding Tool for Exploring Analytic Geometry Structure and Developing Mathematical Thinking of Diverse Achievers. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 14(2), 427-434. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1227198>
- Khalloufi-Mouha, F. (2019). Analyse des actions discursives d'un enseignant lors d'une séquence d'enseignement intégrant un environnement de géométrie dynamique. *Année de publication: 2019*, 156. [https://cifem2018.sciencesconf.org/data/pages/ouvrageCIFEM\\_2019.pdf#page=157](https://cifem2018.sciencesconf.org/data/pages/ouvrageCIFEM_2019.pdf#page=157)
- Kinsey, D. C. (1971). Efforts for Educational Synthesis under Colonial Rule: Egypt and Tunisia. *Comparative Education Review*, 15(2), 172-187. <https://doi.org/10.1086/445529>
- Koehler, M. J., Mishra, P. et Cain, W. (2013). What is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)? *Journal of Education*, 193(3), 13-19. <https://doi.org/10.1177/002205741319300303>
- Latifi, M., Esegir, A., Elmaroufi, A., Hattaf, K. et Achtaich, N. (2022). Modeling with differential equations and geogebra in high school mathematics education. *Journal of Educational and Social Research*, 12(3), 47-91. <https://doi.org/10.36941/jesr-2022-0065>

- Magnusson, S., Krajcik, J. et Borko, H. (1999). Nature, Sources, and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. Dans J. Gess-Newsome et N. G. Lederman (dir.), *Examining Pedagogical Content Knowledge: The Construct and its Implications for Science Education* (p. 95-132). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/0-306-47217-1\\_4](https://doi.org/10.1007/0-306-47217-1_4)
- Marchionne, S. (2023). Vocational Educational Training (VET) in Tunisia: Barriers and Challenges to its Internationalization and Possible Solutions to Boost Socio-Economic Development of the Country. *Frontiers: The Interdisciplinary Journal of Study Abroad*, 35(3), 208-237. <https://doi.org/10.36366/frontiers.v35i3.837>
- Ministère de l'Éducation en Tunisie. (2022). *Mission d'appui au Ministère de l'Éducation pour l'approfondissement de l'analyse sectorielle et l'élaboration du plan stratégique Analyse sectorielle*. <https://www.unicef.org/tunisia/media/6436/file/analyse-sectorielle-education-2022.pdf>
- Ministère de l'Éducation en Tunisie: Direction de la Pédagogie et des Normes Du cycle préparatoire et de l'enseignement secondaire. (2008). *Programmes de mathématiques Enseignement secondaire*. [http://www.edunet.tn/ressources/pedagogie/programmes/nouveaux\\_programme2011/secondaire/math.pdf](http://www.edunet.tn/ressources/pedagogie/programmes/nouveaux_programme2011/secondaire/math.pdf)
- Ministère de l'Éducation et de la Formation de Tunisie. (2002). *La nouvelle réforme du système éducatif tunisien : Programme pour la mise en œuvre du projet « École de demain » (2002-2007)*. Ministère de l'Éducation et de la Formation de Tunisie. [https://planipolis.iiep.unesco.org/sites/default/files/ressources/tunisia\\_nouvelle\\_reforme\\_du\\_systeme\\_educatif\\_tunisien.pdf](https://planipolis.iiep.unesco.org/sites/default/files/ressources/tunisia_nouvelle_reforme_du_systeme_educatif_tunisien.pdf)

Ministère de l'Enseignement Supérieur :Direction Générale de la Rénovation Universitaire.

(2006). *La réforme LMD en Tunisie Note de cadrage*.

[http://www.isetkr.rnu.tn/new/pdfs/note\\_de\\_cadrage\\_LMD\\_Version-Francaise.pdf](http://www.isetkr.rnu.tn/new/pdfs/note_de_cadrage_LMD_Version-Francaise.pdf)

Mishra, P. et Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054.

