REPUBLIQUE DU NIGER

UNIVERSITE ABDOU MOUMOUNI DE NIAMEY

ECOLE NORMALE SUPERIEURE

DEPARTEMENT DE MATHEMATIQUES

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'Inspecteur Principal des Lycées d'Enseignement Général.

OPTION : MATHEMATIQUES

THEME : ENSEIGNEMENT ET APPRENTISSAGE DES NOMBRES COMPLEXES AUX LYCEES D'ENSEIGNEMENT GENERAL : CAS DES CLASSES DE TERMINALE C DES ETABLISSEMENTS DE LA REGION DE NIAMEY.

Présenté par :

M. ABOUBACAR ABBA. Ibrahim

Elève Inspecteur

Sous la Direction de :

Dr MOROU Amidou, Maitre de conférences :

Directeur de mémoire

Et la codirection de :

Dr. GAZIBO KARIMOU Mohamed

Maitre-assistant

Date de soutenance : le 15 octobre 2024

Membres du jury :

Dr SAGAYAR MOUSSA Mohamed, Maitre de conférences Président ;

Dr MOROU Amidou, Maitre de conférences Directeur de mémoire ;

Dr GAZIBO KARIMOU Mohamed, Maitre-assistant Codirecteur ;

Dr MOUSSA Zakari Yaou, Maitre-assistant Examinateur interne ;

M. ORODJI Amadou, Inspecteur de l'Enseignement Secondaire Examinateur externe.

Année académique : 2023 – 2024

Table de matières

Dédicace……..……..iv

Remerciement…….……..…v

Sigles et Abréviations……..…….vi

Liste des tableaux ……..viii

Listes des figures …… x

Introduction……...…..1

Chapitre I : PROBLEMATIQUE……..…3

1.1.Le contexte ……..3

1.2.Justification du choix du sujet : ……5

1.3.Problème de recherche :……....6

1.4.Question de recherche :……6

1.5. Objectifs de la recherche : ……...7

1.5.1. Objectif général ……7

1.5.2. Objectifs spécifiques ……..7

1.6. Hypothèses de la recherche :…….……..…....7

1.6.1. Hypothèse générale ……7

1.6.2. Hypothèses spécifiques …….....……...7

1.7. Les variables : …….…..8

1.7.1. Les variables dépendantes ……....8

1.7.2. Les variables indépendantes ……...……8

Chapitre II : CADRE THEORIQUE……..……9

2.1. Définitions des concepts ……..9

2.2. Revue de littérature :……....……...12

2.3. Introduction du nombre imaginaire i……...…….15

2.4. Méthodes d'enseignement……...16

2.5. Statut et profil des enseignants : …….....…16

2.6. Les nombres complexes dans le programme d'enseignement :……..….17

2.7.Aspects relatifs aux difficultés d'enseignement et apprentissage des nombres complexes ……...17

Chapitre III : Méthodologie……..……..…..**18**

3.1. Type de recherche :……..…...…18

3.2. Présentation du champ d'étude …….…..18

3.2.1. Justification du choix du champ d'étude …….…….18
3.2.2. Population cible …….……..19
3.2.3. Echantillonnage……..……..19
3.3. Technique et outils de recherches ……....19
3.3.1. Technique…….....19
3.3.2. Outils de recherches…….…….....19
3.4. Collecte des données :……..21
3.4.1. Passation des questionnaires ……...21
3.4.2. Le test…….……21
3.5. Saisie et traitement de données :…….…22
3.6. Difficultés rencontrées :……...22
Chapitre IV : Présentation, analyse et interprétations des données……. 23
4.1. Résultats des questionnaires destinés aux enseignants :……...23
4.1.1. Identification des enseignants ……..23
4.1.1.1. Statut des enseignants ……....24
4.1.1.2. Diplômes des enseignants ……..24
4.1.1.3 : Ancienneté dans l'enseignement ……..25
4.1.1.4. Profils de formation des enseignants ……25
4.1.1.5 : Ancienneté et profils des enseignants …….…26
4.1.1.6. Rapport entre profil et diplôme des enseignants ……27
4.1.2. Renseignements sur l'enseignement des nombres complexes ……27
4.1.21.Perception de « i » et ses manipulations……...27
4.1.2.2. Méthodes d'enseignement ……..31
4.1.2.3. Prérequis, remédiation et documents ……32
4.1.3. Evaluation et encadrement ……32
4.2. Résultats de la consultation des cahiers de textes ……..33
4.2.1. Aspects relatifs aux instructions officielles ……..34
4.2.2. Aspects relatifs aux exercices et évaluations ……34
4.3. Résultats de l'analyse des questionnaires pour élèves :…….…34
4.3.1. Identification des élèves……..34
4.3.2. Renseignements sur l'apprentissage des nombres complexes :……..35
4.3.2.1. Prérequis et moyenne de première ……35
4.3.2.2. Perception de i et raisons…….....36

4.3.2.3. Perception du chapitre et classement…….....37
4.3.2.4. Points liés aux objectifs, activités et exercices……....38
4.3.4. Aspects relatifs à l'évaluation ……....39
4.4. Résultats du test de niveau des élèves :…….....40
4.4.1. Les éléments constitutifs du test de niveau……...40
4.4.2. Résultats portant sur les prérequis…….41
4.4.3. Résultats portant sur les connaissances relatives aux nombres complexes :……..42
4.4.4. Résultats portant sur l'ensemble des connaissances du test ……42
4.4.5. Croisement entre prérequis et connaissances sur les nombres complexes …….43
4.4.6. Croisement entre prérequis et note obtenue au test :……45
4.5. Confirmation ou infirmation des hypothèses :……..46
4.5.1. Vérification de l'hypothèse H_1…….46
4.5.2. Vérification de l'hypothèse H_2 ……46
4.5.3. Vérification de l'hypothèse H_3 ……47
4.6. Synthèse…….....47
Conclusion ……..…..50
Bibliographie ……52

Dédicace

Je dédie ce travail à :

Ma famille.

Remerciements :

Nous remercions sincèrement **Dr MOROU Amidou**, Maitre de conférences à l'Institut de Recherche en Enseignement Mathématiques de l'Université Abdou Moumouni de Niamey, qui a assuré la direction de ce mémoire.

Nous remercions de tout cœur Dr. **GAZIBO KARIMOU Mohamed**, Maitre-assistant à l'Ecole Normale Supérieure de l'Université Abdou Moumouni de Niamey.

Nous remercions vivement l'ensemble des encadreurs et le personnel administratif et technique de l'Ecole Normale Supérieure pour les sacrifices consentis lors de notre formation.

A toutes les personnes qui nous ont soutenu dans ce travail, nous disons merci, et enfin merci à la famille des élèves inspecteurs de la promotion pour la collaboration sincère et fraternelle.

Sigles et abréviations

BAC : Baccalauréat.

BEPC : Brevet d'Etude du Premier Cycle.

CAPES : Certificat d'Aptitude au Professorat de l'Enseignement du Second degré.

CES : Complexe d'Enseignement Secondaire.

CFEPD : Certificat de Fin d'Etude du Premier Degré.

CM : Collège Mariama.

CSP : Complexe Scolaire Privé.

DFIC : Direction de la Formation Initiale et Continue.

DREN/A/EP/PLN : Direction Régionale de l'Education Nationale, de l'Alphabétisation, de l'Enseignement Professionnel et de la Promotion des Langues Nationales.

ENS : Ecole Normale Supérieure.

EV : Eau Vive.

IBDR : Ibadourrahaman.

IESG : Inspection de l'Enseignement Secondaire Général.

IRESG : Inspection Régionale de Enseignement Secondaire Général.

INS : Institut National de la Statistique.

LEX : Lycée d'Excellence.

LIK : Lycée Issa Korombé.

LOSEN : Loi d'Orientation du Système Educatif National.

MA : Maarif.

MEN/A/EP/PLN : Ministère de l'Education Nationale, de l'Alphabétisation, de l'Enseignement Professionnel et de la promotion des Langues Nationales.

MES : Ministère de l'Enseignement Secondaire.

MES/R/S : Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique.

MPPES : Master Professionnel au Professorat de l'Enseignement Secondaire.

NTIC : Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication.

NY : Niamey.

OBEECS : Office du Baccalauréat, des Equivalences et des Examens et Concours du Supérieur.

PMN : Prytanée Militaire de Niamey.

RD1 : Rive Droite 1.

SMASSE-Niger : Strengthening of Mathematics and Sciences in Secondary Education.

TA : Tayamana.

TICE : Techniques de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement.

TBS : Taux Brut de Scolarisation.

TC : Terminale C.

TD : Terminale D.

UAM : Université Abdou Moumouni.

UP : Unité Pédagogique.

.

Liste des tableaux

Tableau 1 : effectifs des candidats (inscrits, présents, admis) et taux d'admission par série Et par session. (Source statistiques BAC de 2012 à 2023, OBEECS) ……3

Tableau 2 : effectifs des candidats présents série C par session……..3

Tableau 3 : répartition par région des classes de TC et des élèves par sexe……4

Tableau 4 : répartition des TC par IESG……19

Tableau 5 : répartition des élèves de TC de Niamey par établissements et par sexe……19

Tableau 6 : répartition des enseignants ayant répondu par établissement……23

Tableau 7 : rapport entre profils et diplômes des enseignants……..27

Tableau 8 : répartition des réponses des enseignants en fonction des éléments……..29

Tableau 9 : répartition des enseignants par rapport à la régularité des évaluations ……..32

Tableau 10 : répartition des classes en fonction de leur moyenne lors des évaluations……32

Tableau 11 : répartition des enseignants par rapport au travail en UP……33

Tableau 12 : répartition des cahiers de textes par établissement et inspection……33

Tableau 13 : répartition des élèves ayant répondu par sexe et établissement……34

Tableau 14 : répartition des élèves par situation scolaire ……..35

Tableau 15 : proportion des élèves selon la moyenne annuelle……...35

Tableau 16 : répartition des élèves par rapport à la perturbation de l'introduction de i et pourcentages ……..36

Tableau 17 : répartition des élèves en fonction de la cause de perturbation……..36

Tableau 18 : croisement entre situation scolaire et la cause de la perturbation……..37

Tableau 19 : croisement entre la perception du chapitre et la situation scolaire……37

Tableau 20 : répartition des effectifs des objectifs en fonction des classements……38

Tableau 21 : répartition des élèves en fonction des notes obtenues sur le chapitre……40

Tableau 22 : Liste des connaissances de l'exercice 1……40

Tableau 23 : Liste des connaissances de l'exercice 2……41

Tableau 24 : répartition des élèves par niveau de maitrise pour les prérequis……41

Tableau 25 : répartition des élèves par niveau d'acquisition sur les connaissances des nombres complexes……42

Tableau 26 : répartition des élèves par niveau d'acquisitions sur l'ensemble des connaissances et pourcentages……43
Tableau 27 : répartition des élèves en fonction des niveaux de prérequis et connaissances.44
Tableau 28 : répartition des élèves par niveau en fonction des prérequis et note obtenue……45

Liste des figures

Figure 1 : répartition des enseignants de TC par statut……..24

Figure 2 : répartition des enseignants de TC par diplômes……24

Figure 3 : répartition des enseignants de TC par ancienneté……..25

Figure 4 : répartition des enseignants de TC en fonction de leurs profils ……..25

Figure 5 : répartition des enseignants en fonction de leurs anciennetés et de leurs profils……26

Figure 6 : répartition des enseignants par rapport à la perturbation liée à l'introduction de i……28

Figure 7 : répartition des enseignants en fonction des causes d'erreurs des élèves……30

Figure 8 : répartition des enseignants par rapport au caractère vaste du chapitre……30

Figure 9 : répartition des enseignants par rapport au volume horaire……31

Figure 10 : répartition des enseignants par méthode utilisée……31

Figure 11 : répartition des élèves par rapport à la satisfaction de la méthode d'enseignement……39

Figure 12 : répartition des élèves par niveau de maitrise……42

Introduction

Les nombres complexes sont apparus au 16e siècle, après plusieurs épisodes historiques, ils sont admis comme êtres mathématiques au 19e siècle à travers le formalisme actuel.

Dès lors, les nombres complexes sont présents dans les recherches et programmes d'enseignement des mathématiques. Les nombres complexes sont généralement enseignés au Niger, dans les classes de terminales scientifiques. Leur introduction liée à l'obligation d'accepter l'existence d'un nombre imaginaire dont le carré serait négatif, est inédite.

Les nombres complexes offrent plusieurs registres d'exploitation, passant de l'algébrique, au numérique et/ou géométrique. Les nombres complexes se révèlent très utiles dans les résolutions des équations polynomiales, des équations différentielles, dans le calcul intégral mais aussi dans l'étude des similitudes. Les nombres complexes sont également utilisés en physique quantique, en électromagnétisme et en ingénierie.

Au Niger, les nombres complexes constituent un important chapitre du programme officiel de mathématiques des classes de terminale C. L'enseignement au secondaire, en particulier l'enseignement des mathématiques rencontre des problèmes dont entre autres : l'insuffisance d'enseignants et encadreurs qualifiés, les programmes inachevés et le manque d'investissement des acteurs. Cela constitue un handicap pour l'enseignement/apprentissage des mathématiques et particulièrement des nombres complexes.

Les élèves ont du mal à assimiler les différentes notions contenues dans ce chapitre qu'ils découvrent en fin de cycle et dont ils ne trouvent aucun point de chute dans la vie active.

L'étude à valeur didactique que nous envisageons à travers ce mémoire, porte sur les difficultés de l'enseignement/apprentissage des nombres complexes en classe de terminale C.

Ce mémoire comporte quatre chapitres :

Le premier chapitre qui est la problématique, présente le contexte et le problème de la recherche, puis les questions de recherche et les hypothèses.

Le deuxième chapitre est consacré à la définition des concepts clés liés à la recherche, à l'historique des nombres complexes et à la revue de littérature.

Dans le troisième chapitre, nous déclinons le champ de l'étude et les démarches méthodologiques utilisées tout en évoquant les difficultés rencontrées.

Le quatrième chapitre comporte la présentation et l'analyse des résultats issus des questionnaires, de la consultation des cahiers de textes et du test administré aux élèves.

L’interprétation des résultats permet la confirmation ou l’infirmation de notre hypothèse. Enfin, des recommandations et suggestions sont formulées.

Chapitre I : PROBLEMATIQUE

1.1. Le contexte

En cette ère de mondialisation où prédominent les Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTIC), les aptitudes en sciences et spécifiquement en mathématiques sont prisées et souhaitées pour le besoin de la formation scientifique et technologique. Dans ce contexte de résiliation et de souveraineté, le Niger a plus que besoin de cadres techniques et scientifiques. Pourtant ces dernières années, les effectifs des élèves sont en régression dans les classes scientifiques. Cela est plus préoccupant en série C, les séries C sont progressivement en train de s'éteindre. D'ailleurs d'éminents enseignants chercheurs de l'Université Abdou Moumouni avaient tiré la sonnette d'alarme, il y a une décennie. En effet, d'après GOZA, N. A. ; SAGAYAR, M. M et HASSIMI, A (2014, décembre), « *il y a matière à se demander si les pratiques enseignantes se déroulent de manière à maintenir les élèves dans la série C* ». Ces auteurs affirment que les pratiques enseignantes, surtout en mathématiques sont entre autres les raisons de désertion de la série C.

Faisons le point de la situation actuelle à travers les tableaux suivants :

Tableau 1 : effectifs des candidats (inscrits, présents, admis) et taux d'admission par série et par session. (Source statistiques BAC de 2012 à 2023, OBEECS)

Session	2022				2023			
Série	Inscrits	présents	Admis	taux	inscrits	présents	admis	Taux
A_4	48417	46679	12730	27,27	51608	49623	13019	23,58
A_8	4749	4609	1470	31,89	4816	4660	1605	34,44
C	237	226	136	60,18	208	195	115	58,97
D	26483	25575	6270	24,52	26956	26240	4329	16,50

Tableau 2 : effectifs des candidats présents série C par session

Session	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Effectif	220	140	172	214	159	162	135	144	158	202	226	195

La lecture du tableau 1 et du tableau 2, montre que l'effectif des candidats série C passe de 226 en 2022 à 195 en 2023, soit respectivement 0,29% et 0,24% des candidats toutes séries confondues. La moyenne des effectifs sur la période de 2012 à 2023 est de 178, avec 226 comme mode et seulement les sessions 2012, 2015 et 2021 ont atteint la barre de 200.

