

CONCEPTION D'UN MODELE DIDACTICO-PEDAGOGIQUE POUR L'ENSEIGNEMENT DE LA GEOMETRIE (MODIPEG) DANS LES LYCEES DE NIAMEY : FONDEMENTS THEORIQUES ET INGENIERIE DE DEVELOPPEMENT

CAMARA Ibrahima

Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)

icamara52@gmail.com

CHEKARAOU Ibro

Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)

gadambo2@gmail.com

HASSIROU Mouhamadou

Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)

mouhamadouhassirou@gmail.com

Résumé

Face aux difficultés persistantes dans l'enseignement de la géométrie dans les lycées de Niamey (Niger), cette étude présente la démarche de conception d'un modèle Didactico-Pédagogique destiné à la formation continue des enseignants. S'appuyant sur la méthodologie de l'ingénierie didactique (Artigue, 1989), la conception est fondée sur les résultats d'une phase d'analyses préalables issue d'une étude exploratoire et de trois études de profilage exhaustives. Ces études ont révélé les besoins d'un public stratégique : des enseignants dotés d'une formation disciplinaire solide, mais démunis de formation pédagogique et didactique initiale, et mal servis par un développement professionnel continu, inadapté. L'étude détaille la phase de conception et d'analyse a priori de l'ingénierie, qui articule trois champs théoriques pour construire le modèle. Le premier est une ingénierie de notions pédagogiques qui combine la structure de l'Enseignement Explicite (Gauthier et al., 2013 ; Bocquillon et al., 2024), la construction du sens du Socioconstructivisme (Jonnaert et al., 2009), et le pragmatisme du modèle ASEI-PDSI (Arego et al., 2022). Le second est une ingénierie de notions didactiques qui intègre des outils spécifiques à la géométrie : paradigmes géométriques de (Houdement & Kuzniak, 2006), cadres et registres de représentation géométriques (Douady, 2003 ; Duval, 1993), niveaux de

pensées géométriques (Van Hiele, 1959) dans (Braconne-Michoux, 2014) pour construire une solide Connaissance Pédagogique du Contenu (PCK). Le troisième est une ingénierie de notions de la réflexivité dans les pratiques (Perrenoud, 2012 ; Bocquillon et al., 2019) visant à développer l'autonomie et l'amélioration continue des pratiques. Le résultat est un modèle intégré et opérationnel MoDiPEG, décliné en un ensemble de pratiques enseignantes observables avant, pendant et après la classe. La contribution principale de cette étude est de fournir à la communauté scientifique un modèle de formation détaillé, justifié et prêt pour l'expérimentation, dont la validité théorique appelle désormais une validation empirique.

Mots-clés : *Ingénierie didactique, Enseignement de la géométrie, Formation des enseignants, Modèle Didactico-Pédagogique, Niger*

Abstract

Addressing persistent challenges in geometry education within Niamey's high schools (Niger), this study presents the design process of a Didactic-Pedagogical model aimed at continuing teacher education. Grounded in the Didactic Engineering methodology (Artigue, 1989), the design is informed by a preliminary analysis phase comprising an exploratory study and three comprehensive profiling studies. These diagnostics revealed the specific needs of a strategic target group: teachers possessing solid disciplinary knowledge yet lacking initial pedagogical training and adequately tailored professional development. This paper details the "a priori" analysis and design phase, which articulates three theoretical frameworks to build the MoDiPEG model. First, an engineering of pedagogical concepts combines the structure of Explicit Instruction (Gauthier et al., 2013), the meaning-making of Socioconstructivism (Jonnaert et al., 2009), and the pragmatism of the ASEI-PDSI approach (Arego et al., 2022). Second, an engineering of didactic concepts integrates geometry-specific tools: geometric paradigms (Houdement & Kuzniak, 2006), registers of semiotic representation (Duval, 1993), and Van Hiele's levels of geometric thinking (1959) to foster Pedagogical Content Knowledge (PCK). Third, an engineering of reflexivity (Perrenoud, 2012) aims to develop teacher autonomy. The result is an integrated, operational model defined by observable teaching practices across pre-active, interactive, and post-active phases. The study provides the scientific community with a detailed, justified training model ready for experimentation, paving the way for empirical validation.

Keywords: *Didactic engineering, Geometry education, Teacher training, Didactic-Pedagogical model, Niger.*

Introduction

L'amélioration de la qualité de l'enseignement des mathématiques constitue un levier essentiel pour le développement des nations et l'atteinte de l'Objectif de Développement Durable 4, qui vise à assurer une éducation de qualité pour tous (UNESCO, 2015). Au Niger, l'enseignement de la géométrie au lycée est particulièrement stratégique, car il est au cœur du développement de « l'expérimentation, du raisonnement, de l'imagination et de l'analyse critique » (MESG-Niger, 2016, p. 183), des compétences indispensables aux futurs citoyens et scientifiques. Cependant, comme dans de nombreux contextes en Afrique subsaharienne (Verspoor, 2008 ; Koffi Kouakou, 2021) , cet idéal se heurte à un obstacle majeur : la préparation des enseignants, qui est souvent perçue comme insuffisante pour relever les défis complexes de cette discipline (EDiMaths, 2012). Une recherche exploratoire initiale (Camara et al., 2025) a confirmé ce diagnostic pour la ville de Niamey, en soulignant une « faible préparation en contenus géométriques, pédagogiques et didactiques des enseignants » (p. 125), un constat renforcé par les données officielles indiquant que moins de 35 % des enseignants de mathématiques ont reçu une formation professionnelle initiale (DFIC, 2021). Des observations plus récentes (2023-2024) dans les établissements de Niamey confirment la persistance de ces lacunes, exacerbées par une augmentation des effectifs qui met en échec les méthodes transmissives traditionnelles.

Face à ce constat, et pour éviter de proposer des solutions génériques et potentiellement mal ciblées (Desimone, 2009),

une vaste enquête de profilage a été menée auprès de 138 enseignants de mathématiques des lycées de Niamey. Cette démarche, déclinée en trois articles scientifiques complémentaires, visait à construire un diagnostic approfondi pour informer la conception d'un dispositif de formation pertinent. Le premier article (Camara et al., à paraître-b) a brossé un portrait initial, révélant une population enseignante marquée par une absence quasi généralisée de formation pédagogique formelle — plus de 90 % n'ont pas fréquenté d'École Normale Supérieure — et par des parcours académiques très hétérogènes, créant une double lacune potentielle, à la fois disciplinaire et pédagogique. Le deuxième article (Camara et al., à paraître-a) a analysé le développement professionnel, mettant en lumière une défaillance systémique : l'offre de formation continue est en profond décalage avec les besoins criants exprimés par les enseignants, notamment en didactique des mathématiques et en usage des TICE. Enfin, le troisième article (Camara et al., à paraître-c) a exploré les pratiques déclarées et les conceptions pédagogiques, révélant un paradoxe majeur : une adhésion de principe à des idéaux socioconstructivistes qui coexiste avec une méconnaissance des cadres théoriques sous-jacents, ce qui se traduit par une perception de difficulté exponentielle face aux chapitres de géométrie les plus abstraits. Ce diagnostic complet a mis en évidence le besoin crucial de dépasser les formations génériques pour construire un savoir spécifique, cet « amalgame spécial de contenu et de pédagogie qui est le propre des enseignants, leur forme particulière de compréhension professionnelle » que Shulman (1986, p. 8) nomme la Connaissance Pédagogique du Contenu (PCK).

Le présent article répond directement à ce besoin. Son objectif principal est de présenter la démarche de conception et les fondements théoriques d'un modèle Didactico-Pédagogique spécifiquement élaboré pour l'enseignement de la géométrie,

nommé MoDiPEG, au lycée à Niamey. Ce modèle vise à outiller les enseignants, et plus particulièrement ceux ayant une formation disciplinaire solide mais une faible préparation pédagogique et didactique, afin de renforcer durablement leurs pratiques.