<https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>

Murni, V., Sariyasa, S. et Ardana, I. M. (2017). GeoGebra Assist Discovery Learning Model for Problem Solving Ability and Attitude toward Mathematics. *Journal of Physics: Conference Series*, 895(1), 012049. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/895/1/012049>

*Conference Series*, 895(1), 012049. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/895/1/012049>

Nejma, S. B. (2021). La place de la modélisation dans l'enseignement de l'algèbre élémentaire : Pratiques institutionnelles et pratiques enseignantes dans le système éducatif tunisien.

*ITM Web of Conferences*, 39, 01009. <https://doi.org/10.1051/itmconf/20213901009>

Neumann, K., Kind, V. et Harms, U. (2019). Probing the amalgam: the relationship between science teachers' content, pedagogical and pedagogical content knowledge.

*International Journal of Science Education*, 41(7), 847-861.

<https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1497217>

Nouhou, A. M. et Mohamed Sagayar, M. (2022). *Introduire le logiciel de la géométrie dynamique pour améliorer l'apprentissage des fonctions numériques au lycée*

*Introduction of dynamic geometry software to improve the learning of numerical functions in higher secondary school.*

Ntwari, I. et Bécu-Robinault, K. (2021). Mobilisation des connaissances professionnelles des enseignants dans la préparation et la mise en œuvre des cours de mathématiques à

l'école fondamentale au Burundi. *Formation et profession*, 29(2), 1.

<https://doi.org/10.18162/fp.2021.565>

OCDE. (2018). *Études économiques de l'OCDE Tunisie : Évaluation économique*.

Paillé, P. et Mucchielli, A. (2021). *L'analyse qualitative en sciences humaines et sociales-5e éd.*

Armand Colin.

Pang, S., Nhor, R. et Em, S. (2022). Cambodian teachers' readiness of using ICT: The case of rural upper-secondary schools. *Jurnal As-Salam*, 6(2), 145-162.

Patton, M. Q. (2002). *Qualitative research & evaluation methods*. Sage.

Pekkarinen, T. et Pellicer, M. (2013). Education and allocation of skills in Tunisia: evidence from an education reform. *IZA Journal of Labor & Development*, 2(1), 14.

<https://doi.org/10.1186/2193-9020-2-14>

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

Pires, A. (1997). Échantillonnage et recherche qualitative: essai théorique et méthodologique.

*La recherche qualitative. Enjeux épistémologiques et méthodologiques*, 169, 113.

Puentedura. (2012). Ruben R. Puentedura's Weblog: The SAMR Model: Background and

*Exemplars*. <http://www.hippasus.com/rrpweblog/archives/000073.html>

Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies; approche cognitive des instruments contemporains*. Armand colin.

Rahmouni, M. et Aleid, M. A. (2020a). Teachers' practices and children's motivation towards science learning in MENA countries: Evidence from Tunisia and UAE. *International Journal of Educational Research*, 103, 101605.

<https://doi.org/10.1016/j.ijer.2020.101605>

- Rahmouni, M. et Aleid, M. A. (2020b). Teachers' practices and children's motivation towards science learning in MENA countries: Evidence from Tunisia and UAE. *International Journal of Educational Research*, 103, 101605.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijer.2020.101605>
- Rebai, S., Ben Yahia, F. et Essid, H. (2020a). A graphically based machine learning approach to predict secondary schools performance in Tunisia. *Socio-Economic Planning Sciences*, 70, 100724. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2019.06.009>
- Rebai, S., Ben Yahia, F. et Essid, H. (2020b). A graphically based machine learning approach to predict secondary schools performance in Tunisia. *Socio-Economic Planning Sciences*, 70, 100724. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2019.06.009>
- Savoie-Zajc, L. (2019). Les pratiques des chercheurs liées au soutien de la rigueur dans leur recherche : une analyse d'articles de Recherches qualitatives parus entre 2010 et 2017. *Recherches qualitatives*, 38(1), 32. <https://doi.org/10.7202/1059646ar>
- Schön, D. A. (2017). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. Routledge.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard educational review*, 57(1), 1-23.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational researcher*, 15(2), 4-14.
- Sinclair, N. et Robutti, O. (2020). Teaching Practices in Digital Environments. Dans S. Lerman (dir.), *Encyclopedia of Mathematics Education* (p. 845-849). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0\\_153](https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0_153)