Les séries scientifiques C et D couplées représentent 33,47% et 32,75% des candidats toutes séries respectivement en 2022 et 2023. On constate que les résultats sont meilleurs en C, alors qu'en D le taux est critique en 2023 malgré la reprise de l'épreuve de mathématiques.

Tableau 3 : répartition par région des classes de TC et des élèves par sexe

Régions	Nombre de TC			Effectif		
	Public	Privé	Total	filles	garçons	Total
Agadez	0	2	2	4	8	12
Diffa	0	0	0	0	0	0
Dosso	1	0	1	2	11	13
Maradi	1	0	1	2	13	15
Niamey	5	4	9	42	54	96
Tahoua	1	0	1	0	9	9
Tillabéry	0	0	0	0	0	0
Zinder	3	0	3	5	20	25
Total	11	6	17	55	115	170

On constate qu'en 2024, les élèves de TC sont au nombre de 170 au niveau national, en dessous de moyenne des douze années précédentes (178), les filles représentent 32,35%.

Ces élèves sont répartis dans 17 établissements dont 6 du privé. Niamey compte 96 élèves, suivie de Zinder 25, puis Maradi, Dosso, Agadez avec des effectifs inférieurs à 20 et Tahoua avec 9 élèves. Diffa et Tillabéry ont mis les clefs sous le paillasson il y a plusieurs années.

Sur les 96 élèves de Niamey, 42 sont des filles soit 43,75% et les élèves du privé représentent 32,30%. Le lycée ABACHE Chaibou (ex-lycée municipal) n'a pas ouvert de TC ces deux dernières années, l'année scolaire 2024-2025 non plus, il n'ouvrira pas, mais a un projet de 1ère C. Le chef d'établissement nous a confié, que le lycée a fermé la TC pour plusieurs raisons dont les contreperformances, manque d'enseignants et s'éviter l'humiliation de 0%.

D'ailleurs l'inspecteur Ny II a ordonné la fermeture des TC au niveau de Lazaret I et II pour les mêmes raisons en 2023, après deux sessions consécutives sans aucune admission. Le lycée Kassaï a été contraint de fermer sa TC en 2024 car les élèves n'étaient que trois et ont été transférés au Lycée Issa Korombé, scénario que nous avions vécu au CES de Dosso en 2009.

Les enseignants de Mathématiques et Physique de la TC Kassaï en 2023, disent avoir vécu l'année scolaire avec la « psychose du néant », mais ont échappé bel avec 20% de réussite. L'année scolaire 2024-2025, le lycée Kassaï n'ouvrira pas de terminale C.

Les élèves n'ont plus d'engouement pour les maths-physiques, nombreux pensent qu'elles n'offrent pas de meilleures opportunités et que la finalité serait l'enseignement, c'est pourquoi ils évitent la série C.

En relation avec cette réduction préoccupante des effectifs, nous envisageons une étude sur les nombres complexes. Nous avions évoqué certains problèmes que rencontre l'enseignement des mathématiques, comme le manque d'enseignants et encadreurs qualifiés, mais aussi le manque d'investissement des acteurs. Les nombres complexes revêtent un caractère spécial du fait du nouvel concept d'imaginaire i, ils sont assez fréquents dans les examens du baccalauréat, cette année pour le Bac D et 2022 pour le Bac C. Nous joignons une liste de notes obtenues par 24 élèves candidats (Zinder) au BAC C à la session 2022 où le problème portait sur les nombres complexes : 05 ; 09 ; 04 ; 07 ; 08 ; 00 ; 05 ; 08 ; 03 ; 08 ; 02 ; 05 ; 07 ; 03 ; 06 ; 03 ; 07 ; 06 ; 00 ; 09 ; 08 ; 01 ; 06 ; 09. Nous constatons qu'aucun élève n'a obtenu la moyenne à cet examen et que les notes sont faibles. Pourtant le bac est l'ultime évaluation qui sanctionne les apprentissages des élèves. Cela prouve que les enseignements et apprentissages des nombres complexes ne répondent pas aux attentes.

Notre étude prospectera des explications aux faibles performances des élèves en mathématiques à travers l'enseignement et l'apprentissage des nombres complexes en classe de terminale C.

1.2.Justification du choix du sujet :

En 2007, nous avions créé pour la première fois une TD au CES de Dosso. Après quelques séances de révision sur les équations, inéquations et polynômes, nous entamions le premier chapitre du programme.

Lorsque je portai le titre, les nombres complexes au tableau, un élève m'interrompit avec la question : monsieur, ces nombres sont-ils comme leur nom ? Je répliquai avec, expliques toi.

Alors il reformula en ces termes : « les nombres complexes sont-ils compliqués, difficiles » ?

Notre réponse était que, c'est relatif et le déroulement du chapitre tant dans les activités, les exercices et évaluations va aider chacun à avoir sa réponse. Nous abordions alors l'activité introductive suivante : 1. Résoudre dans IR, l'équation $x^2 + 1 = 0$; 2. Supposons qu'elle admette des solutions. Quelles seraient alors les conditions ? A la deuxième question, la classe resta silencieuse et muette. Après quelques orientations, les réponses attendues sont évoquées.

C'est ainsi que l'unité imaginaire « i » entre en jeu, avec la gêne conceptuelle d'un carré négatif, source éventuelle de difficulté dans l'enseignement/apprentissage des nombres complexes. Les nombres complexes sont très importants dans le programme car ils permettent l'élargissement du panel des ensembles, des résolutions et de retrouver plusieurs connaissances antérieures. Ils

peuvent être exploités sous différents registres et facilitent l'étude des similitudes. Ils sont également utilisés en physique, en électromagnétisme et en ingénierie (compression des images et audios). C'est pour toutes ces raisons que notre choix s'est porté sur ce chapitre.

1.3. Problème de recherche :

Dans le programme de mathématiques de la TC, au niveau du thème « Organisations des calculs- Calculs numériques », figure le chapitre : les nombres complexes. Cet enseignement doit contribuer à la formation générale des élèves pour une prédisposition aux études supérieures dans un esprit de culture scientifique et d'innovation. Dans le jargon éducatif, les élèves doivent être capables de :

-Définir le corps des nombres complexes ;

-Donner les différentes écritures (notations) d'un nombre complexe : algébrique, trigonométrique, exponentielle ;

-Représenter graphiquement un nombre complexe ;

-Déterminer le module et un argument d'un nombre complexe ;

-Interpréter le module et l'argument de $Z_B - Z_A$, $Z_C - Z_A$ et de $\frac{ZC - ZA}{ZB - ZA}$, Z_A , Z_B, Z_C étant des nombres complexes, dans des problèmes de distance et d'angle (alignement, cocyclicité) ;

-Reconnaitre et utiliser les formules de Moivre et Euler ;

-Linéariser un polynôme trigonométrique (degré inférieur ou égal à 5) ;

-Déterminer et interpréter géométriquement les racines n-ièmes d'un nombre complexe ;

-Résoudre des équations du second degré dans ℂ ;

-Résoudre une équation du 3eme degré connaissant une racine.

Ces objectifs assignés prouvent l'importance accordée à son enseignement, surtout qu'il requiert beaucoup de notions antérieures et est lui-même utilisé pour étudier les transformations (surtout les similitudes planes directes ou indirectes). La fréquence de son apparition dans les sujets de BAC, dont la dernière remonte à la session 2022, dénote de son importance. Ce chapitre est-il efficacement abordé pour l'atteinte des objectifs ? Les élèves, ont-ils consolidé les prérequis et acquis les connaissances nécessaires ? Pour vérifier cet état de fait, nous allons nous appuyer sur les renseignements fournis et les acquisitions des élèves, lors du test.

1.4.Question de recherche :

Pour investiguer, nous procédons à une recherche sur l'enseignement/apprentissage des nombres complexes en classe de terminale C (TC). Nous joignons les notes obtenues par des candidats au BAC C de la session 2022 où le problème portait sur les nombres complexes : 05 ;

09 ; 04 ; 07 ; 08 ; 00 ; 05 ; 08 ; 03 ; 08 ; 02 ; 05 ; 07 ; 03 ; 06 ; 03 ; 07 ; 06 ; 00 ; 09 ; 08 ; 01 ; 06 ; 09.

L'analyse des acquis des élèves ne satisfait pas aux attentes comme en témoignent les notes citées ci-haut. En effet aucun de ces élèves n'a obtenu la moyenne à cet examen. C'est dire que les nombres complexes sont mal assimilés et/ou les élèves peinent dans leurs manipulations.

La recherche des difficultés dans l'enseignement/apprentissage des nombres complexes nous conduit à poser les questions suivantes :

-les difficultés dans l'enseignement/apprentissage des nombres complexes sont-elles liées à la nouveauté de l'unité imaginaire « i » et ses diverses utilisations ?

-les difficultés dans l'enseignement des nombres complexes sont-elles liées aux compétences des enseignants ?

-les difficultés dans l'apprentissage des nombres complexes sont-elles dues à l'insuffisance des prérequis ?

1.5. Objectifs de la recherche :

1.5.1. Objectif général

Contribuer à l'amélioration de la qualité de l'enseignement/apprentissage des nombres complexes en classe de terminale C (TC).

1.5.2. Objectifs spécifiques

Les objectifs spécifiques visés sont :

-Identifier les difficultés des enseignants dans l'enseignement des nombres complexes en TC ;

-Déterminer les difficultés des élèves de TC dans l'apprentissage des nombres complexes ;

-Analyser les difficultés dans l'enseignement/apprentissage des nombres complexes en TC.

1.6. Hypothèses de la recherche :

1.6.1. Hypothèse générale

Du fait de notre vécu dans l'enseignement des mathématiques et particulièrement des nombres complexes en TC, en s'appuyant sur nos constats dans les classes, nous formulons comme hypothèse générale : « les difficultés dans l'enseignement/apprentissage des nombres complexes sont dues : à la nouveauté de l'unité imaginaire i ($i^2 = -1$) et ses diverses utilisations, au manque de compétence des enseignants et à l'insuffisance des prérequis ».

1.6.2. Hypothèses spécifiques

Les difficultés rencontrées dans l'enseignement/apprentissage des nombres complexes en TC sont dues :

Hypothèse H_1 : à la nouveauté de l'unité imaginaire i et ses utilisations.

Hypothèse H_2 : au manque de compétence des enseignants.

Hypothèse H_3 : à l'insuffisance des prérequis.

1.7. Les variables :

Notre hypothèse comporte deux variables, une variable indépendante qui est explicative et une variable dépendante qui est expliquée. Chacune d'elles possède un indicateur pour nous aider à vérifier notre hypothèse.

1.7.1. Les variables dépendantes

Il s'agit de la perception de i et des capacités acquisitions par les élèves de TC des connaissances sur les nombres complexes lors de leurs manipulations. Ce qui nous amène à vérifier :

-la perception de « i » et ses manipulations ;

-les performances des élèves ;

-les méthodes d'enseignement.

1.7.2. Les variables indépendantes

-l'introduction de l'unité imaginaire « i » ;

-la compétence des enseignants à enseigner ;

-la maitrise des prérequis par les élèves.

Chapitre II : CADRE THEORIQUE

Dans ce chapitre, nous procédons d'abord à la définition des concepts clés, suivi de la revue de littérature axée sur l'historique des nombres complexes. Nous évoquerons également certains aspects liés aux indicateurs.

2.1. Définitions des concepts

Analyse :

-Opération qui consiste à décomposer, concrètement ou en pensée un tout (objet, phénomène, communication etc.) en ses éléments constitutifs en cherchant à établir la hiérarchie et les rapports existant entre ces éléments.

-Etude minutieuse, précise, faite pour dégager les éléments qui constituent un ensemble, pour l'expliquer, l'éclairer.

-Action de décomposer un objet d'apprentissage complexe en ses éléments simples et essentiels afin d'en faciliter l'apprentissage. (dictionnaire de l'éducation, 3e édition,p60).

Apprentissage :

-Acte de perception, d'interaction et d'intégration d'un objet par un sujet. Acquisition de connaissances et développement d'habiletés, d'attitudes et de valeurs qui s'ajoutent à la structure cognitive d'une personne. Processus qui permet l'évolution de la synthèse des savoirs, des habiletés, des attitudes et des valeurs d'une personne.

- Ensemble d'activités, mis à la disposition du sujet par l'agent ou planifier par le sujet lui-même, susceptible de déclencher un processus interne chez le sujet en vue de l'atteinte des objectifs. (Dictionnaire de l'éducation, 3e édition, p 88).

Compétence :

Etymologiquement, compétence vient du latin competens qui signifie « qui va avec ».

-Capacité, habilité qui permet de réussir dans l'exercice d'une fonction ou dans l'exécution d'une tâche.

Pour ROEGIERS, X. (2000), le terme compétence signifie la possibilité, pour un individu, de mobiliser de manière intériorisée et réfléchie un ensemble intégré de ressources, en vue de résoudre une famille de situation-problèmes.

Selon LEMOINE, C. (2002), le mot compétence se réfère à la possession de caractéristiques personnelles (connaissances, habilités, attitudes) qui conduisent à une réalisation par l'adaptation à une situation dans un environnement professionnel. (dictionnaire de l'éducation,3e édition, p 248).

Didactique des mathématiques :

-Qui concerne les méthodes et les pratiques de l'enseignement ou l'enseignement à proprement parler.

-Qui est susceptible de faciliter l'enseignement apprentissage. (Dictionnaire de l'éducation 3e édition, p 403).

Selon BROUSSEAU, G. (1983). Etude scientifique de l'organisation des situations des apprentissage que vit un étudiant pour atteindre un objectif cognitif, affectif, moteur.

Difficultés :

Obstacles, entraves, handicaps.

Difficultés : Nous signifierons difficultés : conditions gênantes que l'on surmonte par quelques actions de bon sens sans avoir nécessairement recours à une technique spéciale de résolutions de problèmes, on s'accommode (Dictionnaire actuel de l'Education 3e édition, p 417). Lorsqu'un élève présente des faibles performances scolaires malgré un potentiel intellectuel normal, on le considère en difficulté d'apprentissage.

Dans ce travail, les difficultés concernent le domaine d'enseignement /apprentissage des mathématiques, elles sont axées sur plusieurs aspects et angles.

Pour Giroux, J. (2015), les difficultés d'apprentissage ne sont pas considérées sous l'angle strict de dysfonctionnements propres à l'élève. Un élève peut présenter des retards ou difficultés dans l'apprentissage de certaines notions mathématiques sans pour autant avoir un trouble d'apprentissage. Ainsi des facteurs comme affectif (manque de motivation et d'investissement), cognitif (difficultés de mémorisations) ou pédagogiques (méthode de l'enseignant) peuvent être à l'origine des difficultés des élèves.

Efficacité :

Qualité de ce qui atteint ses buts et objectifs.(dictionnaire de l'éducation,3e édition, p 338).

Enseignement :

Processus de communication en vue de susciter l'apprentissage, ensemble des actes de communication et de prises de décisions mis en œuvre intentionnellement par une personne ou un groupe de personnes qui interagit en tant qu'agent dans une situation pédagogique. (dictionnaire de l'éducation,3e édition, p 572).

Enseignement/apprentissage :

Enchainement d'étapes de transmission et d'acquisition de connaissances. Dans un processus éducatif, il doit exister un constant dialogue entre l'enseignement et l'apprentissage, ils sont complémentaires. Manière qu'emploie un enseignant pour transmettre des connaissances aux élèves en vue de leur assimilation par ces derniers. (dictionnaire de l'éducation,3e édition, p 572).

Enseignant compétent :

Enseignant qui possède un répertoire de connaissances, d'habiletés et d'attitudes ou valeurs professionnelles que l'on estime nécessaires au succès d'une pratique d'enseignement. (dictionnaire de l'éducation,3e édition, p 570).

Evaluation :

Démarche permettant de porter un jugement, à partir de normes ou de critères établis, sur la valeur d'une situation, d'un processus ou un élément donné, en vue de décisions pédagogiques ou administratives.

Pour HADJI, C. (1997), l'évaluation est une opération de confrontation, de mise en rapport, entre des attentes et une réalité. (dictionnaire de l'éducation,3e édition, p 570)

Imaginaire :

-Terme qualifiant ce qui, dans la vie psychique est de l'ordre de la rêverie, de la fiction, de fantaisie. (dictionnaire de l'éducation, 3e édition p 723).