Pour ce faire, une posture de chercheur-développeur est adoptée en inscrivant ce travail dans le cadre de l'ingénierie didactique. Telle que définie par Artigue (1989), cette méthodologie de recherche se caractérise par un contrôle expérimental fondé sur des « réalisations didactiques » en classe, c'est-à-dire sur la conception, la réalisation, l'observation et l'analyse de séquences d'enseignement. La démarche suit les quatre phases de ce processus : les trois articles de profilage susmentionnés constituent la phase 1 (analyses préalables). Cet article se consacre entièrement à la phase 2 (conception et analyse a priori), durant laquelle le modèle a été construit en se basant sur une analyse rigoureuse de la littérature scientifique. Il ne s'agit pas ici d'analyser des données de terrain, mais de justifier la structure et la cohérence interne du modèle avant son expérimentation future (phases 3 et 4).

Pour exposer cette démarche de conception, cet article s'articulera en quatre temps. Dans un premier temps, la problématique et la justification du modèle seront revisitées, en synthétisant comment les résultats des études de profilage (phase 1) ont directement orienté les choix de conception. Ensuite, la construction théorique du modèle (phase 2) sera détaillée, en montrant comment il résulte de la convergence de trois ingénieries spécifiques : une ingénierie des notions pédagogiques, une ingénierie des notions didactiques propres à la géométrie, et une ingénierie des notions réflexives. Puis, le modèle intégré qui en résulte sera présenté, sous la forme d'un ensemble de pratiques enseignantes structurées. Enfin, une discussion permettra de souligner la portée et les limites de ce

modèle théorique et d'esquisser les perspectives de recherche, notamment le protocole d'expérimentation et d'évaluation envisagé pour les prochaines étapes de ce travail.

1. Problématique : des profils enseignants à la justification d'un modèle de développement professionnel

Toute tentative d'amélioration d'un système éducatif, pour être efficace, doit s'ancrer dans une compréhension fine et nuancée des acteurs qui le font vivre au quotidien (Desimone, 2009). C'est pourquoi, avant d'envisager la conception d'une quelconque intervention, la démarche a débuté par un diagnostic approfondi des enseignants de mathématiques des lycées de Niamey. Ce travail, qui constitue la phase 1 (analyses préalables) de cette ingénierie didactique (Artigue, 1989), s'est décliné en trois études de profilage dont les résultats convergents dessinent une problématique claire et justifient la nécessité d'une réponse structurée.

La première étude a brossé le portrait initial de ces enseignants, révélant une « double lacune » potentielle dès l'entrée dans le métier. D'une part, une préparation disciplinaire hétérogène, beaucoup d'enseignants étant issus de parcours académiques non spécifiquement dédiés aux mathématiques pures (bacs D, facultés d'économie ou d'agronomie). D'autre part, et de manière plus critique, un manque quasi généralisé de formation professionnelle initiale, avec plus de 90 % des enseignants n'ayant pas fréquenté une École Normale Supérieure pour les préparer au métier. Cette situation de départ, où le savoir disciplinaire est parfois fragile et le savoir pédagogique quasi inexistant, constitue le premier pilier de la problématique.

La deuxième étude, portant sur le développement professionnel continu (DPC), a montré que ce déficit initial n'est pas comblé une fois les enseignants en poste. Au contraire, il a été mis en

évidence une « défaillance systémique » où l'offre de formation continue est en profond décalage avec les besoins les plus criants. Alors que les enseignants se sentent massivement démunis en didactique (plus de 70 %), les formations proposées se concentrent sur une pédagogie générale et délaissent les compétences spécifiques à l'enseignement des mathématiques. Cette inadéquation n'est pas due à un manque de volonté, puisque l'étude révèle une opportunité majeure : une disponibilité de près de 80 % des enseignants pour se former en didactique. Le système de DPC actuel échoue donc à accompagner les enseignants dans leur professionnalisation.

Enfin, la troisième étude s'est penchée sur les conceptions et pratiques déclarées, révélant les conséquences directes de ce manque de formation didactique. Il y a été découvert un paradoxe central : les enseignants adhèrent en principe à des idéaux socioconstructivistes (valorisation de la résolution de problèmes par les élèves), mais cette adhésion coexiste avec une méconnaissance quasi totale des cadres théoriques qui les fondent (socioconstructivisme, réflexivité). Cette « fragilité du savoir pédagogique » les conduit à privilégier des pratiques de consolidation procédurale et se traduit par une difficulté croissante face aux chapitres de géométrie les plus abstraits. Ce constat illustre parfaitement la distinction fondamentale établie par Shulman (1987) entre la connaissance du contenu (ce que l'enseignant sait) et la Connaissance Pédagogique du Contenu (PCK), c'est-à-dire la connaissance de la manière de transformer ce contenu pour le rendre enseignable. Le diagnostic montre que même lorsque la connaissance du contenu est présente, la PCK, elle, fait cruellement défaut.

De cette analyse en trois temps émerge un profil d'enseignant particulièrement stratégique à cibler pour une action de formation : celui qui dispose d'une formation académique et disciplinaire jugée suffisante (par exemple, une licence ou une

maîtrise en sciences), mais qui est entré dans le métier sans aucune préparation pédagogique et didactique. Ce profil est stratégique pour plusieurs raisons. Premièrement, il représente une part importante et active du corps enseignant. Deuxièmement, ces enseignants possèdent déjà le socle de connaissances disciplinaires, dont l'acquisition est la plus longue et la plus coûteuse en temps. Leur potentiel est donc élevé, car le principal levier de leur développement réside dans l'acquisition de compétences didactiques et pédagogiques, ce qui peut être réalisé efficacement par une formation continue ciblée (Darling-Hammond, 2000). Enfin, outiller ce groupe spécifique est susceptible d'avoir un effet d'entraînement significatif sur la qualité globale de l'enseignement.

Face à cette problématique, une formation continue basée sur un modèle explicite s'impose comme la réponse la plus pertinente. Le caractère explicite du modèle vise à combler le fossé observé entre les intuitions pédagogiques des enseignants et leur faible maîtrise des cadres théoriques. Un modèle structuré fournit un langage commun, des pratiques observables et un cadre de référence pour l'analyse et l'ajustement de l'action en classe, ce qui est essentiel pour construire une véritable pratique réflexive (Perrenoud, 2012). C'est en fournissant un tel cadre que l'on peut espérer transformer une pratique intuitive en une véritable ingénierie où l'enseignant est capable de créer, selon les mots de Brousseau, les conditions d'un « milieu » dans lequel l'élève pourra « produire lui-même » son savoir (Brousseau, 1998, cité dans Buznic-Bourgeacq, 2021, p. 57). La conception d'un tel outil devient donc une étape de recherche fondamentale, préalable à toute expérimentation.

Dès lors, le travail de conception présenté dans cet article est guidé par la question de recherche suivante : Comment articuler, dans une démarche d'ingénierie didactique, les apports de la pédagogie, de la didactique de la géométrie et de la pratique

réflexive pour concevoir un modèle de formation continue qui réponde de manière cohérente et ciblée aux besoins des enseignants de mathématiques des lycées de Niamey ?

2. Cadre méthodologique : l'ingénierie didactique comme démarche de conception

Pour répondre à la question de recherche, qui porte sur la conception d'un modèle de formation, il est nécessaire d'adopter une méthodologie qui permette à la fois de structurer le développement d'une solution pratique et de valider sa pertinence théorique. C'est pourquoi ce travail s'inscrit dans le cadre de l'ingénierie didactique, une méthodologie de recherche propre à la didactique des mathématiques, développée notamment par Michèle Artigue (Artigue, 1989). Cette approche se positionne comme une recherche-développement, où le chercheur adopte une posture d'ingénieur pour concevoir, tester et valider des produits éducatifs.

L'ingénierie didactique se définit avant tout comme une méthodologie de recherche expérimentale, fondée sur le contrôle de variables didactiques au sein de situations de classe. Elle « se caractérise d'abord par une expérimentation basée sur des "réalisations didactiques" en classe. Autrement dit, sur la conception, la réalisation, l'observation et l'analyse de séquences d'enseignement » (Artigue, 1988, p. 287). Ce qui fait sa spécificité et sa force, c'est son double rôle. D'une part, c'est une méthodologie de production qui vise à créer des ressources ou des dispositifs d'enseignement-apprentissage efficaces et reproductibles, comme le modèle proposé. D'autre part, et c'est ce qui lui confère son statut scientifique, c'est une méthodologie de recherche dont le mode de validation est interne. La validation ne se fait pas par la comparaison statistique de groupes, mais par la confrontation entre l'analyse *a priori* (les

hypothèses de conception) et l'analyse *a posteriori* (les résultats observés lors de l'expérimentation). Ce processus permet de tester la robustesse et la validité des hypothèses didactiques qui sous-tendent la conception (Artigue, 1989).