Smida, H. (2003). L'enseignement des mathématiques en Tunisie: genèse et destinée. Dans

*Actes du colloque EMF 2003.*

[http://emf.unige.ch/files/5714/5459/4129/EMF2003\\_Conference\\_Smida.pdf](http://emf.unige.ch/files/5714/5459/4129/EMF2003_Conference_Smida.pdf)

Smida, H., Ben Nejma, S. et Khalloufi-Mouha, F. (2012). Evolutions curriculaires et conceptions

sous-jacentes à l'enseignement des mathématiques en Tunisie. Dans *Enseignement des*

*mathématiques et contrat social: Enjeux et défis pour le 21e siècle. Actes du Colloque*

*EMF* (p. 127-141).

Tabach, M. et Trgalová, J. (2019). The knowledge and skills that mathematics teachers need for

ICT integration: The issue of standards. Dans *Technology in Mathematics Teaching:*

*Selected Papers of the 13th ICTMT Conference* (p. 183-203). Springer.

Tabach, M. et Trgalová, J. (2020). Teaching mathematics in the digital era: Standards and

beyond. *STEM teachers and teaching in the digital era: Professional expectations and*

*advancement in the 21st century schools*, 221-242.

Thomas, M. O. J. et Palmer, J. M. (2014a). Teaching with Digital Technology: Obstacles and

Opportunities. Dans A. Clark-Wilson, O. Robutti et N. Sinclair (dir.), *The Mathematics*

*Teacher in the Digital Era: An International Perspective on Technology Focused*

*Professional Development* (p. 71-89). Springer Netherlands.

[https://doi.org/10.1007/978-94-007-4638-1\\_4](https://doi.org/10.1007/978-94-007-4638-1_4)

Thomas, M. O. J. et Palmer, J. M. (2014b). Teaching with Digital Technology: Obstacles and

Opportunities. Dans A. Clark-Wilson, O. Robutti et N. Sinclair (dir.), *The Mathematics*

*Teacher in the Digital Era: An International Perspective on Technology Focused*

*Professional Development* (p. 71-89). Springer Netherlands.

[https://doi.org/10.1007/978-94-007-4638-1\\_4](https://doi.org/10.1007/978-94-007-4638-1_4)

- Thurm, D. et Barzel, B. (2020). Effects of a professional development program for teaching mathematics with technology on teachers' beliefs, self-efficacy and practices. *ZDM*, 52(7), 1411-1422. <https://doi.org/10.1007/s11858-020-01158-6>
- Trgalová, J. et Jahn, A. P. (2013). Quality issue in the design and use of resources by mathematics teachers. *ZDM*, 45(7), 973-986. <https://doi.org/10.1007/s11858-013-0525-3>
- Uerz, D., Volman, M. et Kral, M. (2018). Teacher educators' competences in fostering student teachers' proficiency in teaching and learning with technology: An overview of relevant research literature. *Teaching and Teacher Education*, 70, 12-23. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2017.11.005>
- UNESCO-BIE. (2010, novembre). *Tunisie - UNESCO Bibliothèque Numérique*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000216444>
- UNICEF. (2015, 24 juillet). *Rapport national sur les enfants non scolarisés*. [https://www.unicef.org/mena/media/6651/file/MENA%20OOSCI%20Tunisia%20Fact%20Sheet\\_FR.pdf%20.pdf](https://www.unicef.org/mena/media/6651/file/MENA%20OOSCI%20Tunisia%20Fact%20Sheet_FR.pdf%20.pdf)
- Wassie, Y. A. et Zergaw, G. A. (2019). Some of the Potential Affordances, Challenges and Limitations of Using GeoGebra in Mathematics Education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 15(8), em1734. <https://doi.org/10.29333/ejmste/108436>
- Wilson, W. S. (2005). Short Response to Tunis's Letter to the Editor on Technology in College. *Educational Studies in Mathematics*, 58(3), 415-420. <https://doi.org/10.1007/s10649-005-6424-5>

Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory into practice*, 41(2), 64-70.