-Dans notre étude fait allusion à i tel que i au carré égal à moins un.

Item :

Question qui se rapporte à un objectif dans une évaluation.

Nombre :

Concept de base des mathématiques, une des notions fondamentales de l'entendement que l'on peut rapporter à d'autres idées. (Le petit Robert 1, p1277).

Nombre complexe :

Un nombre qui s'écrit sous la forme a + ib où a et b sont des nombres réels et le nombre i tel que $i^2 = -1$.

Nouveauté :

-Dans le contexte de l'éducation et de la recherche, se réfère aux nouveaux concepts, méthodes ou outils introduits pour répondre aux évolutions pédagogiques et institutionnelles.

-Dans notre étude, se réfère au concept imaginaire i tel que $i^2 = -1$.

Performance :

Résultat ou ensemble des résultats obtenus à une épreuve dont les conditions ont été bien définies (dictionnaire actuel de l'éducation, 3e édition, p 1402).

Prérequis :

-Ce sont les notions dont la maitrise est indispensable pour tirer profit d'une séquence d'enseignement/apprentissage.

-Savoir ou savoir-faire indispensable pour entrer dans un apprentissage donné (Module SMASSE 2008-2009).

Profil :

Agencement ou articulation de diverses activités pédagogiques, dont la nature conduit à l'identification d'un type dans un programme ou à la constitution d'un ensemble cohérent à l'intérieur d'un programme. (Dictionnaire de l'éducation, 3e édition, p 1089).

Selon le dictionnaire Larousse, un profil est l'ensemble des traits psychologiques marquants qui définissent le type de personne adéquat pour exercer une fonction, remplir une tache. Dans le milieu éducatif, le profil signifie la discipline étudiée lors de la formation initiale.

Remédiation :

Selon Deschaux (2007), la remédiation est une activité de régulation permanente des apprentissages qui a pour objectif de pallier les lacunes et les difficultés relevées lors de l'observation et de l'évaluation des élèves, d'améliorer leurs apprentissages et de contribuer à la réduction du décrochage scolaire.

Statut :

Selon le dictionnaire Le grand Larousse illustré 2016, un statut est un texte ou ensemble de textes fixant les garanties fondamentales accordées à une collectivité, un corps, à un groupe de personnes. C'est la situation des faits de quelqu'un, d'un groupe par rapport à la société.

2.2. Revue de littérature :

C'est à la Renaissance que les quantités imaginaires ont fait leur première apparition. En 1535, Nicolo Fontana, connu aujourd'hui sous le patronyme Tartaglia, mathématicien italien, trouva la résolution des équations du 3e degré lors d'une confrontation avec un des élèves de Scipione Del Ferro, dans laquelle il leur était demandé de résoudre un certain nombre d'équations de ce type. Conscient de la richesse de cette découverte, il tait cette formule secrète plusieurs années. En 1539, un mathématicien et physicien italien du nom de Girolamo Cardano en connaissance de ce secret gardé par Tartaglia, il le persuada de lui révéler la formule contre l'assurance de lui faire rencontrer le gouverneur de Milan et lui promettant de ne jamais la révéler. Cardan développa les calculs et trouva une méthode générale, la célèbre formule de Cardan. Impatient de publier sa découverte, il brisa sa promesse faite à Tartaglia prenant prétexte de la découverte d'un carnet dans lequel Del Ferro décrivait le calcul, et ce avant que Tartaglia ne la découvrît. Des conflits s'en suivirent et Cardan refusa d'en débattre avec Tartaglia. Il laissa le soin à son élève Ludovico Ferrari, qui venait de découvrir une méthode permettant de résoudre des équations du quatrième degré, de répondre publiquement à Tartaglia. Ridiculisé lors d'un débat oratoire par Ferrari en raison de ses défauts d'élocution, Tartaglia fut renvoyé à son poste de professeur de mathématiques.

Il existe une formule universelle appelée « formule de Cardan » permettant de résoudre :

$x^3 + px + q = 0$, dont une racine est donnée par l'expression :

$$x = \sqrt[3]{\frac{-q}{2} + \sqrt{\frac{4p3 + 27q2}{108}}} + \sqrt[3]{\frac{-q}{2} - \sqrt{\frac{4p3 + 27q2}{108}}}, \text{ avec } 4p^3 + 27q^2 \geq 0$$

(si $4p^3 + 27q^2 < 0$ alors pas de solution).

C'est Bombelli, mathématicien italien (1526-1572) qui quelques années plus tard, permit de résoudre les équations du 3e degré. A l'époque, il travaillait sur l'équation : $x^3 = 15x + 4$.

Il appliqua la méthode de Cardan à cette équation et obtint la solution :

$x = \sqrt[3]{2 + \sqrt{-121}} + \sqrt[3]{2 - \sqrt{-121}}$. Nous savons aujourd'hui que nous ne pouvons écrire de telles expressions, mais à l'époque les mathématiques n'étaient pas aussi rigoureuses qu'elles ne le sont aujourd'hui, et ce résultat traduit simplement la « solution » que Bombelli avait obtenue en appliquant la formule de Cardan à l'équation : $x^3 = 15x+4$. Bombelli était perplexe face à ce résultat. En effet il savait que 4 est une solution et pourtant la méthode de Cardan ne permettait pas de la voir. C'est alors qu'il décida de contourner l'obstacle face auquel il se trouvait en procédant comme si « la racine carrée de -121 » était un nombre comme les autres. Il comprit que l'expression étrange donnée par la formule de Cardan est un nombre réel, seulement écrit d'une manière qui ne lui était pas familière. Bombelli observa que si la solution donnée par Cardan est réelle alors c'est que $\sqrt[3]{2 + \sqrt{-121}}$ et $\sqrt[3]{2 - \sqrt{-121}}$ sont conjugués. En d'autres mots, si a et b désignent des nombres réels tels que :

$\sqrt[3]{2 + \sqrt{-121}} = a + b\sqrt{-1}$ et $\sqrt[3]{2 - \sqrt{-121}} = a + b\sqrt{-1}$ alors $x = 2a$ désigne une solution bel et bien une solution réelle. Dans ces conditions et après calculs, Bombelli en vient à considérer qu'a était égal à 2 et que b était égal à 1. Ainsi il fit la conclusion que : $\sqrt[3]{2 + \sqrt{-121}} = 2 + \sqrt{-1}$ et $\sqrt[3]{2 - \sqrt{-121}} = 2 - \sqrt{-1}$. Ce faisant, il put écrire l'expression de la solution de l'équation $x^3 = 15x + 4$ sous la forme $x = 2 + \sqrt{-1} + 2 - \sqrt{-1} = 4$ obtint la valeur espérée.

Plus tard, dans son œuvre intitulée « La géométrie », René Descartes, mathématicien, physicien et philosophe français du XVIIe siècle, développa l'idée selon laquelle, il n'est pas absurde d'imaginer que toute équation polynomiale possède un nombre égal au degré de son polynôme correspondant, mais que toutefois ces racines imaginaires n'ont toujours leur pendant en nombres réels. Dans les années 1670, Gottfried Wilhelm Leibniz nota l'étonnante :

$\sqrt{1 + \sqrt{-3}} + \sqrt{1 - \sqrt{-3}} = \sqrt{6}$, ce qui contribua à l'enrichissement de la théorie des imaginaires. Vint ensuite la période d'Euler, mathématicien suisse (1707-1783) qui n'avait aucune crainte à utiliser les nombres complexes dans ses calculs. Il ne se souciait guère de démontrer des résultats qui lui semblaient intuitifs et c'est notamment pour cela qu'il éprouva de grandes difficultés à expliquer et à définir les nombres imaginaires. Euler était seulement capable de dire que la racine carrée d'un nombre négatif ne peut être comparée à 0. Il nota qu'étant donné que la racine carrée d'un nombre négatif ne pouvait être reconnu comme un nombre possible,

c'est qu'elle devrait être un nombre impossible, imaginaire qui n'existe que dans notre imagination. A la fin de sa vie 1777, Euler éclaira la dernière notation ambigüe $\sqrt{-1}$ en la remplaçant par la lettre i. Jusqu'alors les nombres complexes n'avaient pas d'interprétation géométrique. Nous le devons à John Wallis, mathématicien anglais (1616-1703), la première notion d'une correspondance entre les nombres complexes et les points du plan. Néanmoins ces idées n'eurent exercées aucune influence sur les mathématiciens de son époque. C'est le norvégien Caspar Wessel (1745-1818) qui la première fois, représenta les points du plan comme des nombres complexes et contrairement à son homologue anglais, ses résultats eurent plus d'impact dans le monde des mathématiques. Il introduisit un axe imaginaire orthogonal à l'axe des réels et interpréta les vecteurs comme des nombres complexes. Seulement malgré ses considérables résultats, son travail resta discret jusqu'à sa traduction en français en 1897. Début XIXe siècle, un comptable suisse du nom Jean Robert Argand présenta une autre représentation des nombres complexes.

Carl Friedrich Gauss, astronome, mathématicien et physicien allemand (1777-1835) permit aux nombres complexes une place importante dans le domaine de la science et éclaira la théorie de la géométrie des nombres complexes. En 1831, il publia son ouvrage intitulé « Théoria Residorum Biquadraticorum » pour que la diffusion de la théorie des nombres complexes se produise. Ensuite, c'est le français Augustin-Louis Cauchy qui approfondit l'étude tant algébrique que géométrique (« Cours d'Analyse de l'Ecole Royale Polytechnique », 1821). C'est en 1835 que Sir William Rouan Hamilton établit la définition d'un nombre complexe comme étant une paire ordonnée de nombres réels. Il posa également la définition des opérations d'addition et de multiplication de nombres complexes de façon que les lois de distributivité, d'associativité et de commutativité furent conservées.

Cette définition constitua un réel tournant dans l'interprétation des nombres complexes et elle est encore bien présente de nos jours. Après cela, les nombres complexes furent rapidement utilisés en physique, ainsi en 1823, Fresnel utilisait déjà les nombres complexes dans sa théorie sur la réflexion totale. De nos jours, les nombres complexes sont partout en physique comme dans les équations de base de la mécanique quantique. Les nombres complexes ou encore les nombres impossibles comme ils étaient désignés à l'époque, se sont développés de plus en plus, prenant une place importante en science et en ingénierie. Les questions philosophiques sous-jacentes que se posaient les mathématiciens de l'époque n'ont désormais plus lieu d'être, c'est pourquoi les scientifiques d'aujourd'hui utilisent ces nombres complexes sans se poser de questions, avec confiance et conviction.

2.3. Introduction du nombre imaginaire i

Dans les commentaires du programme officiel (Programme Maths définitif corrigé du collège et du lycée, 2019), l'instruction donnée en rapport à l'introduction de i, repose en général sur la phrase suivante : « *Dans tout ce chapitre on suppose qu'il existe un nombre imaginaire i qui vérifie : i au carré est égal à moins un* », ceci bien entendu lors de l'introduction préalable à la leçon. Or cela crée un malaise de logique mathématique. Un nombre complexe z, est un nombre écrit sous la forme z = a + ib avec a et b des nombres réels et $i^2 = -1$. L'ensemble de tous les nombres complexes est noté ℂ. Après un déséquilibre et une perturbation de ses connaissances institutionnalisées, l'élève doit vite oublier cette séquence scolaire et se lancer dans l'application des techniques algébriques de résolutions. Ce qui n'est pas évident, surtout qu'il a à faire à un nouvel vocabulaire et des nouvelles tâches diverses avant même de les incorporer.

2.4. Méthodes d'enseignement

L'enseignement des mathématiques doit être adapté à l'environnement socioculturel de l'élève : il s'agit de donner le plus que possible du sens aux concepts mathématiques.

La méthode participative (active) doit être pratiquée :

-l'élève est mis dans une situation de recherche et peut-être amener à manipuler ou à construire des objets ;

-l'élève est appelé raisonner, à découvrir par lui-même les propriétés et dans la mesure du possible, à les démontrer ;

-l'élève est associé à la formulation de ces propriétés sous la forme orale, écrite ou graphique.

Telles sont les orientations pédagogiques de l'enseignement des mathématiques au cycle de base II et moyen, mais la réalité est toute autre. Etant élève nous l'avons vécu, les enseignements étaient théoriques et dispensés par la méthode magistrale, à la guise de l'enseignant.

Seuls les enseignants nantis d'une formation pédagogique avaient une idée de la méthode active préconisée. C'est à travers l'Agence Japonaise de Coopération Technique (JICA) en 2006, qu'on va entreprendre la formation des enseignants à cette méthode sous le projet « Amélioration de l'Enseignement des Mathématiques et Sciences au Niger, au Secondaire » (SMASSE-NIGER). Ce dernier est articulé sur la formation continue des enseignants, des conseillers pédagogiques de mathématiques et de sciences en utilisant des modules restreints conçus sur la pédagogie, la pratique de situation de classe. En dépit de ces formations, beaucoup enseignants peinent à appliquer la méthode active pour plusieurs raisons. D'ailleurs la majorité des enseignants n'ont pas bénéficié de ces formations jusqu'à la fin du projet.

2.4. Statut et profil des enseignants

Un enseignant, quel que soit sa discipline doit avoir des connaissances solides et une bonne approche dans l'exercice de sa fonction. Être professeur de mathématiques, exige plus, il faut être « calé », serein et déterminé afin de trouver les moyens de mettre en confiance les élèves et les encourager, surtout que la majorité redoutent la matière ou ont leurs préjugés.

L'enseignant doit être qualifié. La qualification requiert plusieurs facteurs, académiques, psychologiques, pédagogiques et économiques. L'enseignant doit avoir une formation de base en mathématiques, mais aussi une formation en pédagogie et une expérience avérée en pratique de classe avec des bonnes conditions socio-économiques.

Au Niger, les enseignants de mathématiques qualifiés sont les professeurs, pourvus du Diplôme d'Aptitude Pédagogique pour la fonction de Professeur de Collège (DAP/PC) et du Certificat d'Aptitude Pédagogique au professorat de l'Enseignement Secondaire (CAPES) ou du Master Professionnel au Professorat de l'Enseignement Secondaire. Ces professeurs qui constituent le prototype idéal d'enseignants sont formés à l'Ecole Normale Supérieure (ENS) en petites vagues à travers des concours.

D'ailleurs une enquête exécutée par la DFIC en 2018, révèle que seuls, 7,44 % des enseignants ont le profil requis. De plus le statut est déterminant, car la majorité des enseignants sont des contractuels, des appelés du service civique national, peu rémunérés, peu motivés et nantis de diplômes de tout genre.

2.5. Les nombres complexes dans le programme d'enseignement :

Les nombres complexes sont dans le programme de mathématiques abordés seulement dans les terminales scientifiques (C, D, E, F_3). Les nombres complexes permettent de résoudre des équations de degré trois (3) ou quatre (4) et parachèvent la théorie des ensembles des nombres. Ils ont des liens avec la résolution des équations différentielles, du calcul intégral, des similitudes planes directes ou indirectes.

Au niveau du supérieur, en algèbre, le corps des nombres complexes est dit algébriquement clos. Le théorème de d'Alembert-Gauss énonce qu'un polynôme non constant possède toujours au moins une racine.

En analyse complexe, l'exponentielle permet l'étude des séries de Fourrier et des fonctions dérivables au sens complexes, appelées fonctions holomorphes.

En physique, ils sont utilisés en mécanique quantique, en aérodynamique, en électricité et en électromagnétisme.

En ingénierie, ils sont utilisés dans le traitement de signal, la compression d'images, d'audios ; ils sont donc à la base de tous ces téléchargements, en cette ère de NTIC.

2.6. Aspects relatifs aux difficultés d'enseignement et apprentissage des nombres complexes

Dans le cadre scolaire, la notion de difficulté est perçue comme une insuffisance de performance par rapport à des attendus lors des apprentissages. C'est un écart à la norme sur le plan cognitif et disciplinaire.

L'insuffisance de bases solides et de motivation des élèves est perçue comme facteur de difficulté, le plus déterminant dans l'apprentissage.

En effet, Amadou, S. (2007), précise que les difficultés des élèves dans la maitrise des objectifs enseignés sont fonction entre autres, de leurs niveaux de maitrise des prérequis mathématiques qui constituent des objectifs dans les classes antérieures.