Le processus de l'ingénierie didactique se décline classiquement en quatre phases séquentielles et interdépendantes :

2.1 La phase 1 : les analyses préalables

Cette phase consiste en une étude approfondie du champ de recherche : analyse épistémologique du contenu visé, analyse de l'enseignement traditionnel et de ses effets, étude des conceptions des apprenants, et examen des contraintes du système éducatif. C'est sur la base de ce diagnostic complet que les choix didactiques de la phase suivante seront fondés.

2.2 La phase 2 : la conception et l'analyse a priori

C'est le cœur du travail de l'ingénieur-chercheur. Sur la base des analyses préalables, il conçoit la séquence d'enseignement (ou, dans ce cas, le modèle de formation). L'analyse *a priori* consiste à décrire les choix effectués et à formuler des hypothèses sur le déroulement attendu de la séquence et sur les apprentissages qu'elle doit permettre. Le chercheur anticipe les comportements des acteurs (enseignants, élèves) et justifie, en quoi les situations proposées sont susceptibles d'engendrer les apprentissages visés.

2.3 La phase 3 : l'expérimentation

Cette phase consiste en la mise en œuvre effective de la réalisation didactique dans une ou plusieurs classes. Le chercheur recueille des données via des observations, des enregistrements audio/vidéo, des productions d'élèves, des entretiens, etc.

2.4 La phase 4 : l'analyse *a posteriori* et l'évaluation (validation),

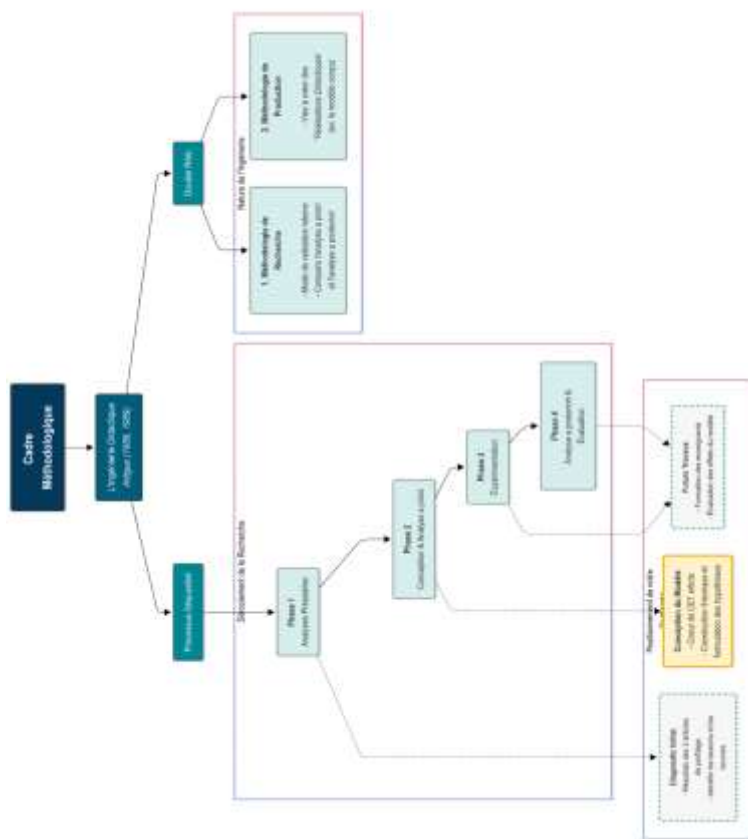
L'ensemble des données collectées lors de l'expérimentation est analysé. Cette analyse *a posteriori* est ensuite confrontée à l'analyse *a priori*. C'est de cette comparaison que naît la validation (ou l'invalidation) des hypothèses de recherche formulées en phase 2.

Dans le cadre de ce programme de recherche global, ces quatre phases sont rigoureusement suivies. Cependant, cette étude se concentre spécifiquement sur les deux premières. La section précédente, « Problématique », qui synthétise les résultats des trois études de profilage (Camara et al., à paraître-a, à paraître-b, à paraître-c), constitue la phase 1 (analyses préalables). C'est ce diagnostic détaillé qui ancre ce projet dans la réalité du terrain et justifie les orientations du modèle.

Le cœur du présent article est donc consacré intégralement à la phase 2 (conception et analyse *a priori*). Il s'agit ici de présenter et de justifier la conception du Modèle Didactico-Pédagogique. Les « données » analysées dans les sections suivantes ne sont pas des données de terrain, mais bien les théories et les concepts issus de la littérature scientifique en pédagogie, en didactique de la géométrie et en sciences de l'éducation. L'analyse consiste à articuler ces apports de manière cohérente pour construire le modèle et à formuler les hypothèses sur son potentiel à répondre aux besoins identifiés. Les phases 3 (expérimentation) et 4 (analyse *a posteriori*), qui consisteront à former des enseignants au modèle et à en évaluer les effets, feront l'objet de publications ultérieures.

2.5 Carte conceptuelle du cadre methodologique

Figure 1 : carte conceptuelle du cadrage théorique de l'étude



Source : auteurs, à partir de script Mermaid chart

Légende de la carte conceptuelle

Ce diagramme ci-dessus représente visuellement et logiquement l'ensemble du cadre méthodologique. Il se lit de haut en bas et se décompose en trois grandes zones qui montrent la théorie, le processus, et l'application concrète liée à cette étude.

Tout commence avec le nœud principal « Cadre Méthodologique » (bleu foncé, police la plus grande), c'est le titre de la démarche. Il mène directement au concept fondateur, « L'Ingénierie Didactique », présenté dans un nœud arrondi pour le distinguer. La mention d'Artigue (1988, 1989) ancre immédiatement le concept dans son contexte scientifique.

À partir de là, la méthodologie se divise en deux caractéristiques fondamentales et simultanées : son « Double Rôle » et son « Processus Séquentiel ». Ces deux piliers sont la clé pour comprendre la nature de l'ingénierie didactique.

La carte détaille ensuite chacun des deux piliers dans des boîtes visuelles distinctes (les sous-graphes). D'abord le sous-graphe « Nature de l'Ingénierie ». Cette boîte explique le « Double Rôle ». Elle montre que l'ingénierie didactique est à la fois une Méthodologie de Recherche, auquel cas, son but est de valider des hypothèses, notamment via la comparaison entre ce qui était prévu (*a priori*) et ce qui a été observé (*a posteriori*). Mais aussi une Méthodologie de Production, dans ce cas, son but est de créer un objet concret et utilisable, une « Réalisation Didactique », qui est dans ce cas le modèle conçu.

Ensuite le sous-graphe « Déroulement de la Recherche ». Cette boîte détaille le « Processus Séquentiel ». Les flèches pleines entre les quatre phases indiquent une progression chronologique et obligatoire. On ne peut pas passer à la Phase 2 sans avoir complété la Phase 1. Cela met en évidence la rigueur et la

structure de la démarche, allant des analyses préalables à l'évaluation finale.

Le sous-graphe « Positionnement de la Recherche » fait le lien entre la théorie méthodologique abstraite et le projet concret. Le choix de flèches en pointillés n'indique pas une étape du processus, mais une correspondance ou une application. Elles répondent à la question : « À quoi correspond cette phase dans le projet ? ». La Phase 1 correspond au Diagnostic, la boîte « Diagnostic Initial » montre que les trois articles de profilage constituent la Phase 1. La Phase 2 correspond à cette étude de conception du modèle Didactico-Pédagogique d'enseignement de la géométrie au lycée, la boîte « Conception du Modèle » est visuellement mise en évidence (avec une couleur jaune/or et une bordure épaisse grâce à la classe « cet article »). Cela souligne de manière très efficace que le travail présenté dans l'article actuel est précisément la matérialisation de la Phase 2. Les Phases 3 et 4 correspondent à l'avenir, la boîte « Futurs Travaux » montre que l'expérimentation et l'évaluation du modèle (les phases 3 et 4) sont les perspectives de la recherche.