Zulnaldi, H., Oktavika, E. et Hidayat, R. (2020). Effect of use of GeoGebra on achievement of high school mathematics students. *Education and Information Technologies*, 25(1), 51-72.

<https://doi.org/10.1007/s10639-019-09899-y>

## **ANNEXE I: Guide d'entretien**

Le présent guide servant de canevas d'entretien présente les principales questions qui seront abordées durant l'entretien. Cependant, il est possible que des questions de relance ou de précision qui ne sont pas écrites dans le canevas soient posées pour mieux approfondir une question particulière.

### **Introduction**

Bonjour et merci de participer à cette étude. Je suis Mohamed Ali Tabessi, étudiant en maîtrise en éducation à l'Université de Québec à Trois-Rivières. Le but de notre projet est d'explorer comment les pratiques enseignantes au secondaire en Tunisie sont influencées par l'utilisation de GeoGebra dans l'enseignement des mathématiques. Votre participation est entièrement volontaire, et vous pouvez choisir de ne pas répondre à certaines questions si vous le souhaitez. Toutes les informations que vous fournissez seront traitées avec la plus stricte confidentialité. Avant de commencer, avez-vous des questions concernant l'étude ou le processus d'entretien ? Êtes-vous à l'aise pour commencer ?

### **Profil de l'enseignant**

- Depuis combien de temps enseignez-vous les mathématiques ?
- À quels niveaux du secondaire ?

### **Intégration de GeoGebra**

- Pouvez-vous me décrire quand vous avez commencé à utiliser GeoGebra dans vos cours de mathématiques ?

- Comment intégrez-vous GeoGebra dans la planification de vos cours ? Expliquez-moi comment vous faites cette intégration.
- Utilisez-vous des ressources spécifiques ou développez-vous vos propres contenus ?)

### **Enseignement des mathématiques**

- Avez-vous rencontré des défis en intégrant GeoGebra dans votre enseignement, et, si oui comment les avez-vous surmontés ?
- Ces défis ont-ils influencé vos méthodes pédagogiques ? Pouvez-vous me donner des exemples?
- Avec quels sujets ou concepts utilisez-vous Geogebra ? Donnez-moi des exemples.
- Y a-t-il des sujets ou des concepts mathématiques pour lesquels vous trouvez GeoGebra particulièrement utile ? Pourriez-vous donner des exemples ?

### **Apprentissage des élèves**

- Avez-vous des exemples où l'utilisation de GeoGebra a aidé à surmonter des difficultés de compréhension chez les élèves ?
- Pensez-vous que l'utilisation de GeoGebra affecte la compréhension des concepts mathématiques par les élèves ? Avez-vous observé des améliorations dans leur capacité à retenir des concepts ?
- Pouvez-vous partager une expérience où GeoGebra a facilité une meilleure compréhension d'un sujet difficile pour les élèves ?

- Avez-vous des stratégies spécifiques pour utiliser GeoGebra afin de soutenir les élèves en difficulté ou d'étendre les opportunités pour les élèves avancés ?
- GeoGebra vous permet-il de différencier ou personnaliser l'enseignement pour répondre aux besoins individuels des élèves ? Si oui, comment ?
- Comment les élèves perçoivent-ils l'utilisation de GeoGebra dans leur apprentissage des mathématiques ?

### **Évaluation**

- Utilisez-vous GeoGebra pour créer des évaluations ou pour fournir des retours immédiats ? Comment GeoGebra influence-t-il vos méthodes d'évaluation des connaissances mathématiques des élèves ?
- Comment évaluez-vous l'influence de l'utilisation de GeoGebra sur la performance des élèves en mathématiques ?
- Pouvez-vous partager des exemples où l'utilisation de GeoGebra a eu un effet notable sur les résultats d'apprentissage des élèves ?