Pour Makaou, A. (2019), la faible performance des élèves réside sur la non-maitrise des prérequis et le manque de qualification des enseignants.

Pour Chipkao, C. (2022), les difficultés liées à l'enseignement/apprentissage sont dues au manque de qualification des enseignants, à l'insuffisance des manuels et au non-respect des consignes officielles.

Pour Hammou, S (2004), les performances des élèves dans les activités sont en partie liées à la manière dont les enseignants introduisent la notion.

Dans un article, GHEDAMSI Imène et TANAZEFTI Raja. (Septembre 2015), ont montré que l'introduction des nombres complexes en fin de lycée est généralement accompagnée d'un bouleversement conceptuel lié à l'obligation d'accepter l'existence d'un nombre dont le carré est négatif.

Les diverses représentations des nombres complexes, auxquels il est difficile d'associer des mesures ou un modèle concret, complexifient le travail des élèves.

Dans un article, HILDA Rosseel et MAGGY Schneider (revue PETIT X 63.complexes.pdf), ont montré que ce qui rend difficile l'apprentissage des nombres complexes, il y a du fait, qu'ils s'écrivent avec des paires des lettres, a+ib, ou x+iy et de fois avec des nombres et des lettres, 2-i$\sqrt{3}$, -3+4i, ce qui trouble la perception des élèves.

Chapitre III : Méthodologie

3.1. Type de recherche

Dans le cadre de notre recherche sur l'enseignement et l'apprentissage des nombres complexes en classe de terminale C, l'approche méthodologique que nous allons utiliser est la méthode quantitative. Selon Legendre (2005), la recherche quantitative est celle « qui préconise l'utilisation d'instruments de mesure pour préciser les observations ainsi que l'utilisation des méthodes statistiques pour objectiver l'analyse et l'interprétation des résultats » (p. 1155). C'est une méthode expérimentale à démarche déductive. Elle repose sur la démonstration des liens de cause à effets entre les différentes variables, en s'appuyant sur le recueil de données numériques.

3.2. Présentation du champ d'étude

3.2.1. Justification du choix du champ d'étude

Après un regard sur la terminale C au niveau national, à titre illustratif. Nos investigations se sont limitées à la région de Niamey.

Ce choix a été motivé par notre expérience en tant qu'enseignant et que plus de la moitié des effectifs des TC sont à Niamey.

La Direction Régionale de l'Education Nationale, de l'Alphabétisation, de l'Enseignement Professionnel et de la Promotion des Langues Nationales (DREN/A/EP/PLN) a été créée par Ar n°0184 /MEN/A/EP/PLN/SG du 7 décembre 2023 portant organisation des services déconcentrés dudit ministère. La DREN/A/EP/PLN est une circonscription administrative et de gestion qui regroupe l'ensemble des services et établissements publics et privés relevant du ministère à Niamey. Elle a pour mission la coordination de la mise en œuvre des politiques et des stratégies nationales en matière d'Education, d'Alphabétisation, d'Enseignement Professionnel et de la Promotion des Langues Nationales au niveau de la région. Pour le compte de l'enseignement secondaire général, il y a une Inspection Régionale de l'Enseignement Secondaire Général (IRESG) et cinq Inspections de l'Enseignement Secondaire Général (IESG) dont une dans chaque arrondissement communal.

La région a à sa charge 348 établissements du secondaire parmi lesquels on dénombre 86 du public soit 24,7%. Dans tous ces établissements, seuls neuf (9) possèdent une terminale C dont quatre du privé. L'effectif total des élèves de TC est 96 soit 56,5% de l'effectif national.

Tableau 4 : répartition des TC par IESG

Inspection	IESG NY I	IESG NY II	IESG NY III	IESG NY IV	IESG NY V
Nbre de TC	3	1	1	3	1

3.2.2. Population cible

Nous avons mené nos investigations dans les établissements secondaires qui ont une expérience de la TC dans la région de Niamey.

Du fait de notre pré-enquête, ils sont au nombre de quatorze (14), mais au titre de l'année scolaire 2023-2024, il n'y a que neuf (9) établissements qui possèdent une terminale C. Le CSP Bakaye, le lycée ABACHE Chaibou, les CES Lazaret, le CES Aéroport et le LEG Kassaï ont tous une expérience de la terminale C.

Tableau 5 : répartition des élèves de TC de Niamey par établissements et par sexe

Etablissement		CM	EV	IBDR	LEX	LIK	Maarif	CES RD1	PMN	TA	Total
Effectif	F	6	6	3	10	3	0	5	1	8	42
	G	8	0	0	9	11	4	9	3	10	54
	Total	14	6	3	19	14	4	14	4	18	96

C'est donc l'ensemble des élèves au nombre de 96 de ces terminales C qui constitue notre première cible d'étude.

La deuxième population cible est constituée par les enseignants de mathématiques qui interviennent dans ces terminales C ou qui ont une expérience de la terminale C.

3.2.3. Echantillonnage

Notre échantillon est logiquement composé des élèves de TC de la région de Niamey au titre de l'année scolaire 2023-2024 et de leurs enseignants, en plus nous avons ajoutés les enseignants qui ont une expérience de la TC.

En résumé, ce sont 96 élèves et 21 enseignants recensés.

3.3. Technique et outils de recherches

3.3.1. Technique

La technique que nous avons adoptée, est l'enquête par questionnaires et par observations.

3.3.2. Outils de recherches

Lors de nos investigations, nous avons utilisé trois outils. Les premiers sont les questionnaires dont l'ensemble des questions est du type fermé, certains sont destinés aux enseignants et d'autres aux élèves. Ces questionnaires vont nous permettre de collecter des données afin de

bien mener notre recherche. Notre deuxième outil est une grille d'observation structurée avec des items. Il est notre support pour la vérification des cahiers de textes. Le troisième est le test de niveau comportant le contrôle des prérequis et les objectifs attendus relatifs à l'étude des nombres complexes. Il nous permettra d'établir le niveau de maitrise des objectifs ou compétences.

Le test :

Les tests sont des situations standardisées qui sont proposés aux sujets pour évaluer des aspects tels que leurs aptitudes, leurs performances. Nous nous appuyons sur un test critérié, on appréciera le niveau de performance des élèves en les confrontant à une série items portant sur les objectifs pédagogiques qui sont censés être atteints. Le test permettra d'établir le niveau de maitrise des objectifs et compétences.

Le test est composé de deux exercices. Le premier comporte douze (12) items dont cinq (5) en rapport avec les prérequis et sept (7) en rapport avec les notations des nombres complexes.

Le deuxième comporte dix (10) items en rapport avec le reste des objectifs visés dans l'apprentissage des nombres complexes.

Nous avons prévu quatre niveaux tant pour les prérequis que pour les objectifs qui sont :

-Niveau 1 (seuil critique) pour tout élève ayant répondu correctement à au plus un (1) item de prérequis ou au plus quatre (4) items des objectifs ;

-Niveau 2 (en voie apprentissage) tout élève ayant répondu correctement à deux (2) items de prérequis ou entre cinq (5) et huit (8) items des objectifs ;

-Niveau 3 (en voie de maitrise) tout élève ayant répondu correctement à trois (3) items de prérequis ou entre neuf (9) et douze (12) items des objectifs ;

-Niveau 4 (seuil de maitrise) tout élève ayant répondu à au moins quatre (4) items de prérequis ou au moins treize (13) items des objectifs.

En résumé, en termes de notes chiffrées, tout élève ayant obtenu une note comprise entre :

- [0 ; 6[est du niveau 1 ou seuil critique ;
- [6 ; 10[est du niveau 2 ou en voie d'apprentissage ;
- [10 ; 14[est du Niveau 3 ou en voie de maitrise ;
- [14 ; 20] est du Niveau 4 ou seuil de maitrise.

Le questionnaire pour enseignant :

Ce questionnaire est structuré en trois parties. La première renseigne sur l'identification de l'enseignant en lien avec son ancienneté, son statut, son diplôme et sa formation de base. La deuxième comporte 13 questions fermées et nous renseigne sur les aspects liés à

l'enseignement des nombres complexes en fonction de nos hypothèses. La dernière est axée sur l'évaluation des apprentissages et l'encadrement à travers 6 questions.

Le questionnaire pour élève :

Ce questionnaire comporte également trois parties. La première partie renseigne sur l'établissement, le genre, la situation scolaire et la classe de l'élève. La deuxième est composée de 14 questions du type fermé en lien avec les aspects relatifs à l'apprentissage des nombres complexes. La troisième est relative à l'évaluation et nous éclairera sur les niveaux d'acquisitions des élèves.

La grille de lecture des cahiers de textes :

Le quatrième outil est une grille de lecture des cahiers de textes. Celle-ci est composée de six questions sur des points à analyser. Nous aurons un regard sur la méthode, les points d'apprentissage, les exercices et évaluations et le volume horaire entre-autre. Elle nous permettra de faire un constat en rapport avec les informations fournies par les élèves et enseignants.

3.4. Collecte des données :

3.4.1. Passation des questionnaires

Pour faciliter notre recherche, nous avons émis une requête auprès du Directeur Régional de l'Education National, afin d'obtenir une autorisation d'accès à nos cibles d'étude. Le document en main, nous avons rendu visite à chacun des cinq inspecteurs responsables des IESG des arrondissements communaux, pour les informer de notre démarche. C'est ainsi que, nous nous sommes rendus progressivement dans les établissements concernés pour distribuer les questionnaires. Dans certains établissements, nous avons eu 5 minutes pour expliquer l'objet de notre visite et remettre personnellement lesdits questionnaires, tout en fixant une échéance pour les récupérer. Au total, nous avons passé 21 questionnaires pour les enseignants et 96 pour les élèves. En retour, nous avons eu 16 questionnaires pour enseignants et 73 pour les élèves dont 67 exploités.

3.4.2. Le test

L'organisation du test a été délicate à cause du contexte de fin d'année, néanmoins nous avons fait usage de nos relations pour le réaliser. Ainsi, dans deux établissements, nous l'avons administré et surveillé personnellement. Dans trois autres établissements, ce sont les enseignants eux-mêmes qui l'ont réalisé. Pour le reste, c'était laissé à l'appréciation de l'administration. En résumé, nous avons pu obtenir 65 copies, que nous avons corrigées.

3.5. Saisie et traitement de données :

Après le dépouillement, nous avons passé au traitement manuel de toutes les données recueillies avant de les saisir sur Word, Excel ; le traitement a été effectué sur le logiciel ODK collect.
Les résumés du traitement de ces données sont interprétés en vue d'éclairer ces résultats en lien avec nos hypothèses.

3.6. Difficultés rencontrées :

Notre recherche a eu lieu dans un contexte de fin d'année. Période dans laquelle, sont effectués les derniers réglages tant pour l'administration, les enseignants que pour les candidats. Cela a favorisé certaines difficultés dont entre-autres :

- absence de collaboration franche pour l'organisation du test dans certains établissements ;
- manque d'attrait et d'investissement des élèves pour le test ;
- plusieurs rencontres et programmations avortées ;
- plusieurs questionnaires peu renseignés ou non remis.

Chapitre IV : Présentation, analyse et interprétations des données

4.1. Résultats des questionnaires destinés aux enseignants :

4.1.1. Identification des enseignants

A ce niveau, il s'agit de recueillir des renseignements, sur : l'établissement, le genre, l'ancienneté, le statut, le profil et le volume horaire.

Tableau 6 : répartition des enseignants ayant répondu par établissement

Etablissements	Nombre d'enseignants ayant repondu
CSP Eau Vive	1
CSP Ibadourrahaman	1
CES Rive Droite	1
CES Lazaret	1
Lycée Issa Korombé	1
Lycée Kassaï	2
Lycée d'Excellence	3
CSP Maarif	1
Collège Mariama	1
Prytanée Militaire	3
CSP Tayamana	1
Total	16

Nous signalons que ces données ont été obtenues lors de nos différentes visites dans ces établissements et qu'il n'y a aucune femme parmi les enseignants. Il faut noter qu'au départ nous avions prévu 21 du fait de notre pré-enquête.

La moyenne des volumes horaires des enseignants est égale à 15,32 H, avec deux enseignants qui ont 20 H et deux autres avec 8 H dont un chef d'établissement.

4.1.1.1. Statut des enseignants

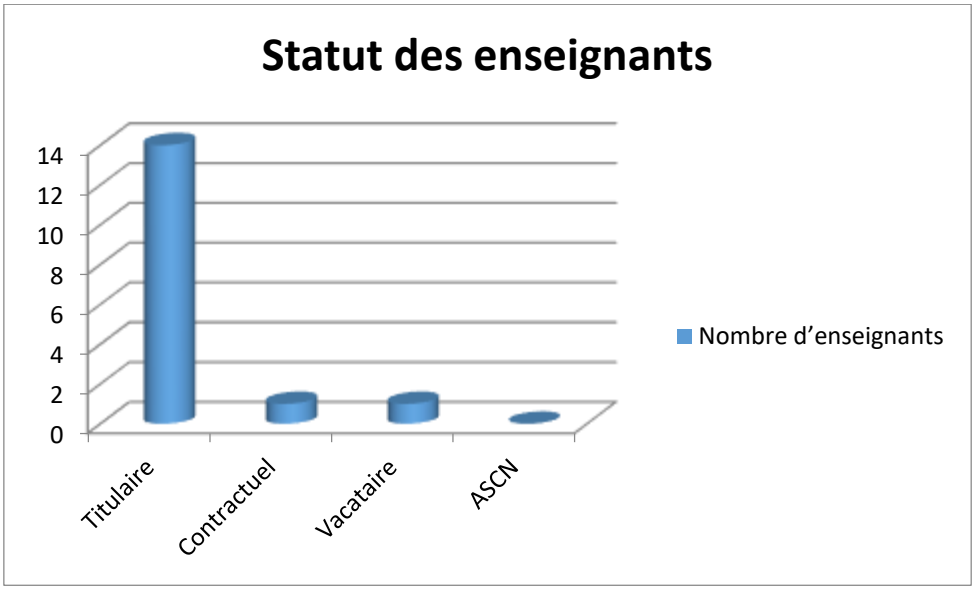

Figure 1 : répartition des enseignants de TC par statut

Cette figure montre que 14 enseignants sont des titulaires soit 87,5%. Il faut noter qu'il y a un seul contractuel et un vacataire. Cela prouve que la majorité des enseignants de TC, ont une rémunération acceptable et un plan de carrière. Ces conditions socioéconomiques favorables peuvent exercer une influence sur la qualité de l'enseignement.

4.1.1.2. Diplômes des enseignants

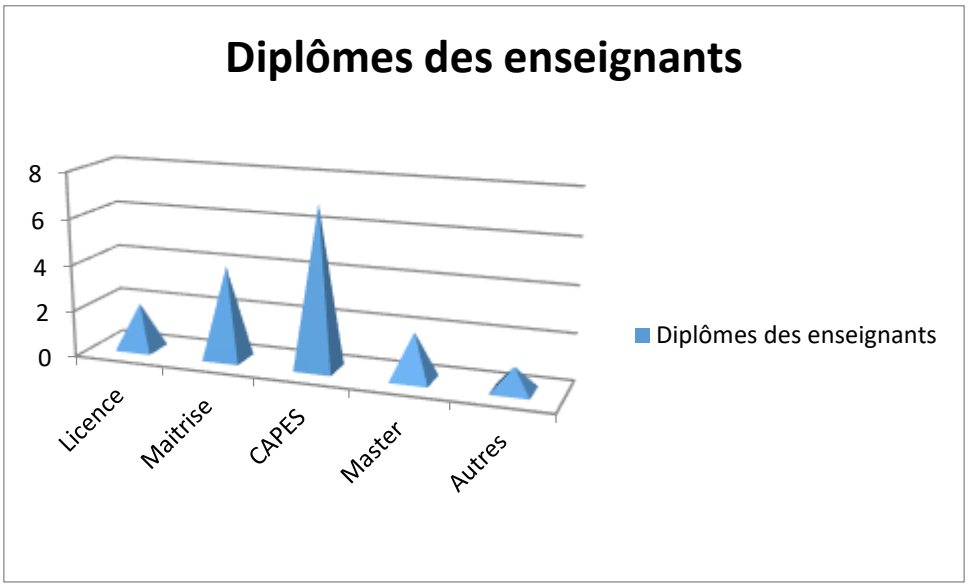

Figure 2 : répartition des enseignants de TC par diplômes

La figure 2, nous permet de lire que sept enseignants ont le CAPES, quatre la Maitrise, deux le Master, deux la Licence et un seul a mis autre (ingénieur). A ce niveau aussi, les enseignants ont en majorité le diplôme requis pour tenir la terminale C.