3. Construction du modèle : fondements et synthèse de trois ingénieries théoriques

La conception du modèle Didactico-Pédagogique repose sur une analyse *a priori* qui articule des choix théoriques forts, directement guidés par les résultats des analyses préalables (Phase 1). Les lacunes identifiées dans le profilage des enseignants de Niamey ne pouvant être comblées par une approche unique, une démarche intégrative a été adoptée. Le modèle est ainsi le fruit de la convergence de trois ingénieries complémentaires et interdépendantes : une ingénierie des notions pédagogiques pour fournir un cadre général à l'action en classe, une ingénierie des notions didactiques pour outiller spécifiquement l'enseignement de la géométrie, et une

ingénierie des notions réflexives pour assurer un développement professionnel autonome et durable.

L'ancrage théorique de cette étude se situe à l'intersection de trois champs complémentaires qui sont simultanément convoqués : le champ pédagogique (pour la gestion des apprentissages via l'Enseignement Explicite, le modèle SCI et l'approche ASEI-PDSI), le champ de la didactique des mathématiques (pour le traitement spécifique des savoirs géométriques via les paradigmes, cadres, registres et niveaux de pensées géométriques), et le champ de la professionnalisation (via la pratique réflexive). C'est cette triangulation théorique qui constitue l'originalité de l'approche, dépassant la simple juxtaposition de modèles.

3.1 L'ingénierie des notions pédagogiques : un socle pour l'action en classe

L'étude de profilage a mis en lumière un paradoxe central : les enseignants adhèrent massivement à des idéaux socioconstructivistes (84 % valorisent la résolution de problèmes par les élèves), mais cette volonté se heurte à une méconnaissance quasi totale des théories qui les sous-tendent, ce qui les conduit à des pratiques essentiellement procédurales. Pour résoudre cette tension, le modèle propose une articulation pragmatique de trois cadres pédagogiques qui, loin de s'opposer, se complètent pour offrir à la fois structure, sens et action.

L'Enseignement Explicite (EE), pour la structure et la sécurité
Proposé notamment par Gauthier, Bissonnette, et Richard (2013), Clément (2015) et Bocquillon et al. (2024), l'enseignement explicite est une approche hautement structurée qui guide l'enseignant et l'élève à travers des phases claires : le modelage « Je fais », la pratique guidée « Nous faisons ensemble » et la pratique autonome « Tu fais seul ». Le choix de ce modèle

[EE] est une réponse directe à la « fragilité du savoir pédagogique » et au manque de formation pédagogique initiale de plus de 90 % des enseignants. En effet, face à un manque de repères, un cadre structuré comme celui de l'EE offre une sécurité cognitive et pratique, permettant de construire des routines professionnelles efficaces avant de les complexifier (Bocquillon et al., 2024).

Le Socioconstructivisme Interactif (SCI), pour le sens et la construction

Le socioconstructivisme, notamment dans le modèle de Jonnaert et al. (2009), postule que les apprentissages se construisent lorsque l'élève est confronté à des « situations » complexes et significatives qui le poussent à mobiliser et à réorganiser ses connaissances en interaction avec ses pairs. L'intégration de ce modèle répond directement à l'aspiration des enseignants à rendre les élèves plus actifs. Il fournit le cadre théorique et les outils conceptuels qui leur manquaient pour transformer cette intuition en une véritable pratique de dévolution, où l'enseignant organise les conditions pour que l'élève « obtienne un savoir qu'il aura produit lui-même » (Brousseau, 1998, cité dans Buznic-Bourgeacq, 2021, p. 57).

Le modèle ASEI-PDSI, pour l'action et l'amélioration continue,

Le modèle ASEI-PDSI (Activity, Student, Experiment, Improvisation – Plan, Do, See, Improve), recommandé par les autorités éducatives nigériennes pour l'enseignement secondaire, est une approche pragmatique centrée sur l'activité de l'élève et sur un cycle d'amélioration continue. Particulièrement répandu dans des contextes éducatifs africains (Arego et al., 2022 ; Onwuka et al., 2017), il offre une grille de lecture simple pour la planification et l'analyse de la leçon. Son

cycle PDSI (Planifier, Faire, Observer, Améliorer) est une porte d'entrée concrète vers la pratique réflexive. Il fournit aux enseignants une méthode pour agir, observer les résultats de leur action et l'ajuster, répondant ainsi au besoin d'un encadrement jugé insuffisant par 98,6 % des enseignants.

L'articulation de ces trois approches permet de créer un équilibre : l'enseignement explicite assure la solidité des bases, le socioconstructivisme garantit que ces bases sont utilisées pour construire du sens dans des situations complexes, et l'ASEI-PDSI offre un cadre opérationnel pour planifier et améliorer ces pratiques de manière cyclique.

3.2 L'ingénierie des notions didactiques : spécificités de l'enseignement de la géométrie

Les modèles pédagogiques généraux ne suffisent pas, l'enseignement d'un contenu spécifique requiert des outils didactiques propres à ce contenu. Le profilage a montré que la difficulté perçue par les enseignants augmente de façon exponentielle avec l'abstraction des chapitres de géométrie, atteignant 95 % pour les applications affines en Terminale C. Ceci est le symptôme d'une Connaissance Pédagogique du Contenu (PCK) (Shulman, 1987) fragile. Pour la renforcer, le modèle intègre trois concepts fondamentaux de la didactique de la géométrie.

Les Paradigmes géométriques

Houdement et Kuzniak (2006) ont montré qu'il n'existe pas une, mais plusieurs « géométries » qui coexistent et qui correspondent à des manières différentes de penser et de valider : une Géométrie I (naturelle, intuitive), une Géométrie II (axiomatique-déductive, propre au lycée) et une Géométrie III (formelle). Le passage du collège au lycée impose un

changement de paradigme vers la Géométrie II. Le profilage suggère que les enseignants, faute de formation didactique, ne gèrent pas explicitement cette transition, ce qui peut créer un « malentendu didactique » (Diarra & Sokhna, 2022) avec leurs élèves. Rendre les enseignants conscients de ces paradigmes leur donne les clés pour comprendre les raisonnements de leurs élèves et pour légitimer les exigences de la preuve déductive.

Les Cadres et Registres de représentation géométriques

La géométrie se déploie à travers différents « cadres » géométrique, algébrique, vectoriel, etc. (Douady, 1987 ; 2003) et est exprimée via différents « registres de représentation sémiotique » langue naturelle, figures, notations symboliques (Duval, 1993). La flexibilité cognitive, c'est-à-dire la capacité à travailler au sein d'un registre et, surtout, à passer de l'un à l'autre, est au cœur de la compétence géométrique. Les difficultés des élèves (et des enseignants) face aux notions abstraites proviennent souvent d'un enfermement dans un seul cadre ou registre. Le modèle insiste donc sur des pratiques qui organisent explicitement la navigation entre ces représentations, car c'est dans cette articulation que le sens se construit.

Les Niveaux de pensée géométrique

Le modèle de Van Hiele (1959) décrit une hiérarchie de niveaux de pensée en géométrie (visualisation, analyse, déduction informelle, déduction formelle, rigueur). L'apprentissage est séquentiel : on ne peut atteindre un niveau sans maîtriser le précédent. Un enseignement est inefficace si le niveau de discours de l'enseignant n'est pas aligné avec le niveau de pensée de l'élève. Les résultats montrant les difficultés croissantes avec l'abstraction suggèrent un tel décalage. Former

les enseignants à identifier le niveau de pensée de leurs élèves et à concevoir des activités adaptées est donc un axe crucial du modèle pour rendre l'apprentissage accessible et progressif (Braconne-Michoux, 2014).).