### **Gestion de classe**

- Comment gérez-vous l'interaction entre les élèves et GeoGebra pendant les cours ?
- Favorisez-vous le travail individuel, en groupe, ou une combinaison des deux ?
- Comment les élèves réagissent-ils à l'utilisation de GeoGebra dans les cours de mathématiques ? Avez-vous remarqué des changements dans leur engagement ou leur intérêt pour la matière ?

### **Formation**

- Quel type de formation ou de soutien professionnel avez-vous reçu pour utiliser GeoGebra ? Estimez-vous que cette formation a été suffisante ?
- Quelles ressources supplémentaires ou quel type de soutien amélioreraient votre capacité à utiliser efficacement GeoGebra dans l'enseignement ?

### **Future pratique**

- Quels changements ou améliorations envisagez-vous pour l'utilisation de GeoGebra dans l'enseignement des mathématiques à l'avenir ?
- Comment l'intégration de GeoGebra s'inscrit-elle dans votre vision à long terme de l'enseignement des mathématiques ?

### **Conclusion**

Merci encore une fois pour votre participation précieuse à cette étude. Vos réponses contribueront à une meilleure compréhension de l'influence de GeoGebra sur l'enseignement des mathématiques au niveau secondaire en Tunisie. Votre engagement et vos idées sont essentiels pour orienter les futures initiatives éducatives dans le domaine de l'intégration des technologies numériques. Toutes les informations que vous avez partagées seront traitées avec soin et confidentialité. Si vous avez d'autres commentaires ou réflexions à ajouter, n'hésitez pas à les partager. Merci encore pour votre temps et votre contribution.

## **ANNEXE II : Formulaire de consentement des participants**



### **FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT**

Pour les enseignants

#### **Titre du projet de recherche :**

**L'influence de GeoGebra sur les pratiques enseignantes en mathématiques au secondaire en Tunisie**

**Mené par :**

**Mohamed Ali Tabessi  
Département science de l'éducation  
Université de Québec a trois Rivières  
Sous la direction de  
Professeure Anne Roy**



### **Préambule**

Votre participation à la recherche, vise à mieux comprendre l'influence de l'utilisation de GeoGebra sur les pratiques d'enseignement des mathématiques au secondaire en Tunisie, serait grandement appréciée. Cependant, avant d'accepter de participer à ce projet et de signer ce formulaire d'information et de consentement, veuillez prendre le temps de lire ce formulaire. Il vous aidera à comprendre ce qu'implique votre éventuelle participation à la recherche de sorte que vous puissiez prendre une décision éclairée à ce sujet.

Ce formulaire peut contenir des mots que vous ne comprenez pas. Nous vous invitons à poser toutes les questions que vous jugerez utiles au chercheur responsable de ce projet de recherche ou à un membre de son équipe de recherche. Sentez-vous libre de leur demander de vous expliquer tout mot ou renseignement qui n'est pas clair. Prenez tout le temps dont vous avez besoin pour lire et comprendre ce formulaire avant de prendre votre décision.

### **Résumé et objectif(s) du projet de recherche**

L'étude cherche à explorer l'influence de l'utilisation de GeoGebra sur les pratiques des enseignants de mathématiques au secondaire en Tunisie. Elle vise à examiner comment l'intégration de cet outil transforme leurs approches pédagogiques, leurs connaissances professionnelles et leur posture. Cette recherche s'inscrit dans un contexte où les pratiques enseignantes en mathématiques restent majoritairement traditionnelles malgré les réformes, soulignant l'importance d'étudier le potentiel d'outils numériques comme GeoGebra pour faire évoluer ces pratiques

### **Nature et durée de la participation**

Votre participation à ce projet de recherche consiste à prendre part à un entretien individuel semi-directif d'environ 45 minutes avec le chercheur. Cet entretien portera sur votre expérience d'intégration de GeoGebra dans votre enseignement des mathématiques, les changements perçus dans vos pratiques, les impacts observés sur les apprentissages de vos élèves et les défis rencontrés. L'entretien sera enregistré (audio) puis retranscrit afin de permettre une analyse approfondie de votre témoignage

### **Risques et inconvénients**

Aucun risque n'est associé à votre participation. Le temps consacré au projet, soit environ 45 minutes, demeure le seul inconvénient.