4.1.1.3 : Ancienneté dans l'enseignement

Dans le cadre éducatif, l'ancienneté est déterminée par le nombre d'années dans l'enseignement. L'expérience est généralement assimilée à l'ancienneté.

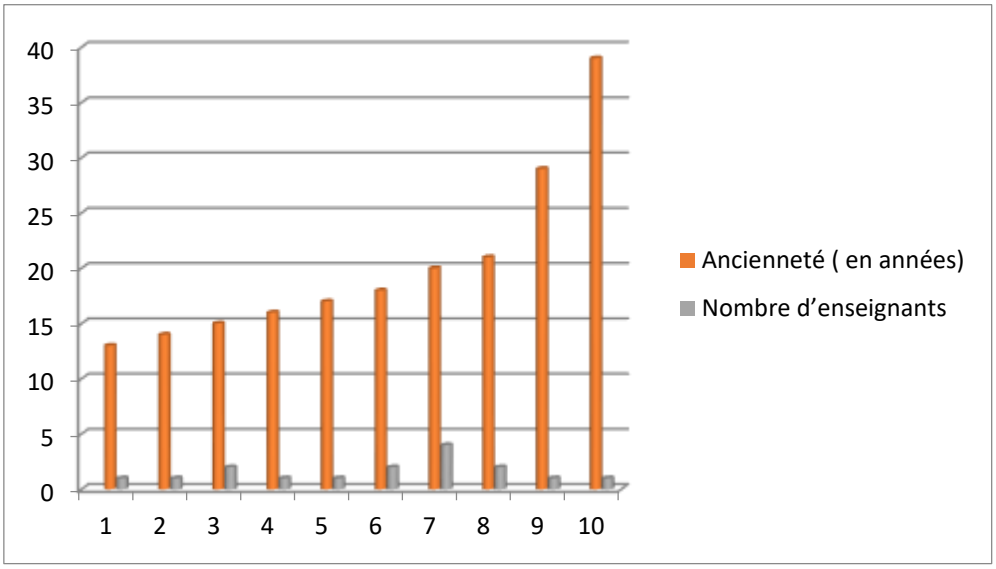

Figure 3 : répartition des enseignants de TC par ancienneté

La Figure 3, nous permet de constater que les enseignants de TC sont expérimentés et aptes à surmonter les difficultés dans l'enseignement. En effet, l'expérience professionnelle est un atout majeur qui influence l'apprentissage des élèves. La moyenne de l'ancienneté est de 19,875 (environ 20 ans), avec une expérience minimale de 13 ans et maximale de 39 ans. Nous ouvrons une parenthèse pour rendre hommage, à ces vétérans toujours dynamiques et déterminés, qui sont encore dans les classes.

4.1.1.4. Profils de formation des enseignants

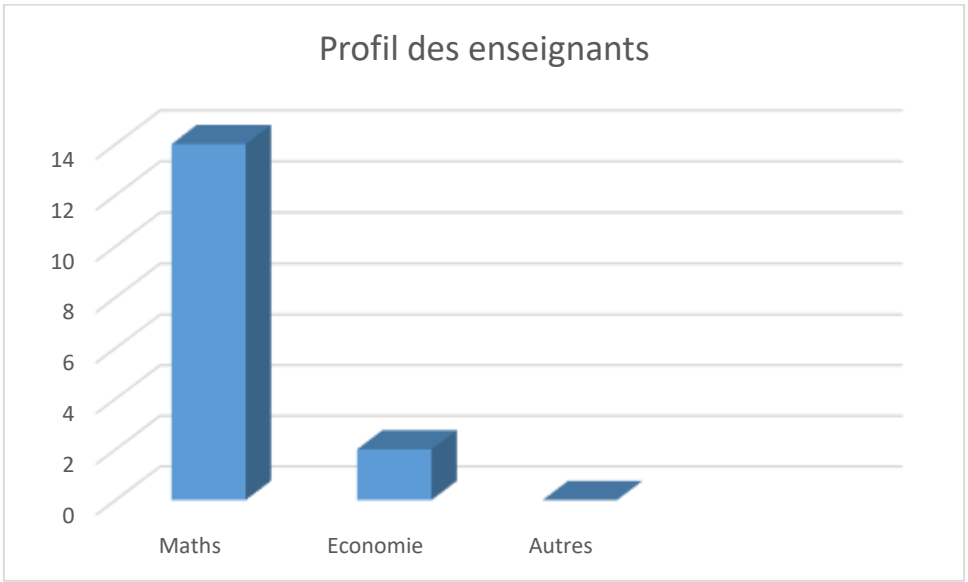

Figure 4 : répartition des enseignants de TC en fonction de leurs profils

De l'analyse de cette figure 4, il ressort que 14 enseignants, parmi les16 enseignants de terminale C ont leurs formations en mathématiques et les deux restants, leurs formations en économie.

Ces résultats montrent qu'actuellement 87,5% des enseignants de mathématiques des classes de TC ont le profil maths, ce qui présage en principe une bonne qualité de l'enseignement dispensé par ces derniers.

4.1.1.5 : Ancienneté et profils des enseignants

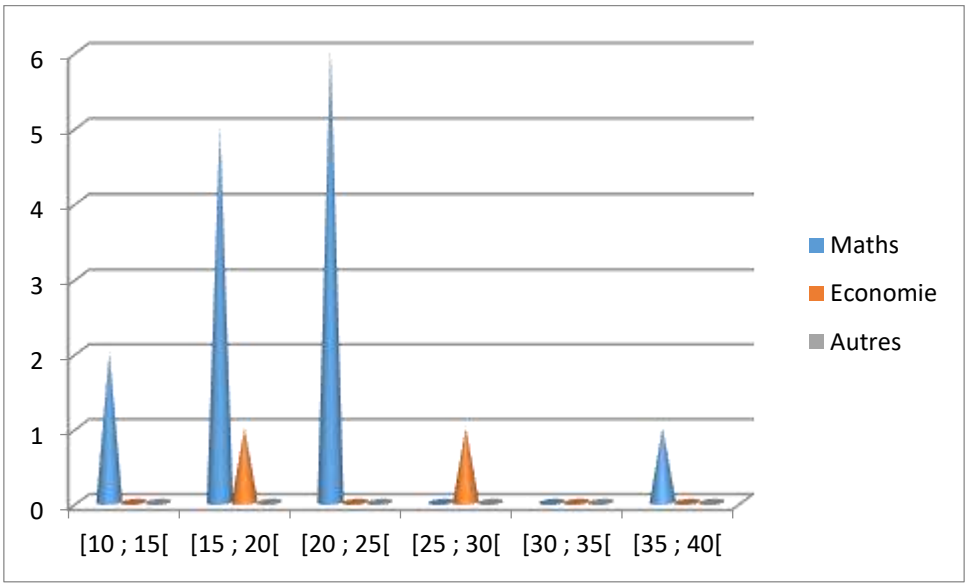

Figure 5 : répartition des enseignants en fonction de leurs anciennetés et de leurs profils

La figure 5 met en relation l'ancienneté et le profil de formation des enseignants. Les tranches d'âge sont d'amplitude cinq et on lit une classe modale qui est la classe [20 ; 25[avec un effectif de six. Nous constatons que les deux enseignants qui ont une formation en économie sont dans la classe [15 ;20[et la classe [20 ;25[de la tranche d'âge. En résumé, de cette lecture, il ressort que la majorité des enseignants de mathématiques ont les compétences nécessaires pour tenir la TC. En effet, 87,5% ont une formation en mathématiques avec une moyenne d'ancienneté de 20 ans.

4.1.1.6. Rapport entre profil et diplôme des enseignants

Tableau 7 : rapport entre profils et diplômes des enseignants

Profil/Diplôme	Licence	Maitrise	Master	CAPES	Autres
Maths	2	2	2	7	1
Économie	0	2	0	0	0
Autres	0	0	0	0	0
Total	2	4	2	7	1

Dans ce tableau, la majorité des enseignants ont reçu leurs formations en mathématiques,14 sur 16 soit 87,5% des enseignants. Parmi ces derniers, on compte sept qui ont le CAPES et deux le Master. Ces neuf enseignants ont non seulement une formation disciplinaire mais aussi une formation pédagogique, ils sont le type d'enseignants souhaités pour un enseignement de qualité. Ces commentaires donnent en principe, une idée de la qualité de l'enseignement dispensé aux élèves de TC.

4.1.2. Renseignements sur l'enseignement des nombres complexes

A ce niveau, nous allons nous appuyer sur les indicateurs suivants :

-la perception de « i » et ses manipulations ;

-les méthodes d'enseignement ;

-la prise en charge des prérequis et la remédiation.

Ces indicateurs, nous aiderons à vérifier les pratiques pédagogiques en classe et les informations tirées éclaireront nos hypothèses H_1, H_2 et H_3.

4.1.2.1. Perception de « i » et ses manipulations

Nombreux sont ce qui se rappellent encore cette phrase « Dans tout ce chapitre, on admet qu'il existe un nombre imaginaire noté i, tel que : $i^2 = -1$ ». Ceci a fait réfléchir, à bousculer, à perturber du point de vue conceptuel plusieurs élèves et enseignants. En réponse à la question : L'introduction de i perturbe-t-elle les élèves ?

Nous avons obtenu les réponses suivantes résumées dans la figure suivante :

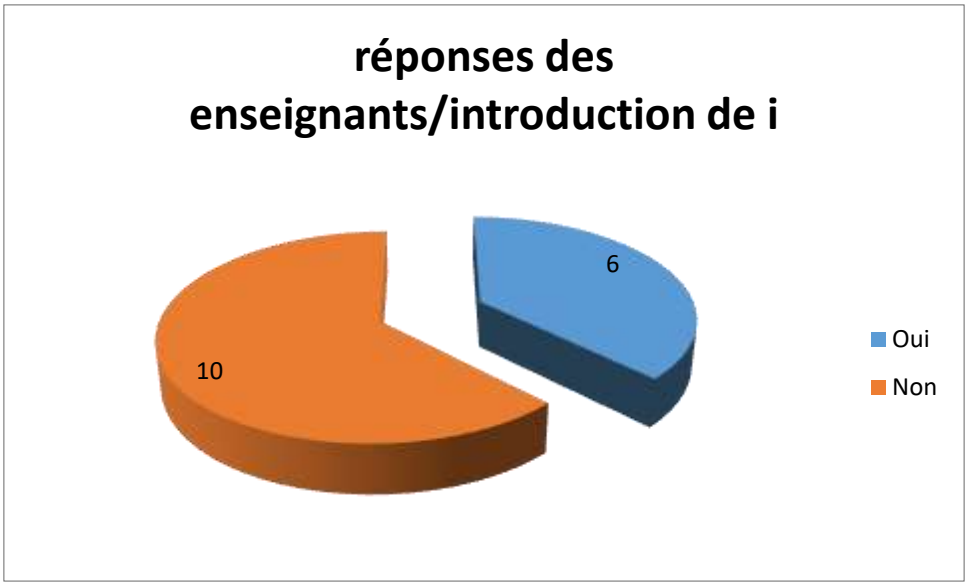

Figure 6 : répartition des enseignants par rapport à la perturbation liée à l'introduction de i

La lecture de la figure 6, nous fournit les informations suivantes :

- six enseignants ont répondu oui soit 37,5%, alors que les dix autres ont répondu non.

C'est dire que la proportion des enseignants qui estiment qu'il y a une gêne conceptuelle est considérable. D'ailleurs à l'unanimité, les six enseignants ont dit que c'est à cause de la nouveauté de i traduite par un carré négatif.

Dans le classement du plus facile un (1) au plus difficile huit (8), nous avons obtenu les propositions suivantes résumées dans un tableau. Pour faciliter, nous avons utilisé les éléments suivants : profs (de P1 à P16 pour indiquer les enseignants) et OV (objectif visé de O1 à O8).

-O1 : forme algébrique et conjugué d'un nombre complexe ;

-O2 : déterminer le module et un argument d'un nombre complexe non nul ;

-O3 : formes trigonométrique et exponentielle d'un nombre complexe non nul ;

-O4 : interpréter le module et un argument de $Z_B - Z_A$; $(Z_C - Z_A) / (Z_B - Z_A)$ et les utiliser pour résoudre des problèmes ;

-O5 : utiliser les formules de Moivre, d'Euler et linéarisation ;

-O6 : déterminer et interpréter les racines les racines nièmes d'un nombre complexe ;

-O7 : résoudre une équation du second degré ;

-O8 : résoudre une équation de degré 3 ou 4 avec des indications.

Tableau 8 : répartition des réponses des enseignants en fonction des éléments

Prof / OV	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6	P 7	P 8	P 9	P1 0	P1 1	P1 2	P1 3	P1 4	P 5	P1 6	T
O1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
O2	2	2	3	2	2	2	2	5	2	2	2	4	3	2	1	3	39
O3	3	5	4	3	4	3	3	2	3	3	3	2	2	3	3	4	50
O4	7	6	7	7	8	7	8	4	4	6	6	7	4	7	6	8	102
O5	8	3	6	6	6	4	4	8	5	8	7	8	8	8	7	7	103
O6	6	7	8	8	7	8	5	3	8	7	8	6	7	6	8	6	108
O7	4	4	2	4	3	5	6	6	6	4	4	5	5	4	4	2	68
O8	5	8	5	5	5	6	7	7	7	5	5	3	6	5	5	5	89

De la lecture du tableau 9, nous retenons que les objectifs perçus comme difficiles sont dans l'ordre :

- l'objectif O6, relatif aux racines nièmes avec un total de 108 ;
- l'objectif 05, relatif aux formules de Moivre, d'Euler et linéarisation avec 103 ;
- l'objectif O4, relatif aux interprétations de module et argument en vue de résoudre des problèmes avec 102 ;
- résoudre une équation de degré trois ou quatre avec des indications dont le total de points est 89.

Cependant de manière unanime le plus facile des objectifs est O1 relatif à la forme algébrique et au conjugué d'un nombre complexe.

En ce concerne les erreurs des élèves observons la figure suivante :

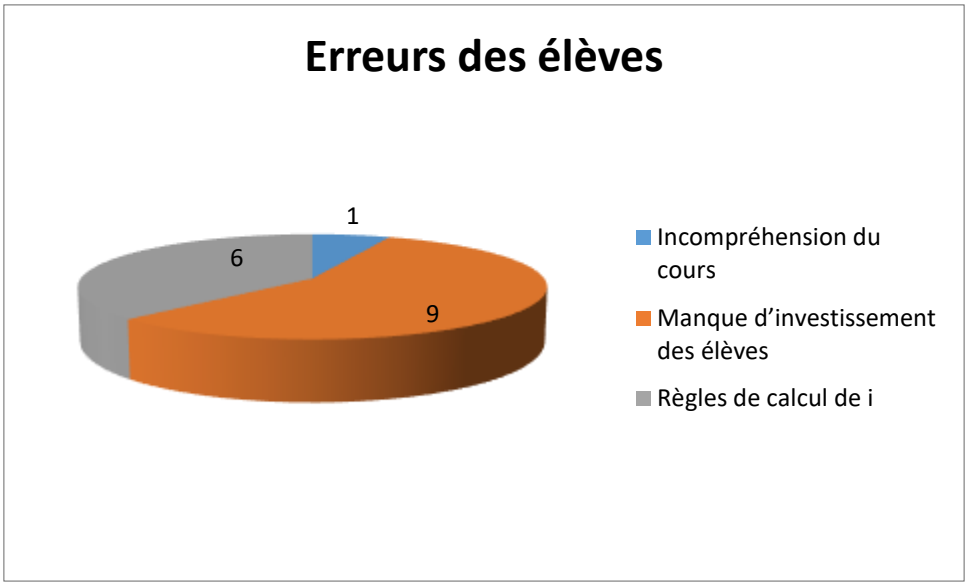

Figure 7 : répartition des enseignants en fonction des causes d'erreurs des élèves

L'analyse de la figure 7, relève que six enseignants sur 16 disent que les erreurs sont dues aux règles de calcul de i, soit 37,5% contre 56,25% pour le manque d'investissement des élèves. Un seul enseignant évoque l'incompréhension du cours, c'est dire que les enseignants se dédouanent et renvoient la responsabilité aux élèves.