3.3 L'ingénierie des notions réflexives : le moteur du développement professionnel

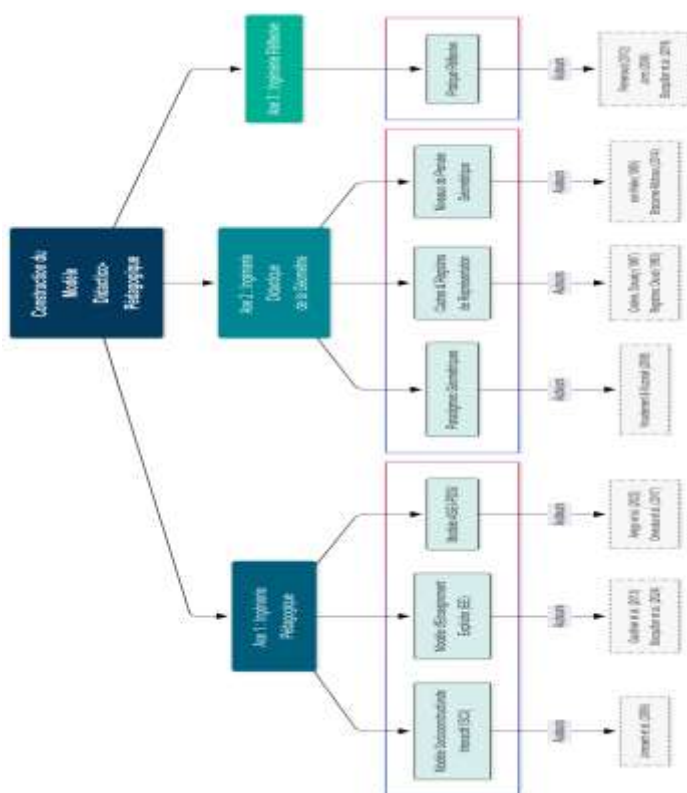
Le diagnostic final du profilage est sans appel : dans un contexte où le DPC est défaillant et où les enseignants manquent de repères théoriques pour analyser leurs propres gestes, la compétence la plus essentielle à développer est celle qui garantit l'autonomie. La pratique réflexive est ce moteur. Comme le souligne Perrenoud (2012), développer la pratique réflexive est la clé de voûte de la professionnalisation. Il ne s'agit pas d'une simple introspection, mais d'une analyse méthodique de sa pratique « en fonction d'arguments pédagogiques ou éthiques » pour en comprendre les effets et l'ajuster.

L'intégration de cette ingénierie dans le modèle est fondamentale pour deux raisons. Premièrement, elle permet de créer des ponts entre la théorie et la pratique. C'est par la réflexivité que les concepts pédagogiques (EE, SCI) et didactiques (paradigmes, registres) cesseront d'être des savoirs externes pour devenir des outils d'analyse de l'action personnelle. Deuxièmement, elle vise à pallier la faiblesse du système d'encadrement en rendant les enseignants acteurs et auteurs de leur propre développement (Jorro, 2004). En apprenant à « diagnostiquer » leurs actions et à « explorer des alternatives », ils s'engagent dans une démarche d'amélioration continue qui ne dépend plus uniquement de l'offre institutionnelle. Le modèle s'appuie donc sur des guides et des processus concrets (Bocquillon et al., 2019) pour structurer cette

réflexivité et la faire passer du stade de la simple description à celui de la théorisation de sa propre pratique.

Figure 2 : Carte conceptuelle de la construction du modèle

Source : auteurs, à partir de script Mermaid chart



Légende de la carte conceptuelle de la construction du modèle

La carte conceptuelle ci-dessus visualise la structure du modèle Didactico-Pédagogique d'enseignement de la géométrie au

lycée, conçu dans cette étude. Les flèches indiquent la relation hiérarchique, allant du concept le plus général aux théories spécifiques, puis aux auteurs qui les fondent. Le cœur du modèle (en bleu foncé), le point de départ est la « Construction du Modèle Didactico-Pédagogique ». Les trois piliers (Axes) impliquent que ce modèle repose sur trois ingénieries interdépendantes. L'ingénierie des notions pédagogiques (en bleu-vert), fournit le cadre général de l'action en classe. L'ingénierie des notions didactiques (en turquoise), apporte les outils spécifiques à l'enseignement de la géométrie. L'ingénierie des notions de la réflexivité (en vert d'eau), constitue le moteur pour l'amélioration continue et l'autonomie de l'enseignant. Les concepts fondateurs (en vert pâle) impliquent que chaque axe est construit à partir de théories et de modèles spécifiques. Les auteurs de référence (en gris clair), montrent que chaque concept est lié aux auteurs clés qui l'ont développé, montrant l'ancrage scientifique de la démarche.

4. Le modèle Didactico-Pédagogique intégré : structure et pratiques enseignantes

Les trois ingénieries théoriques : pédagogique, didactique et réflexive, décrites précédemment ne sont pas des dimensions parallèles, mais des fils qui doivent être tissés ensemble pour former une pratique enseignante cohérente et robuste. Cette section présente le résultat de ce tissage : le modèle Didactico-Pédagogique intégré. Il constitue la « réalisation didactique » (Artigue, 1989) issue de la phase de conception et se veut une réponse opérationnelle aux besoins identifiés lors des analyses préalables. Le modèle peut être visualisé comme un système dynamique où chaque phase de l'action enseignante est irriguée simultanément par les trois dimensions. Plutôt qu'une simple

liste de tâches, il propose une grille de lecture de la pratique enseignante, organisée selon une chronologie fonctionnelle : la phase pré-active (avant la leçon), la phase interactive (pendant la leçon), et la phase post-active (après la leçon).

Tableau 1 : déclinaison opérationnelle du modèle MoDiPEG en pratiques enseignantes

Phase de l'enseignement	Ingénierie pédagogique (le comment général)	Ingénierie didactique de la géométrie (le quoi spécifique)	Ingénierie réflexive (le pourquoi et l'amélioration)
Phase pré-active (avant la leçon : la scénarisation)	Planifier la leçon en suivant la structure de l'Enseignement Explicite (EE) et le cycle Plan-Do-See-Improve (PDSI).	Identifier le(s) paradigme(s) géométrique(s) dans lequel s'inscrit le cours	Intentionnaliser sa pratique : établir un lien clair entre les activités prévues et les objectifs d'apprentissage.
	Définir des situations d'apprentissage pertinentes pour l'élève (Socioconstructivisme Interactif - SCI).	Anticiper les cadres et registres de représentation à mobiliser et planifier les activités de conversion entre eux	Se poser des questions sur les choix effectués et leur pertinence.
	Vérifier l'alignement curriculaire et identifier les prérequis nécessaires.	Définir le(s) niveau(x) de pensée géométrique (Van Hiele) visé(s) par la leçon.	Envisager des scénarios alternatifs (plan B) pour anticiper les difficultés potentielles des élèves.
Phase interactive (pendant la leçon : la régulation)	Mettre en œuvre le cycle de l'EE : Modelage (« Je fais »), Pratique guidée (« Nous faisons »), Pratique autonome (« Tu fais »).	Mettre en œuvre des activités qui mobilisent explicitement différents cadres et registres, en aidant les élèves à faire le lien.	Diagnostiquer en temps réel la nature des obstacles rencontrés par les élèves (pédagogique ou didactique).
	Mettre les élèves en interaction et en projet (SCI).	Attirer l'attention des élèves sur les conflits de paradigmes pour les aider à comprendre la nature du raisonnement géométrique attendu.	Réguler sa pratique en temps réel (Improvisation raisonnée).

	Mener des activités engageantes et expérimentales (Activity, Student, Experiment, Improvisation - ASEI).	Adapter le questionnement pour accompagner le développement des niveaux de pensée des élèves.	Prendre conscience des gestes professionnels posés et de leurs effets immédiats.
Phase post-active (après la leçon : la capitalisation)	Organiser la consolidation des acquis (révisions, devoirs).	Évaluer la compréhension des élèves en s'assurant de leur flexibilité à naviguer entre les cadres et registres	Narrer/décrire sa pratique pour l'objectiver
	Mener l'évaluation des apprentissages en diversifiant les modalités.	Vérifier l'atteinte du niveau de pensée géométrique visé par la séquence d'activités.	Pointer ses difficultés et ses réussites pour en tirer des leçons.
	Communiquer les résultats et les bilans aux élèves.		Théoriser à partir de sa pratique : formuler des règles personnelles qui seront utiles pour les prochaines leçons (Improve).