**Avantages ou bénéfices**

La contribution à l'avancement des connaissances sur l'intégration des technologies comme GeoGebra dans l'enseignement des mathématiques en Tunisie est le seul bénéfice direct prévu à votre participation.
--

**Compensation ou incitatif**

Aucune compensation n'est offerte.
------------------------------------

**Confidentialité**

Les données recueillies par cette étude sont entièrement confidentielles et ne pourront en aucun cas mener à votre identification. Votre confidentialité sera assurée par l'utilisation de noms de code lors de la transcription des entretiens et dans les publications. Les résultats de la recherche, qui pourront être diffusés sous forme de mémoire de maîtrise et d'articles scientifiques, ne permettront pas d'identifier les participants.

Les données recueillies seront conservées sur un disque dur externe sécurisé. Les seules personnes qui y auront accès seront le chercheur et sa directrice de recherche. Toutes ces personnes ont signé un engagement à la confidentialité. Les données seront détruites de manière sécurisée après la fin du projet et ne seront pas utilisées à d'autres fins que celles décrites dans le présent document.

**Participation volontaire**

Votre participation à cette étude se fait sur une base volontaire. Vous êtes entièrement libre de participer ou non, de refuser de répondre à certaines questions ou de vous retirer en tout temps sans préjudice et sans avoir à fournir d'explications.

Le consentement donné pour participer au projet ne vous prive d'aucun droit au recours judiciaire en cas de préjudice lié à la recherche.

**Responsable de la recherche**

Pour obtenir de plus amples renseignements ou pour toute question concernant ce projet de recherche, vous pouvez communiquer avec Mohamed Ali Tabessi. Vous pouvez le joindre à l'adresse e-mail [mohamed.ali.tabessi@uqtr.ca](mailto:mohamed.ali.tabessi@uqtr.ca).

**Surveillance des aspects éthiques de la recherche**

Pour toute question ou plainte d'ordre éthique concernant cette recherche, veuillez communiquer avec le secrétariat de l'éthique de la recherche de l'Université du Québec à Trois-Rivières, par téléphone 819-376-5011 poste 2139, sans frais 1-800-365-0922 poste 2139 ou par courrier électronique à [cereh@uqtr.ca](mailto:cereh@uqtr.ca).



## CONSENTEMENT

### Engagement de la chercheuse ou du chercheur

Moi, Mohamed Ali Tabessi, m'engage à procéder à cette étude conformément à toutes les normes éthiques qui s'appliquent aux projets comportant des participants humains.

### Consentement du participant

Je, [nom du participant], confirme avoir lu et compris la lettre d'information au sujet du projet [titre]. J'ai bien saisi les conditions, les risques et les bienfaits éventuels de ma participation. On a répondu à toutes mes questions à mon entière satisfaction. J'ai disposé de suffisamment de temps pour réfléchir à ma décision de participer ou non à cette recherche. Je comprends que ma participation est entièrement volontaire et que je peux décider de me retirer en tout temps, sans aucun préjudice.

- Je consens à ce que le chercheur ait accès à mon dossier médical.
- Je consens à être enregistré/filmé.
- J'accepte que mon intervenant transmette au chercheur les renseignements suivants : [...]
- J'accepte que les données recueillies à mon sujet soient transmises à mon intervenant.
- Je m'engage à respecter la confidentialité des participants et des renseignements partagés lors du groupe de discussion.

### J'accepte donc librement de participer à ce projet de recherche

<u>Participant</u> :	Chercheur :
Signature :	Signature :
Nom :	Nom :
Date :	Date :