Par rapport à la questions 11, relative au caractère large du chapitre, puis de la question 12, observons les figures suivantes :

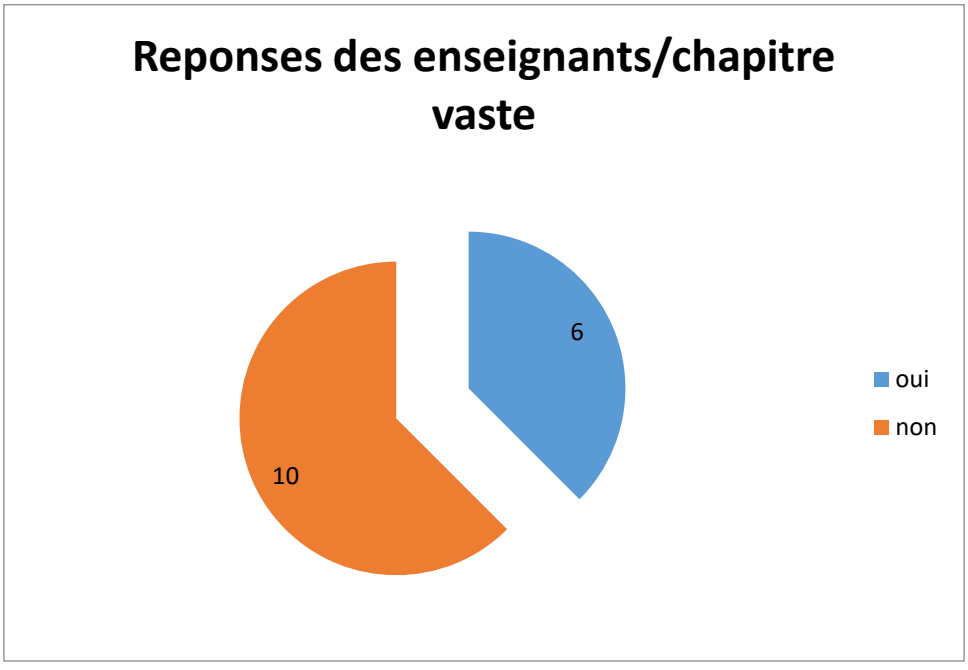

Figure 8 : répartition des enseignants par rapport au caractère vaste du chapitre

L'observation de la figure 8, nous permet de constater que six enseignants estiment que le chapitre est vaste, soit 37,5%, ce qui est considérable.

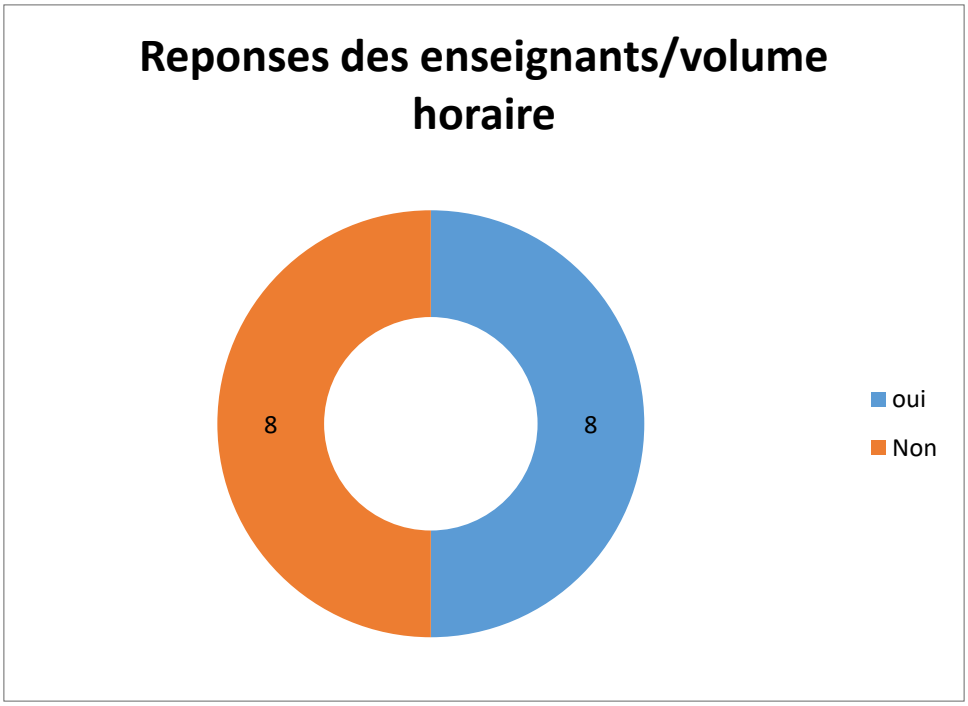

Figure 9 : répartition des enseignants par rapport au volume horaire

De même, l'observation de la figure 9, relève qu'il y a huit enseignants soit 50%, qui estiment que le volume horaire accordé au chapitre est insuffisant.

4.1.2.2. Méthodes d'enseignement

L'enseignement des mathématiques est un processus qui vise à faire acquérir des connaissances intellectuelles, théoriques et pratiques aux élèves. Il est perpétuel et doit s'adapter aux besoins et contextes. Il nécessite pour cela des méthodes et pratiques pour susciter l'intérêt et la motivation d'apprendre des élèves. La figure ci-dessous donne une idée des méthodes utilisées par les enseignants.

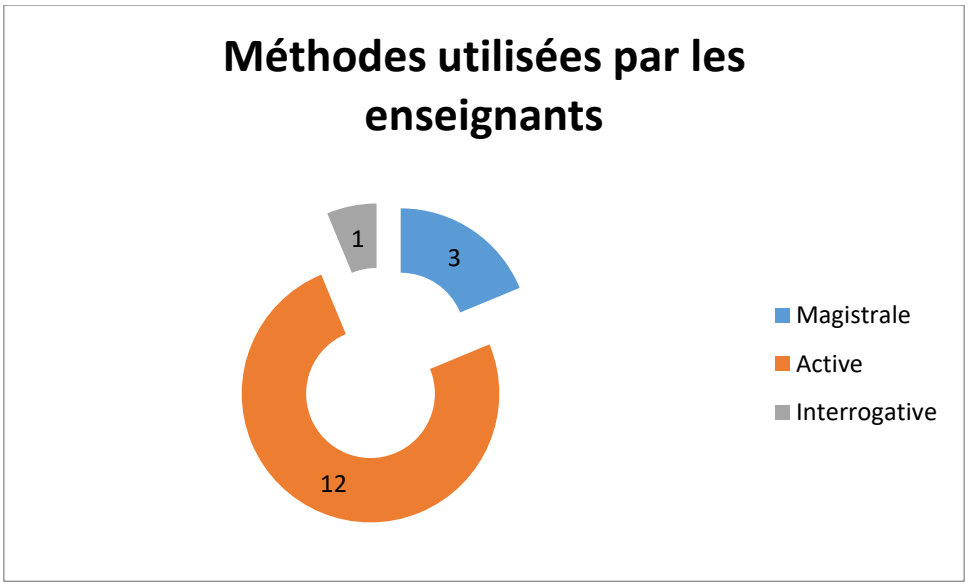

Figure 10 : répartition des enseignants par méthode utilisée

De la lecture de la figure 10, nous relevons que 12 enseignants utilisent la méthode active, soit 75%. Trois utilisent la méthode magistrale alors qu'un seul utilise la méthode interrogative. La méthode active est celle qu'on estime la plus adaptée pour favoriser un bon enseignement et une acquisition majeure des connaissances. Ceci suppose que les élèves de TC sont bien accompagnés et soutenus par leurs enseignants.

4.1.2.3. Prérequis, remédiation et documents

Par rapport aux prérequis, 14 enseignants répondent oui quant à leur prise en compte, deux répondent parfois. C'est dire la majorité des enseignants vérifient les prérequis avant d'introduire une nouvelle leçon, ceci respecte les injonctions de la méthode active.

Quant à la remédiation, nous avons enregistré huit réponses oui, contre cinq réponses parfois et trois réponses non. Seule la moitié des enseignants remédient aux difficultés des élèves, cela n'est pas satisfaisant. En effet, c'est la remédiation qui permet d'apporter les corrections nécessaires aux erreurs des élèves et réduire leurs difficultés.

Les documents utilisés sont supposés suffisants par tous les enseignants pour le besoin du chapitre.

4.1.3. Evaluation et encadrement

En réponse à la question 14 relative à la régularité des évaluations, nous résumons les informations dans le tableau 9.

Tableau 9 : répartition des enseignants par rapport à la régularité des évaluations

Réponses	Oui	Parfois	Non
Nombre d'enseignants	12	4	0

Nous constatons que 12 enseignants estiment évaluer les élèves régulièrement, soit 75% de l'effectif total, contre 25% qui répondent « parfois ».

Par rapport à la moyenne de la classe lors des évaluations, les informations sont résumées dans le tableau suivant.

Tableau 10 : répartition des classes en fonction de leur moyenne lors des évaluations

Moyenne de la classe	[0 ; 6[	[6 ; 10[	[10 ; 15[	[15 ; 20]
Nombre	0	8	7	1

La classe modale de cette série est la classe [6 ; 10[avec un effectif de huit, soit 50%. De plus, il y'a autant de classes qui ont une moyenne strictement inférieure à 10 que de classes qui ont une moyenne supérieure ou égale à 10, ce qui justifie des réelles difficultés dans

l'enseignement/apprentissage des nombres complexes. En utilisant, les centres des intervalles et les effectifs, nous déterminons la moyenne de classe de toutes les classes notée Mc :

Mc= $\frac{0*3+8*8+7*12,5+1*17,5}{16}$ = 10,56. Celle-ci est égale à 10,56, qui est acceptable mais pas satisfaisant pour des classes de terminales C surtout pour un chapitre perçu comme moyen. Notons qu'aucune classe n'est dans l'intervalle [0 ; 6[(seuil critique) alors qu'une seule est dans l'intervalle [14 ; 20] (seuil de maitrise). Tout enseignant pour être efficace dans sa pratique a besoin d'accompagnement.

Sur l'aspect relatif à l'accompagnement, les réponses aux questions 16, 17 et 18, nos édifierons. Ainsi 13 enseignants n'ont pas pris part à une formation sur les nombres complexes, soit 81,25%. Seuls trois enseignants en ont bénéficié dont deux à travers des visites de classe et un à l'occasion d'une animation pédagogique.

Tableau 11 : répartition des enseignants par rapport au travail en UP

Réponses des enseignants	Oui	Parfois	Non
Nombre	8	5	3

De la lecture du tableau 10, nous retenons que huit enseignants, soit 50% des enseignants, font des réunions d'UP dont les fréquences sont hebdomadaires, bi-hebdomadaires, mensuelles ou trimestrielles. Nous relevons également, que cinq le font occasionnellement, alors que trois affirment ne pas travailler en UP. C'est dire que l'accompagnement et le contrôle des enseignants de mathématiques des TC sont défaillants. Cette analyse, nous réconforte dans toutes nos hypothèses.

4.2. Résultats de la consultation des cahiers de textes

Le cahier de textes est un document officiel très important qui résume l'essentiel du travail fait par l'enseignant en classe. Il sert de support pour le contrôle et la vérification des consignes officielles relatives : aux contenus, aux approches, aux horaires et aux évaluations entre autres. La consultation de ces cahiers, nous édifiera sur certains aspects en lien avec nos hypothèses. Ainsi nous avons choisi un établissement par Inspection de l'Enseignement Secondaire Général (IESG) et par arrondissement communal.

Tableau 12 : répartition des cahiers de textes par établissement et inspection

Inspections	IESG NY 1	IESG NY II	IESG NY III	IESG NY IV	IESG NY V
Etablissements	E1 : CSP Eau Vive	E2 : Lycée Issa Korombé	E3 : Collège Mariama	E4 : Prytanée Militaire	E5 : CES Rive Droite1

Le tableau 11, donne les établissements retenus même si au niveau de NY II, NY III et NY V, ils sont les seuls à posséder une TC.

4.2.1. Aspects relatifs aux instructions officielles

A ce niveau, nous allons vérifier le remplissage du cahier de textes et les consignes relatives aux contenus, méthodes et volumes horaires. Après consultation de ces cinq cahiers, nous avons remarqué que tous les enseignants ont rempli les cahiers de textes et ont fait le tour de tous les points d'apprentissages.

Cependant, il y'a des écarts par rapport au temps utilisé par les enseignants pour exécuter l'enseignement des nombres complexes. Nous retenons que :

- E1 a utilisé 24 heures ;
- E2 a utilisé 22 heures ;
- E3 a utilisé 28 heures ;
-E4 a utilisé 26 heures ;
- E5 a utilisé 24 heures.

Nous constatons que deux enseignants ont dépassé le volume horaire prévu, deux ont respecté les 24H et un seul a exécuté le chapitre en 22H. La moyenne du temps utilisé par les cinq enseignants est de 24,8 H, supérieure au temps prévu.

4.2.2. Aspects relatifs aux exercices et évaluations

L'évaluation des apprentissages est un acte pédagogique par lequel, l'enseignant apprécie quantitativement le niveau d'acquisition des élèves. Les évaluations sont le support de classement des élèves et permettent de juger de la qualité des enseignements. Lors de nos consultations, nous avons remarqué que : E1, E4 et E5 ont évalué deux fois contre une seule évaluation pour E2 et E3. Toutefois, il n'y a pas les contenus de ces évaluations dans les cahiers, ce qui ne nous permet pas d'analyser la conformité de ces évaluations. De même, aucune fiche de série d'exercices n'est jointe au cahier, elles sont juste signalées.

4.3. Résultats de l'analyse des questionnaires pour élèves :

4.3.1. Identification des élèves

Tableau 13 : répartition des élèves ayant répondu par sexe et établissement

		Etablissement									Total
		CES RD1	CM	Eau Vive	IBDR	LEX	LIK	MA	PMN	TA	
Sexe	Féminin	3	6	5	3	8	1	0	0	8	34
	Masculin	6	5	0	0	7	6	2	2	5	33
Total		9	11	5	3	15	7	2	2	13	**67**

La lecture du tableau 11, relève que dans tous les établissements, il y a eu des retours de questionnaires. Au total, nous exploiterons 67 questionnaires dont 34 renseignés par des filles.

Tableau 14 : répartition des élèves par situation scolaire

Situation Scolaire			
	Effectif	Pourcentage	Pourcentage cumulé
Passant	62	92,5	92,5
Redoublant TC	5	7,5	100,0
Total	67	100,0	

Le tableau 12, notifie que parmi les 67 élèves, seuls cinq sont des redoublants, soit 7,5%.

4.3.2. Renseignements sur l'apprentissage des nombres complexes :

4.3.2.1. Prérequis et moyenne de première

A la question relative aux prérequis des différents chapitres de première, nécessaires pour aborder les nombres complexes, tous les élèves ont répondu, avoir étudier lesdits chapitres.

De plus, pour avoir une idée sur les capacités des élèves en mathématiques, nous leur avons demandé de situer leurs moyennes annuelles de première dans des intervalles.

Tableau 15 : proportion des élèves selon la moyenne annuelle

Proportion des élèves selon l'intervalle de la moyenne annuelle en Maths pour la première C			
	Effectif	Pourcentage	Pourcentage cumulé
[0 ,10[	14	20,9	20,9
[10 ,14 [	28	41,8	62,7
[14 ,20]	25	37,3	100,0
Total	67	100,0	

De la lecture du Tableau 13, nous remarquons que 14 élèves soit 20,9%, ont une moyenne inférieure à 10 /20. L'on peut se poser des questions sur les critères d'orientation en TC. Un élève qui n'arrive pas à avoir la moyenne de 10/20 en mathématiques en première, rencontrera probablement des difficultés en TC. La majeure partie des élèves ont une moyenne comprise entre [10 ; 14[sur 20 ; ils sont au nombre de 28, soit 41,8%. Il faut noter que 25 élèves ont franchi la barre de 14/20, soit 37,3% des élèves.

4.3.2.2. Perception de i et raisons

Dans l'article : Ces nombres que l'on dit « imaginaires », Hilda Rosseel, Maggy Schneider, Ladimath rapportent à l'entame les propos suivants :

i = ionique, iguane, injection, insecte, insulte…

Un élève.