Source : auteurs, à partir d'analyse documentaire

4.1 La phase pré-active, de la préparation à la scénarisation didactique

Cette phase, souvent sous-estimée, est transformée par le modèle d'une simple préparation de contenu en une véritable scénarisation didactique. L'enseignant anticipe et orchestre la situation d'apprentissage.

Sur le plan pédagogique

L'enseignant établit un plan de leçon clair en s'appuyant sur la structure de l'enseignement explicite. Il planifie les étapes de modelage, de pratique guidée et de pratique autonome, s'assure

de l'alignement curriculaire et prépare les supports. Il s'agit de « mettre le curriculum à sa main » (Gauthier et al., 2013, p. 297), en définissant des situations d'apprentissage pertinentes et un objectif clair.

Sur le plan didactique

Cette planification est enrichie par une analyse géométrique fine. L'enseignant identifie explicitement le paradigme géométrique (Houdement & Kuzniak, 2006) dans lequel s'inscrit la notion (par exemple, un travail sur la preuve déductive relève de la Géométrie II). Il anticipe les cadres et registres de représentation (Duval, 1993) qui seront mobilisés et planifie des activités pour amener les élèves à faire le lien entre eux (par exemple, passer d'une figure à une équation). Il prend également en compte les niveaux de pensée de Van Hiele (1959) pour s'assurer que les tâches proposées sont accessibles à ses élèves.

Sur le plan réflexif

Cette préparation devient un acte d'intentionnalité (Bocquillon et al., 2019). L'enseignant ne se contente pas de planifier, il se questionne : « Pourquoi cette activité est-elle la plus pertinente pour atteindre cet objectif didactique précis ? » Il établit un lien explicite entre sa pratique planifiée et ses objectifs. Il peut aussi anticiper les difficultés et déjà envisager des alternatives ou des étayages possibles.

4.2 La phase interactive, de la gestion de classe à la régulation des apprentissages

Durant la leçon, l'enseignant n'est plus un simple transmetteur, mais un régulateur et un médiateur des savoirs en construction.

Sur le plan pédagogique

Il met en œuvre la structure de l'enseignement explicite : il modèle la stratégie « Je fais », organise la pratique guidée « Nous faisons ensemble » en favorisant les interactions, puis supervise la pratique autonome « Tu fais seul ». Il crée un climat de travail où les élèves sont engagés dans des activités (ASEI) et où le dialogue est encouragé (SCI).

Sur le plan didactique

Son action est constamment focalisée sur le sens géométrique. Il ne se contente pas de faire effectuer des exercices, il attire l'attention des apprenants sur les conflits de paradigmes ou sur la nécessité de changer de registre de représentation. Il pose des questions qui forcent les élèves à expliciter leur raisonnement géométrique, à justifier leurs constructions, et les aide ainsi à franchir les niveaux de pensée de Van Hiele.

Sur le plan réflexif

L'enseignant est en réflexion dans l'action. Il doit continuellement diagnostiquer les obstacles rencontrés par les élèves en temps réel. Est-ce une difficulté de compréhension de la consigne (pédagogique) ? Une erreur de calcul (procédurale) ? Ou une incompréhension liée à un conflit de paradigmes (didactique) ? Cette analyse immédiate lui permet d'ajuster sa pratique, de fournir un étayage adapté et de réguler les apprentissages de manière différenciée.

4.3 La phase post-active : de l'évaluation à la capitalisation pour le développement professionnel

Cette dernière phase clôt la boucle de l'apprentissage pour l'élève et ouvre celle du développement pour l'enseignant.

Sur le plan pédagogique

L'enseignant organise la consolidation des acquis. Il met en place des révisions variées et fréquentes (quotidiennes, hebdomadaires), donne des devoirs pertinents et évalue les apprentissages en diversifiant les modalités pour objectiver les progrès réalisés.

Sur le plan didactique,

L'évaluation dépasse la simple vérification de l'acquisition d'une procédure. Elle vise à vérifier si les compétences géométriques profondes ont été construites : l'élève est-il capable d'utiliser la notion dans différents cadres ? A-t-il atteint le niveau de pensée géométrique visé ?

Sur le plan réflexif

Cette phase est le moment privilégié de la réflexion sur l'action, qui est le moteur principal du développement professionnel (Perrenoud, 2012). L'enseignant prend le temps, seul ou avec des pairs, d'analyser ce qui s'est passé. Il peut décrire sa pratique, pointer ses difficultés et, idéalement, aller jusqu'à théoriser à partir de son expérience en formulant des règles d'action pour le futur. Ce processus d'auto-évaluation (Jorro, 2004) alimente directement la planification de la prochaine séquence, inscrivant l'enseignant dans une spirale vertueuse d'amélioration continue, en parfaite adéquation avec le cycle « Improve » du modèle ASEI-PDSI.

Ce modèle intégré propose un ensemble de pratiques observables et interdépendantes qui arment l'enseignant pour faire face à la complexité de sa tâche. Il offre une structure pédagogique pour sécuriser son action, des outils didactiques pour enrichir son enseignement de la géométrie, et une démarche réflexive pour assurer son développement autonome.

5. Discussion : portée, limites et perspectives

Au terme de ce processus de conception, il convient de prendre du recul pour évaluer la nature de la contribution que représente ce modèle, en reconnaître les limites actuelles et esquisser les perspectives de recherche qu'il ouvre. Cette discussion est essentielle pour situer ce travail dans le champ de la recherche en éducation et pour baliser les étapes futures de l'ingénierie didactique.

5.1 *Portée et originalité du modèle*

La première contribution de ce travail réside dans sa démarche même : le modèle n'est pas une solution théorique désincarnée, mais une réponse ciblée, conçue sur mesure pour un contexte spécifique et à partir d'un diagnostic approfondi. En s'ancrant dans les résultats des études exploratoires et de profilage (Camara et al., 2025, à paraître-a, b, c), il répond directement aux problématiques identifiées sur le terrain à Niamey : la « double lacune » disciplinaire et pédagogique, la défaillance du système de développement professionnel continu, et le paradoxe entre les croyances et les pratiques enseignantes. Cette adéquation au contexte est une condition nécessaire à l'appropriation par les acteurs et à l'efficacité des dispositifs de formation (Desimone, 2009).

L'originalité principale du modèle réside dans sa synthèse pragmatique et intégrative de trois champs théoriques. Il n'a pas simplement été question de juxtaposer des théories, mais de les articuler pour créer un tout cohérent et fonctionnel :

- Il réconcilie le besoin de structure, apporté par l'Enseignement Explicite (Gauthier et al., 2013) et essentiel

pour sécuriser des enseignants sans formation pédagogique initiale (une lacune concernant plus de 90 % de l'effectif selon le diagnostic), avec l'exigence de construction du sens, portée par le Socioconstructivisme (Jonnaert et al., 2009) et le pragmatisme de l'approche ASEI-PDSI (Arego et al., 2022), qui font écho aux aspirations déclarées des enseignants eux-mêmes.

- Il enrichit ce socle pédagogique avec des outils didactiques puissants et spécifiques à la géométrie : paradigmes (Houdement & Kuzniak, 2006), cadres/registres (Douady, 1987 ; Duval, 1993) et les niveaux de pensée (Van Hiele, 1959). Cette intégration vise spécifiquement à corriger le décalage observé sur le terrain, où la majorité des enseignants éprouvent des difficultés croissantes (jusqu'à 95 %) sur les concepts abstraits comme les applications affines, dans le but explicite de construire une Connaissance Pédagogique du Contenu (PCK) (Shulman, 1987).
- Enfin, il enchâsse ces dimensions dans une culture de la pratique réflexive (Perrenoud, 2012), visant à développer l'autonomie professionnelle des enseignants, ce qui est fondamental dans un contexte où l'encadrement institutionnel est jugé insuffisant.

Cette triple articulation constitue une réponse holistique aux différentes facettes du problème identifié, en s'adressant à la fois au « comment enseigner » (pédagogie), au « quoi enseigner et pourquoi c'est difficile » (didactique), et au « comment devenir un meilleur enseignant » (réflexivité).