Tableau 16 : répartition des élèves par rapport à la perturbation de l'introduction de i et pourcentages

Vous découvrez l'unité imaginaire i tel que $i^2 = -1$, cela vous perturbe-t-il ?			
	Effectif	Pourcentage	Pourcentage cumulé
Non	32	47,8	47,8
Oui	35	52,2	100,0
Total	67	100,0	

La lecture du tableau 14, relève que 35 élèves ressentent une perturbation à l'introduction de i, cela représente 52,2%. La majeure partie des élèves sont donc troublés par le concept de nombre imaginaire i ainsi introduit. Nous avons voulu savoir plus, en posant une question supplémentaire à cet état de fait. Observons le tableau suivant :

Tableau 17 : répartition des élèves en fonction de la cause de perturbation

Est-ce à cause ?			
	Effectif	Pourcentage	Pourcentage cumulé
	32	47,8	47,8
AUTRE à PRECISER	2	3,0	50,7
De la nouveauté de i	29	43,3	94,0
De la nouveauté de i De l'absence d'ordre dans C	4	6,0	100,0
Total	67	100,0	

En lisant le tableau 15, nous tirons les renseignements suivants :

-deux élèves ont répondu Autre (sans fondement scientifique) ;

-29 élèves ont répondu De la nouveauté de i ;

-quatre élèves ont répondu De la nouveauté de i et De l'absence d'ordre dans C.

La majeure partie des élèves ont répondu De la nouveauté de i, 29 sur 35, soit 82,86% des réponses de ceux qui ressentent une perturbation.

Jetons un regard sur le lien entre situation scolaire et cause de perturbation

Tableau 18 : croisement entre situation scolaire et la cause de la perturbation

		Situation Scolaire		
		Passant	Redoublant TC	Total
Est-ce à cause ?	AUTRE à PRECISER	2	0	2
	De la nouveauté de i	28	1	29
	De la nouveauté de i De l'absence d'ordre dans C	4	0	4
Total		34	1	35

Nous constatons que la perturbation est plus ressentie chez les passants, 34 sur 35 élèves, soit 97,14% contre 20% pour les redoublants (un parmi les cinq redoublants). C'est dire le temps agit sur la perception de nombre imaginaire i.

4.3.2.3. Perception du chapitre et classement

Tableau 19 : croisement entre la perception du chapitre et la situation scolaire

		Situation Scolaire		
		Passant	Redoublant TC	Total
L'ensemble C des nombres complexes est –il un chapitre ?	Difficile	3	0	3
	Facile	15	2	17
	Moyen	42	3	45
	Très facile	2	0	2
Total		62	5	67

De la lecture du tableau 16, nous retenons que 45 élèves le perçoivent comme moyen, soit 67,16% contre 25,37% pour facile. Notons également que deux élèves le considèrent très facile contre trois pour difficile, soit 4,47%. Le chapitre nombres complexes ne doit pas en principe causer des soucis aux élèves, puisqu'il est perçu comme facile ou moyen.

En rapport au classement par ordre de difficulté, du plus facile un (1), au plus difficile huit (8), nous résumons les résultats dans un tableau à double entrée. Puis nous déterminerons les points obtenus par chaque objectif (de O1 à O8) et déduirons un classement de tous les élèves.

Tableau 20 : répartition des effectifs des objectifs en fonction des classements

Objectif / rang	1	2	3	4	5	6	7	8	Total2
O1	57	6	2	0	0	0	0	0	75
O2	8	51	4	2	0	0	0	0	130
O3	0	6	45	4	8	2	0	0	215
O4	0	0	2	17	7	10	10	19	391
O5	0	0	0	16	15	16	12	6	367
O6	0	0	1	4	8	15	18	19	427
O7	0	2	10	15	14	10	14	0	322
O8	0	0	1	7	13	12	11	21	411
Total1	65	65	65	65	65	65	65	65	

De la lecture du tableau 17, nous constatons que les objectifs O8, O6 et O4 ont respectivement 21, 19 et 19 comme fréquences pour l'objectif le plus difficile, contre six pour O5. Toutefois en faisant la somme de tous les points qui est indiquée au niveau du total2, l'objectif le plus difficile est O6 : déterminer et interpréter les racines nièmes d'un nombre complexe avec 427 points. Il est suivi de O8 : résoudre une équation de degré trois ou quatre avec 411 points, puis de O4 : interpréter le module et un argument de $Z_B - Z_A$; $(Z_C - Z_A)/(Z_B - Z_A)$ et les utiliser pour résoudre des problèmes avec 391 points. L'objectif O5 : utiliser les formules de Moivre, d'Euler et linéarisation vient en quatrième position avec 367 points. D'autre part l'objectif le plus facile est O1 : relatif à la forme algébrique et conjugué d'un nombre complexe avec une fréquence de 57 sur 65. C'est à dire que 87,7% des élèves l'estiment ainsi; suivi dans l'ordre de O2 : déterminer le module et un argument d'un nombre complexe non nul et de O3 : formes trigonométriques et exponentielles.

4.3.2.4. Points liés aux objectifs, activités et exercices

Par rapport à l'annonce des objectifs, nous retenons que 29 élèves ont répondu oui, contre 28 pour parfois et 10 non. A ce niveau même si seulement 42,28% des enseignants annoncent les objectifs, ces derniers se rattrapent quant aux activités. En effet, 55 élèves, soit 84,62% des élèves répondent favorablement oui quant à la prise en charge des activités pour faciliter les apprentissages. La même tendance est maintenue par rapport aux séries d'exercices, car 55 élèves répondent oui quant à la mise à leur disposition des séries d'exercices par les enseignants, contre 16 réponses parfois et un non.

Le tout est synthétisé par la question liée à la satisfaction de la méthode d'enseignement, que nous résumons dans la figure 10

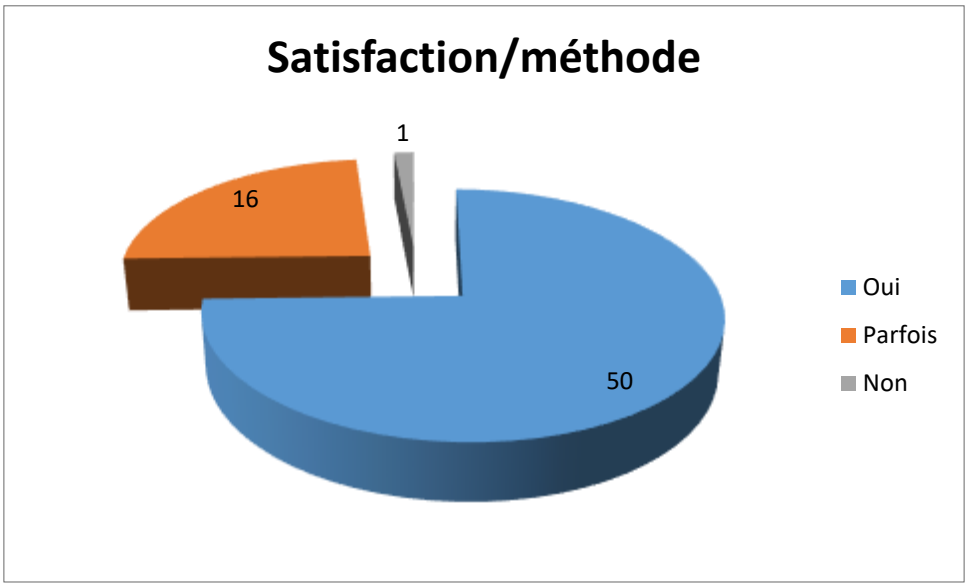

Figure 11 : répartition des élèves par rapport à la satisfaction de la méthode d'enseignement

La lecture de la figure 11, confirme que la majeure partie des élèves sont satisfaits de la méthode d'enseignement. Ils sont 50, soit 67%.

4.3.4. Aspects relatifs à l'évaluation

L'évaluation est au centre de tout enseignement/apprentissage. Ainsi tout enseignant doit évaluer régulièrement ses élèves en vue de vérifier le niveau d'acquisition de ces derniers.

Par rapport à la régularité des évaluations, 31 élèves ont répondu favorablement oui, contre 33 réponses parfois et 3 non. C'est dire qu'il y a une forte proportion d'enseignants qui n'évaluent pas fréquemment, cela peut porter un coup à la qualité de l'enseignement.

De plus, les enseignants doivent évaluer en conformité avec les objectifs visés. A ce niveau, c'est assez réconfortant car 55 élèves répondent favorablement oui, contre neuf réponses parfois et trois non. Cependant l'absence des évaluations dans les cahiers de textes ne nous a pas permis d'apprécier objectivement sur cet aspect. Enfin, nous avons voulu avoir une idée sur les niveaux d'acquisitions des élèves, les informations fournies sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 21 : répartition des élèves en fonction des notes obtenues sur le chapitre

Intervalle de notes	[0 ;6[	[6 ;10[	[10 ;15[	[15 ;20]
Effectif	14	17	27	9

De la lecture de la lecture du tableau 21, 36 élèves affirment avoir la moyenne lors des évaluations sur les nombres complexes. Cela représente 53,73% des élèves. En utilisant les centres des intervalles, nous déterminons la moyenne de tous les élèves que nous notons Me.

Me $=\frac{14*3+17*8+27*12,5+9*17,5}{67}$=10,04. La moyenne de tous les élèves est égale à 10,04 qui est passable mais pas suffisant pour une TC. Nous pouvons évoquer que neuf élèves ont des notes supérieures à 15/20.

4.4. Résultats du test de niveau des élèves :

4.4.1. Les éléments constitutifs du test de niveau

Le test de niveau est composé de deux exercices. Le premier comporte 12 items dont cinq relatifs aux objectifs sur les prérequis et sept relatifs aux acquisitions et applications des connaissances sur les nombres complexes. Le deuxième comporte 10 items, tous relatifs aux objectifs d'acquisition et d'application des connaissances sur les nombres complexes.

Tableau 22 : Liste des connaissances de l'exercice 1

Objectifs	Références
Equation du second degré	Question 1) a)
Polynôme de degré 3	Question 1) b)
Equation trigonométrique	Question 1) c)
Déterminer la mesure d'un angle	Question 2) a) et b)
Ecrire sous forme algébrique	Question 3) a) et b)
Déterminer le module et un argument	Question 4) a) et b)
Ecrire sous forme trigonométrique	Question 5) a) et b)

Tableau 23 : Liste des connaissances de l'exercice 2

Objectifs	Références
Représentation géométrique dans le plan	Question 1) a)
Interprétation géométrique et résolution de problèmes	Question 1) b) et c)
Utilisation des formules de Moivre, d'Euler	Question 2) a) et b)
Résolution d'équation du second degré	Question 3) a)
Détermination des racines nièmes	Question 3) b)
Equation de degré 3	Question 3) c)
Détermination des ensembles de points	Question 4) a) et b)

Nous notons que pour le test, la majorité des élèves n'ont pas mentionné le genre, ce qui ne permet pas d'avoir une idée sur les acquisitions en relation avec le genre.

4.4.2. Résultats portant sur les prérequis

Les résultats obtenus par les élèves, relativement aux prérequis lors du test et par niveau d'acquisition sont résumés dans le tableau 24.

Tableau 24 : répartition des élèves par niveau de maitrise pour les prérequis

Nombre N d'items réussis	Niveau de maitrise	Effectif	Pourcentage
$0 \leq N \leq 1$	Seuil critique (N1)	12	18,46 %
$N = 2$	En voie d'apprentissage (N2)	20	30,77 %
$N = 3$	En voie de maitrise (N3)	11	16,92 %
$4 \leq N \leq 5$	Seuil de maitrise (N4)	22	33,85 %
Total		65	100 %

La lecture du tableau 24, nous fournit les renseignements suivants : 18,46 % d'élèves se trouvent dans le seuil critique par rapport aux prérequis contrôlés, 30,77 % sont en voie d'apprentissage, 16,92 % sont en voie de maitrise contre 33,85 % au seuil de maitrise. C'est dire que moins de 2 élèves sur 5 ont atteint le seuil de maitrise, ce taux de 33,85% n'est pas satisfaisant surtout pour un chapitre perçu comme moyen par 67,16% des élèves. Toutefois 50,77 % des élèves sont au-dessus de la moyenne des prérequis.

4.4.3. Résultats portant sur les connaissances relatives aux nombres complexes :

Les résultats obtenus par les élèves relativement aux connaissances sur les nombres complexes, lors du test, sont résumés dans le tableau 25.

Tableau 25 : répartition des élèves par niveau d'acquisition sur les connaissances des nombres complexes

Nombre N d'items réussis	Niveau de maitrise	Effectif	Pourcentage
$0 \leq N \leq 4$	Seuil critique (N1)	14	21 ,54 %
$5 \leq N \leq 8$	En voie d'apprentissage (N2)	26	40 %
$9 \leq N \leq 12$	En voie de maitrise (N3)	22	33,85 %
$13 \leq N \leq 17$	Seuil de maitrise (N4)	3	4,61 %
Total		65	100 %

L'analyse du tableau 21 montre que 21,54% des élèves se trouvent dans le critique(N1), 40% sont en voie d'apprentissage(N2), 33,85% en voie de maitrise(N3) et seuls 4,61% ont atteints le seuil de maitrise(N4). Nous relevons également que 61,54 % des élèves n'ont pas atteint la moyenne.

4.4.4. Résultats portant sur l'ensemble des connaissances du test

Les résultats globaux obtenus par les élèves sur l'ensemble des connaissances lors du test, sont résumés dans la figure 12.

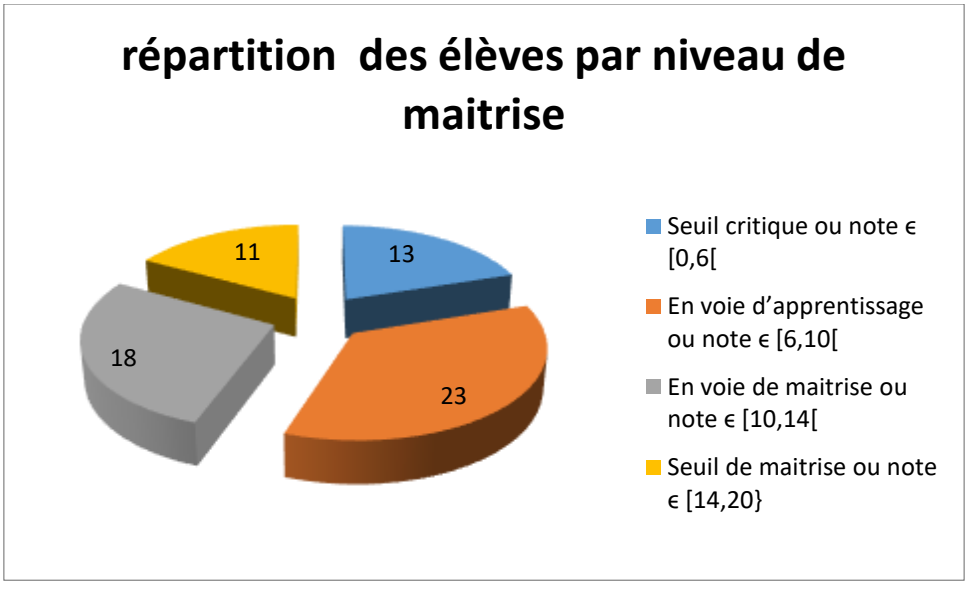

Figure 12 : répartition des élèves par niveau de maitrise

La figure 11, nous permet de visualiser les différents niveaux d'acquisitions et leurs effectifs. Pour mieux expliquer cela, nous joignons le tableau 26 suivant qui donne plus de détails.