5.2 Limites du travail de conception

La rigueur de chercheur impose de reconnaître les limites de ce travail. La principale limite est inhérente à la phase de l'ingénierie didactique dans laquelle ce travail se situe. Le

modèle présenté ici est le résultat d'une conception et d'une analyse *a priori*. Sa validité, à ce stade, est interne et théorique : elle repose sur la cohérence de sa construction et sur la solidité de son ancrage dans les analyses préalables. Cependant, il n'a pas encore été confronté à l'épreuve du réel. Comme le rappelle Artigue (1989), la validation complète d'une ingénierie ne peut provenir que de la confrontation entre cette analyse *a priori* et l'analyse *a posteriori* des données issues de l'expérimentation.

En d'autres termes, les hypothèses qui sous-tendent ce modèle (par exemple, l'hypothèse que la prise de conscience des paradigmes géométriques aidera effectivement les enseignants à mieux gérer les difficultés liées à la preuve) restent, pour l'heure, des hypothèses à éprouver. L'efficacité pragmatique du modèle et sa capacité à réellement transformer les pratiques enseignantes (Altet, 2003) n'ont pas encore été démontrées. L'étude de l'effet-maître enseigne la complexité de la relation entre un dispositif de formation, les pratiques réellement mises en œuvre et les apprentissages des élèves (Bressoux, 2001).

5.3 Perspectives de recherche et de développement

Ces limites tracent naturellement la voie pour la suite de ce programme de recherche, qui consistera à entrer dans les phases 3 (Expérimentation) et 4 (Analyse *a posteriori* et évaluation) de l'ingénierie. Cette nouvelle étape, qui fera l'objet de travaux futurs, se déploiera selon deux axes principaux : le développement d'un dispositif de formation et la mise en place d'un protocole d'évaluation multidimensionnel.

Le projet de formation consistera à traduire ce modèle en un curriculum de formation continue destiné à un groupe d'enseignants de Niamey correspondant au profil stratégique qui

a été identifié. L'objectif sera de les accompagner dans l'appropriation théorique et pratique des différentes composantes du modèle. Le protocole d'évaluation visera à mesurer les effets de cette formation à plusieurs niveaux :

- Sur les pratiques enseignantes : par le biais d'observations en classe, il sera cherché à savoir si les pratiques des enseignants formés évoluent et s'alignent avec les principes du modèle.
- Sur le sentiment d'auto-efficacité des enseignants dans l'usage du modèle : l'évolution de la confiance des enseignants en leur capacité à enseigner la géométrie de manière efficace, un facteur clé de l'engagement professionnel (Bandura, 2007 ; Marcel, 2009), sera évaluée via des questionnaires.
- Sur l'acceptance du modèle : en s'inspirant de modèles comme le Modèle d'Acceptation de la Technologie (TAM) (Davis, 1989 ; Venkatesh et al., 2003), l'utilité perçue et la facilité d'usage du modèle par les enseignants, des conditions essentielles à son adoption durable (Renaud, 2020), seront mesurées.
- Sur la motivation et l'engagement des apprenants : l'objectif ultime étant l'amélioration des apprentissages, l'impact de ces nouvelles pratiques enseignantes sur la dynamique motivationnelle des élèves en classe de géométrie (Viau, 2009) sera étudié.

Enfin de compte, cette étude a permis de formaliser et de justifier la conception d'un modèle intégré qui se veut une réponse scientifiquement fondée à un problème localisé. La prochaine étape, celle de sa mise à l'épreuve, sera déterminante pour valider sa pertinence et sa contribution potentielle à

l'amélioration de la qualité de l'enseignement de la géométrie au Niger.

Conclusion

Au terme de cette étude, le chemin a été parcouru menant du diagnostic d'un problème complexe à la conception d'une solution structurée. Partant d'un constat largement partagé sur les difficultés de l'enseignement de la géométrie à Niamey, la démarche s'est d'abord attachée à le documenter rigoureusement. Les analyses préalables, menées à travers l'étude exploratoire et les trois études de profilage complémentaires, ont permis de dépasser les impressions générales pour révéler les mécanismes d'une triple lacune : une préparation initiale souvent inadéquate, un système de développement professionnel en décalage avec les besoins réels, et des pratiques pédagogiques prisonnières d'un paradoxe entre les idéaux et la maîtrise des savoirs pour enseigner.

Face à ce diagnostic, et en adoptant la posture de chercheur-développeur, le cadre de l'ingénierie didactique (Artigue, 1989) a été mobilisé non pas pour proposer une solution de plus, mais pour construire une réponse théoriquement fondée et directement articulée aux besoins identifiés. Le modèle Didactico-Pédagogique présenté ici est le fruit de ce processus de conception *a priori*. En tissant ensemble les fils de la pédagogie (pour la structure et le sens), de la didactique de la géométrie (pour la spécificité du contenu) et de la pratique réflexive (pour l'autonomie professionnelle), il constitue une réponse systémique à un problème qui l'est tout autant.

La contribution centrale de cette étude est donc de mettre à la disposition de la communauté scientifique et des acteurs de la formation une « réalisation didactique » (Artigue, 1989)

complète dans sa phase de conception. Plus qu'une simple discussion théorique, ce travail offre un modèle de formation détaillé, justifié et opérationnalisable, prêt à être expérimenté sur le terrain. Il constitue un pont tangible entre la recherche diagnostique et l'intervention développementale, avec pour ambition de fournir aux enseignants de mathématiques dans les lycées de Niamey les outils pour construire une pratique plus efficace et plus épanouissante. La validation empirique de ce modèle lors des prochaines phases de cette recherche sera déterminante, mais sa conception rigoureuse représente une première étape essentielle vers l'amélioration durable de l'enseignement de la géométrie et la réussite des élèves au Niger, en pleine adéquation avec les ambitions de l'Objectif de Développement Durable 4. Au-delà de l'école, la maîtrise de la géométrie est un enjeu de développement national, conditionnant la formation des futurs ingénieurs et techniciens nécessaires aux grands chantiers du Niger.

Bibliographie

- ALTET Marguerite, 2003. « Caractériser, expliquer et comprendre les pratiques enseignantes pour aussi contribuer à leur évaluation », in *Les Dossiers des Sciences de l'Éducation*, 10(1), pp. 31-43. <https://doi.org/10.3406/dsedu.2003.1027>
- AREGO Chrispin, WAMOCHA Lydiah et MAJANGA Enos, 2022. « Extent of Implementation of ASEI-PDSI Approach in Teaching Mathematics in Secondary Schools in Butere Sub-County, Kakamega County, Kenya », in *British Journal of Education*, 10(6), pp. 67-78. <https://doi.org/10.37745/bje.2013/vol10n6pp6778>

ARTIGUE Michèle, 1988. « Ingénierie didactique », in *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 9(3), pp. 281-308. URL : <https://revue-rdm.com/1988/ingenierie-didactique/>

ARTIGUE Michèle, 1989. « Ingénierie didactique », in *Publications de l'Institut de recherche mathématiques de Rennes*, S6, pp. 124-128. URL : http://www.numdam.org/item/PSMIR_1989__S6_124_0/

BANDURA Albert, 2007. *Auto-efficacité : Le sentiment d'efficacité personnelle*, De Boeck, Bruxelles. URL : <https://www.deboecksuperieur.com/ouvrage/9782804155957-auto-efficacite>

BOCQUILLON Marie, BACO Christophe, DEROBERTMASURE Antoine et DEMEUSE Marc, 2024. *Enseignement explicite : Pratiques et stratégies quand l'enseignant fait la différence*, De Boeck Supérieur, Louvain-la-Neuve. URL : <https://www.deboecksuperieur.com/ouvrage/9782807361225-enseignement-explicite>

BOCQUILLON Marie, DEROBERTMASURE Antoine et DEMEUSE Marc, 2019. *Guide pour gérer des situations d'enseignement-apprentissage* (4e éd.), De Boeck Supérieur, Louvain-la-Neuve.

BRACONNE-MICHOUX Annette, 2014. « Proposition d'articulation entre deux théories : Les paradigmes géométriques et les niveaux de van Hiele », in *Croisements variés de concepts, d'approches et de théories: Les enjeux de la création en recherche en didactique des mathématiques*, pp. 61.

BRESSOUX Pascal, 2001. « Réflexions sur l'effet-mâitre et l'étude des pratiques enseignantes », in *Les Dossiers des Sciences de l'Éducation*, 5, pp. 11-23. <https://doi.org/10.3406/dsedu.2001.949>

BUZNIC-BOURGEACQ Pablo, 2021. *Guy Brousseau : une introduction à la théorie des situations didactiques*, Vrin, Paris.

URL : <https://www.vrin.fr/livre/9782711629763/guy-brousseau-une-introduction-a-la-theorie-des-situations-didactiques>

CAMARA Ibrahima, HASSIROU Mouhamadou et CHEKARAOU Ibro, 2025. « L’enseignement/apprentissage de la géométrie aux lycées de Niamey : Recension des difficultés et approches solutions », in *Revue de L’ACAREF*, 6 (spécial nouvel an 2025), pp. 114-136.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.14915837>

CAMARA Ibrahima, CHEKARAOU Ibro et HASSIROU Mouhamadou, 2025b. Profilage des enseignants de mathématiques dans les lycées de Niamey : Portrait Initial (Démographie, Parcours et Préparation Disciplinaire). *RIREP, Hors-série N° 007*, 350–372. <https://shorturl.at/7b1nQ>

CAMARA Ibrahima, CHEKARAOU Ibro et HASSIROU Mouhamadou, à paraître-a. « Profilage des enseignants de mathématiques dans les lycées de Niamey : Développement professionnel (entre formations reçues, besoins exprimés et ouverture au numérique) ».

CAMARA Ibrahima, CHEKARAOU Ibro et HASSIROU Mouhamadou, à paraître-b. « Profilage des enseignants de mathématiques dans les lycées de Niamey : Pratiques pédagogiques déclarées, perceptions enseignantes et défis didactiques spécifiques à l’enseignement de la géométrie ».

CLÉMENT Céline, 2015. « Efficacité de l’enseignement : L’exemple de l’enseignement explicite », in S. Zarrouk (Ed.), *Penser l’efficacité en sciences de l’éducation*, L’Harmattan, Paris, pp. 133-150.

DARLING-HAMMOND Linda, 2000. « Teacher Quality and Student Achievement: A Review of State Policy Evidence », in *Education Policy Analysis Archives*, 8(1). <https://doi.org/10.14507/epaa.v8n1.2000>

- DAVIS Fred D., 1989. « Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology », in *MIS Quarterly*, 13(3), pp. 319-340.
<https://doi.org/10.2307/249008>
- DESIMONE Laura M., 2009. « Improving Impact Studies of Teachers' Professional Development: Toward Better Conceptualizations and Measures », in *Educational Researcher*, 38(3), pp. 181-199. <https://doi.org/10.3102/0013189X08331140>
- DFIC, 2021. *Rapport Annuel sur la Formation des Enseignants*, Ministère de l'Éducation Nationale, Niamey.
- DIARRA Sounkharou et SOKHNA Moustapha, 2022. « L'enseignement de la géométrie à la transition élémentaire-collège : Changement de paradigme et malentendu didactique », in *REMATEC*, 17, pp. 67-89. URL : <https://www.rematec.net.br>
- DOUADY Régine, 1987. « Un exemple d'ingénierie didactique où sont à l'œuvre jeux de cadres et dialectique outil-objet », in *Publications de l'Institut de recherche mathématiques de Rennes*, (5), pp. 1-17. URL : http://www.numdam.org/item/?id=PSMIR_1987__5_A1_0
- DOUADY Régine, 2003. *Enseignement de la dialectique outil objet et des jeux de cadres en formation mathématique des professeurs d'école*, IREM, Paris. URL : <http://www.arpeme.fr/documents/1AC69D2A243B0037BC.pdf>
- DUVAL Raymond, 1993. « Registre de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée », in *Annales de didactique et de sciences cognitives*, 5. URL : https://mathinfo.unistra.fr/websites/math-info/irem/Publications/Annales_didactique/vol_05/adsc5_1993-003.pdf
- EDiMaths, 2012. *Actes du colloque EDiMaths 2012 : Enseignement et Didactique des Mathématiques*, ICMI. URL : http://www.mathunion.org/fileadmin/ICMI/docs/Rapport_final_10_2012_website.pdf

GAUTHIER Clermont, BISSONNETTE Steve, RICHARD Mario et CASTONGUAY Mireille, 2013. *Enseignement explicite et réussite des élèves : La gestion des apprentissages*, De Boeck, Bruxelles.

HOUEMENT Catherine et KUZNIAK Alain, 2006. « Paradigmes géométriques et enseignement de la géométrie », in *Annales de Didactiques et de Sciences Cognitives*, 11, pp. 175-217. URL : <https://shs.hal.science/halshs-00858709>

JONNAERT Philippe, VANDER BORGHT Cécile, DEFISE Rosette, DEBEURME Godelieve et SINOTTE Stephan, 2009. *Créer des conditions d'apprentissage : Un cadre de référence socioconstructiviste pour une formation didactique des enseignants* (3e éd.), De Boeck Université, Bruxelles. URL : <https://www.deboecksuperieur.com/ouvrage/9782804102111-creer-des-conditions-dapprentissage>

JORRO Anne, 2004. « Réflexivité et auto-évaluation dans les pratiques enseignantes », in *Mesure et évaluation en éducation*, 27(2), pp. 33-47. <https://doi.org/10.7202/1087976ar>

KOFFI KOUAKOU Mathieu, 2021. *Les défis de la formation des enseignants en Afrique subsaharienne à l'ère du numérique*, Éditions Universitaires Européennes, Sarrebruck.

MARCEL Jean-François, 2009. « Le Sentiment d'Efficacité Professionnelle, un indicateur pour connaître le développement professionnel des « nouveaux » professeurs de l'enseignement agricole français », in *Questions Vives. Recherches en éducation*, 5(11). <https://doi.org/10.4000/questionsvives.564>

MESG-Niger, 2016. *Programme d'études de mathématiques, Séries scientifiques (C et D)*, Ministère des Enseignements Secondaires, Niamey.

ONWUKA Philomina Ifeanyi et AZUKA Benard Festus, 2017. « ASEI-PDSI As An Instructional Strategy For Effective Teaching And Learning Of Mathematics At Basic Educational Level », in *International Journal of Innovative Research and*

Advanced Studies (IJIRAS), 4(5). URL : https://www.ijiras.com/2017/Vol_4-Issue_5/paper_52.pdf

PERRENOUD Philippe, 2012. *Développer la pratique réflexive dans le métier d'enseignant : Professionnalisation et raison pédagogique* (6e éd.), ESF Ed, Paris. URL : <https://www.esf-scienceshumaines.fr/education/94-developper-la-pratique-reflexive-dans-le-metier-d-enseignant.html>

RENAUD Juliette, 2020. « Évaluer l'utilisabilité, l'utilité et l'acceptabilité d'un outil didactique au cours du processus de conception continuée dans l'usage », in *Éducation & Didactique*, 14(2), pp. 65-84.
<https://doi.org/10.4000/educationdidactique.6756>

SHULMAN Lee S., 1986. « Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching », in *Educational Researcher*, 15(2), pp. 4-14. <https://doi.org/10.3102/0013189x015002004>

SHULMAN Lee S., 1987. « Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform », in *Harvard Educational Review*, 57(1), pp. 1-22.
<https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411>

UNESCO, 2015. *Éducation 2030 : Déclaration d'Incheon et Cadre d'action pour la mise en œuvre de l'objectif de développement durable 4*, UNESCO, Paris. URL : https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000245656_fre

VAN HIELE Pierre Marie, 1959. *The child's thought and geometry* (Thèse de doctorat), University of Utrecht, Utrecht.

VENKATESH Viswanath, MORRIS Michael G., DAVIS Gordon B. et DAVIS Fred D., 2003. « User Acceptance of Information Technology : Toward a Unified View », in *MIS Quarterly*, 27(3), pp. 425-478.
<https://doi.org/10.2307/30036540>

VERSPOOR Adriaan M. (Ed.), 2008. *At the Crossroads: Choices for Secondary Education in Sub-Saharan Africa*, The

World Bank, Washington D.C. URL :

<http://hdl.handle.net/10986/6537>

VIAU Rolland, 2009. *La motivation à apprendre en milieu scolaire*, Erpi, Saint-Laurent (Québec).