Tableau 26 : répartition des élèves par niveau d'acquisitions sur l'ensemble des connaissances et pourcentages

Nombre N d'items réussis ou note € à :	Niveau de maitrise	Effectif	Pourcentage
$0 \leq N \leq 5$ ou [0 ; 6[	Seuil critique(N1)	13	20 %
$6 \leq N \leq 10$ ou [6 ;10[	En voie d'apprentissage(N2)	23	35,39 %
$11 \leq N \leq 14$ ou [10 ;14[	En voie de maitrise(N3)	18	27,69 %
$15 \leq N \leq 22$ ou [14 ;20]	Seuil de maitrise(N4)	11	16,92 %
Total		65	100 %

La lecture du tableau 26, nous fournit les informations suivantes :

-20% des élèves restent dans le seuil critique, soit un élève sur cinq en difficulté majeure ;

-35,39% sont en voie d'apprentissage, contre 27,69 % en voie de maitrise, alors que seuls 16,92% ont atteint le seuil de maitrise. Au total, 55,39 % des élèves n'ont pas obtenue la moyenne de 10/20, ce qui justifie les difficultés réelles des élèves dans l'apprentissage des nombres complexes. La moyenne de toutes les notes des élèves est notée Me et nous la calculons. Me = $\frac{13*3+23*8+18*12+11*17}{65} = 9{,}63$; Me égale à 9,63 étant inférieure à 10, signifie que les acquisitions ne sont pas satisfaisantes, celle-ci est une preuve de la faiblesse des acquisitions des élèves sur les nombres complexes.

4.4.5. Croisement entre prérequis et connaissances sur les nombres complexes

Afin de mieux appréhender les indicateurs de notre hypothèse H_3, nous établissons le tableau 23 suivant :

Tableau 27 : répartition des élèves en fonction des niveaux de prérequis et connaissances

Prérequis	N1 : Seuil critique		N2 : En voie d'apprentissage		N3 : En voie de maitrise		N4 : Seuil de maitrise		Total
Objectifs	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	
N1	10	15,38 %	4	6,15%	0	0	0	0	21,53 %
N2	1	1,54%	15	23,08 %	6	9,23%	4	6,15%	40%
N3	1	1,54%	1	1,54	5	7,69%	15	23,08 %	33,85 %
N4	0	0	0	0	0	0	3	4,62%	4,62%
Total	12	18,46 %	20	30,77 %	11	16,92 %	22	33,85 %	100%

L'analyse du tableau 27, relève que :

-sur les 12 élèves du seuil critique pour les prérequis, 10 sont restés au niveau du même seuil pour les objectifs liés aux connaissances sur les nombres complexes. Un se retrouve au niveau de N2, alors qu'un seul a fait la prouesse d'être en voie de maitrise ;

-sur les 20 élèves du niveau N2 des prérequis, 15 restent au même niveau N2 des connaissances. Quatre régressent au niveau N1, alors qu'un seul est en voie de maitrise.

-Parmi les 11 élèves du niveau N3 des prérequis, 6 régressent au niveau N2, alors que cinq restent au même niveau N3 des connaissances.

-Sur les 22 élèves du seuil de maitrise des prérequis N4, trois élèves restent au même niveau alors que 15 élèves se retrouvent au niveau N3 et quatre au niveauN2 des connaissances.

En résumé, nous retenons : d'une part que sur 32 élèves des niveaux N1 et N2 des prérequis, seuls deux ont pu atteindre le niveau N3 des connaissances, soit 6,25%, aucun n'a atteint le niveau N4 ; et d'autre part sur 33 élèves des niveaux N3 et N4 des prérequis, 23 sont restés dans les mêmes niveaux N3 et N4, soit 69,70%. C'est dire que plus on maitrise les prérequis, plus la probabilité d'acquisition des connaissances est forte.

Inversement, moins on maitrise les prérequis, plus faible est la probabilité d'acquisition des connaissances.

4.4.6. Croisement entre prérequis et note obtenue au test :

Tableau 28 : répartition des élèves par niveau en fonction des prérequis et note obtenue

Prérequis	N1 : Seuil critique		N2 : En voie d'apprentissage		N3 : En voie de maitrise		N4 : Seuil de maitrise		Total
Notes	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	
N1 [0 ;6[	10	15,38 %	3	4,62%	0	0	0	0	20%
N2 [6 ;10[	2	3,08%	16	24,61 %	5	7,69%	0	0	35,38 %
N3 [10 ;14[	0	0	1	1,54%	6	9,23%	11	16,92 %	27,7%
N4 [14 ;20]	0	0	0	0	0	0	11	16,92 %	16,92 %
Total	12	18,46	20	30,77 %	11	16,92 %	22	33,85	100% ou 65

L'analyse et l'interprétation du tableau 28, nous fournissent les renseignements suivants :

-sur 12 élèves du seuil critique(N1) des prérequis, 10 restent au même seuil N1 pour les notes obtenues, alors que deux se retrouvent au niveau N2 (En voie d'apprentissage) ;

-sur 20 élèves du niveau N2 (En voie d'apprentissage) des prérequis, 16 restent au même niveau N2 pour les notes obtenues, alors que trois élèves régressent au niveau N1 ; un seul élève a fait l'exploit de progresser vers le niveau N3 ;

-sur 11 élèves du niveau N3 (En voie de maitrise) des prérequis, six restent au même niveau pour les notes obtenues, alors que cinq se retrouvent au niveau N2 ;

-sur les 22 élèves du niveau N4 (Seuil de maitrise) des prérequis, 11 restent au même niveau N4 pour les notes obtenues, alors que les 11 élèves restants se retrouvent au niveau N3.

En résumé, nous retenons que :

-d'une part, sur 32 élèves des niveaux N1 et N2 des prérequis, 31 restent aux mêmes niveaux pour les notes obtenues, soit 96,88%. C'est-à-dire que 96,88% des élèves qui ne sont pas moyens (moins de 10/20) pour les prérequis n'arrivent pas à avoir la moyenne au niveau du test.

-d'autre part, sur 33 élèves (qui ont plus de 10/20 pour les prérequis) des niveaux N3 et N4 des prérequis, 28 restent aux mêmes niveaux pour les notes obtenues, soit 84,84%. C'est-à-

dire que 84,84% des élèves qui sont en voie de maitrise ou seuil de maitrise des prérequis arrivent à avoir la moyenne au niveau du test.

4.5. Confirmation ou infirmation des hypothèses :

4.5.1. Vérification de l'hypothèse H_1

L'analyse et l'interprétation de tous les renseignements fournis par les élèves et enseignants de TC, en rapport à la perception du nombre imaginaire i et de ses utilisations nous amènent à faire un récapitulatif.

Au niveau des enseignants, nous constatons :

-des proportions considérables d'enseignants estiment qu'il y a une perturbation liée à l'introduction de i (Figure 6), de plus à l'unanimité ils affirment que la cause serait la nouveauté de i, traduite par un carré négatif, ce qui est insaisissable concrètement.

-les figures 7, 8 et 9 donnent des appréciations sur les causes des erreurs, du caractère large et du volume horaire accordé au chapitre. Dans les cahiers de textes, deux enseignants ont dépassé le volume horaire prévu (24H), alors que volume moyen qu'ils utilisé est de 24,8 H.

Au niveau des élèves, nous constatons :

-les objectifs liés aux : racines nièmes, formules de Moivre et Euler, à l'interprétation et résolution de problèmes, équations de degré 3 ou 4 sont perçues, dans l'ordre, comme étant les plus difficiles.

-que 35 élèves sur 67 ressentent une perturbation liée à l'introduction de i (tableau 16), soit 52,2%. De plus 29 élèves, soit 82,86% affirment que la cause serait la nouveauté de i.

Tous ces résultats sont favorables à notre hypothèse H_1, relative à la nouveauté de i et ses diverses utilisations. Ce qui confirme notre hypothèse H_1.

4.5.2. Vérification de l'hypothèse H_2

L'analyse et l'interprétation de tous les renseignements fournis par les élèves et enseignants de TC, en rapport avec leur identification et aux méthodes d'enseignements, nous conduit à faire un récapitulatif.

Au niveau des enseignants, nous retenons que :

- en ce qui concerne leurs statuts, sur les 16 enseignants, 14 sont des titulaires ;

-de plus sept ont le CAPES, deux le master, quatre la maitrise, deux la licence et un autre (ingénieur) sur l'aspect diplôme ;

-la moyenne de leur ancienneté est de 20 ans, avec des bornes de 13 ans et 39 ans ;

-pour le profil, 14 ont une formation de base en mathématiques et deux en économie. Cela révèle que les enseignants de mathématiques de TC ont en majorité (neuf sur 16), les compétences nécessaires académiques et pédagogiques pour tenir la classe. En outre, 14

utilisent la méthode active, mais trois seulement ont bénéficié d'accompagnement et seule la moitié travaille en UP, régulièrement.

Au niveau des élèves, nous retenons que :

-55 élèves affirment que la prise en charge des activités est effective pour faciliter les apprentissages et les évaluations sont conformes aux objectifs ;

-bref, 74,63% des élèves sont satisfaits de la méthode d'enseignement.

Tous ces résultats sont défavorables à notre hypothèse H_2.

Ceci infirme notre hypothèse H_2.

4.5.3. Vérification de l'hypothèse H_3

Nous rappelons que les moyennes de tous les élèves, obtenues lors des évaluations sur les nombres complexes, renseignées par les enseignants et les élèves, sont respectivement 10,56 et 10,04. Toutefois, 31 élèves et 8 classes ont une moyenne inférieure à 10/20.

Les résultats du test de niveau fournissent également les informations suivantes (Tableau 28) :

- 36 élèves ont des notes inférieures à 10/20, soit 55,38% et la moyenne de tous les élèves est égale à 9,63 ;
- parmi les 32 élèves qui ont une note inférieure à 10/20 pour les prérequis, 31 n'ont pas eu la moyenne au test, soit 96,88% ;
- les 33 élèves qui ont une note supérieure à 10/20 pour les prérequis, 28 ont eu une note supérieure à 10/20 au test, soit 84,84%. En outre, seuls 16,92% ont atteint le seuil de maitrise.

Tous ces résultats attestent qu'une bonne acquisition des connaissances sur les nombres complexes, dépend essentiellement de la maitrise des prérequis.

Ceci confirme notre hypothèse H_3, hypothèse vérifiée par Issaka Bankali et Hassane Issa en trigonométrie de la classe de 3e, et Makaou Ané sur les nombres complexes en TD.

4.6. Synthèse

L'analyse des résultats de nos investigations sur l'enseignement/apprentissage des nombres complexes en classe de TC, nous a conduit à une vérification des pratiques enseignantes mais aussi des niveaux d'acquisitions des élèves.

En résumé de cette analyse, il ressort que :

Le niveau des élèves dans l'apprentissage des nombres complexes est faible et cela est étroitement lié à la qualité de l'enseignement qui leur est dispensé. Ceci prouve qu'il existe des difficultés liées à l'enseignement/apprentissage des nombres complexes en classe de TC.

Cette situation est en partie due :

-à la nouveauté de l'unité imaginaire i et ses diverses utilisations. En effet, le caractère abstrait, imaginaire et la nouveauté qui définit le nombre i ($i^2 = -1$) est la première source de

difficulté car cela crée un conflit conceptuel. De plus aucune notion antérieure ne donne du sens ou une perception concrète et saisissable de i, à l'image des autres nombres.

-à l'insuffisance des prérequis. Les faibles rendements des élèves lors des évaluations et du test attestent de ce fait. La moyenne de 9,63 obtenue au test, inférieure à 10/20 est assez illustrative, au même titre que : la relation maitrise des prérequis permet une bonne acquisition des connaissances.

-au manque de compétence des enseignants. A ce niveau, les enseignants ont les compétences requises, mais les performances sont faibles.

Recommandations et suggestions

Dans ce mémoire, l'analyse des résultats de nos recherches a révélé des difficultés dans l'enseignement apprentissage des nombres complexes en terminale C. Ces difficultés sont de plusieurs ordres. En ce contexte de résilience et de souveraineté, pour pallier ces difficultés, il est nécessaire de recadrer les politiques éducatives et d'agir sur tous les acteurs du système éducatif :

Aux élèves :

-faire preuve de don de soi dans le cadre académique ;

-tirer un maximum sur les nombres complexes car présents en algèbre, géométrie, analyse ;

Aux enseignants :

-travail de réflexion en UP (approche de i par la calculatrice) ;

-s'approprier les TICE et NTIC pour le besoin de leurs recherches et formation ;

-être résilients, professionnels et innovateurs pour un enseignement efficace.

Aux chefs d'établissements :

-être des leaders dévoués dans leurs tâches pour le bien-être de la communauté scolaire ;

-s'investir dans la revalorisation des séries scientifiques et la préservation de la série C.

Aux encadreurs pédagogiques :

-élaborer des pistes d'approches pour les notions abstraites ou délicates ;

-être des parrains et accompagnateurs réguliers des enseignants dans leurs tâches quotidiennes ;

-planifier des chronogrammes d'activités réalistes et supportables afin d'apporter une plus-value aux enseignants.

Aux autorités :

-finaliser urgemment un manuel d'accompagnement pédagogique au niveau national et le vulgariser ;

-revaloriser la fonction enseignante (statut particulier, recrutement à la fonction publique, …) ;

-mettre à la disposition des services déconcentrés tous les moyens nécessaires pour leur fonctionnement ;

-faire un suivi régulier et s'assurer du bon fonctionnement des établissements d'excellence ;

-utiliser judicieusement les cadres de l'éducation.

Conclusion

Notre étude est effectuée dans le cadre de la formation des inspecteurs à l'Ecole Normale Supérieure de l'Université Abdou Moumouni de Niamey au titre de l'année académique 2023-2024 et a porté sur les nombres complexes en classe de terminale C.

Elle a concerné les aspects liés aux « difficultés » de son enseignement/apprentissage.

Ainsi, nous nous sommes fixé les objectifs suivants :

-identifier les difficultés des enseignants dans l'enseignement des nombres complexes.

-déterminer les difficultés des élèves dans l'apprentissage des nombres complexes.

-analyser les difficultés dans l'enseignement/apprentissage des nombres complexes.

Pour atteindre ces objectifs, nous avons formulé l'hypothèse selon laquelle : « les difficultés dans l'enseignement/apprentissage des nombres complexes sont dues à la nouveauté de i et ses utilisations, au manque de compétence des enseignants et à l'insuffisance des prérequis ».

Afin de vérifier cette hypothèse, nous avons mené des recherches à travers :

-d'une part, des questionnaires à l'intention des élèves et des enseignants ;

-et d'autre part, à la consultation de cahiers de textes et l'organisation d'un test aux élèves.

Au terme de notre étude, nous avons pu conclure qu'il existe des difficultés dans l'enseignement/apprentissage des nombres complexes en classe de terminale C.

Au niveau des élèves :

-l'incapacité des élèves :

- à déterminer les racines nièmes d'un nombre complexe ;
- à utiliser les formules de Moivre, d'Euler et de linéariser ;
- à utiliser les modules et arguments pour résoudre des problèmes ;
- à résoudre des équations du second degré et de degré trois ;
- à déterminer les formes trigonométriques, algébriques, exponentielles et les utiliser pour résoudre des problèmes ;
- à représenter géométriquement les nombres complexes.

-l'insuffisance de bases solides ;

-le manque d'investissement.

Au niveau des enseignants :

-manque d'efficacité ;

-insuffisance d'encadrement.

Toutefois, notre hypothèse s'est trouvée : confirmée en deux de ses hypothèses spécifiques et infirmée en une. Cela nous amène à poser la question suivante :

Qu’est ce qui peut expliquer le manque d’efficacité des enseignants, malgré leurs aptitudes académiques, psychologiques et pédagogiques ?

Bibliographie

-Amadou, S. (2007), Analyse des performances des élèves de la classe de 3e dans la résolution des problèmes d'algèbre. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de conseiller pédagogique de l'enseignement de base 2. Option Mathématiques, Niamey : ENS, 2007.

-Annuaire_MEN_2021-2022, Statistiques de l'Education Nationale. Edition, juin 2022.

-Arrêté n° 0184/MEN/A/EP/PLN/SG du 7 décembre 2023 portant organisation des Services Déconcentrés du Ministère de l'Education Nationale, de l'Alphabétisation, de l'Enseignement Professionnel, et de la Promotion des Langues Nationales et fixant les attributions de leurs responsables.

-CIAM Terminale Sciences Mathématiques, Edicef.

-Chipkao, C. (2022). Enseignement et apprentissage des calculs barycentriques aux lycées d'enseignement général : cas des classes de terminale C des établissements de la région de Niamey, mémoire de fin d'étude pour obtention de diplôme d'Inspecteur Principal des Lycées d'Enseignement Général. Option : Mathématiques, Niamey : ENS, 2022.

-Christian, D. (1999). Méthode et outils de recherche en sciences de l'éducation, note de cours, Université de Mont-Hainaut.

-Daniel, D. La désaffection des jeunes pour les études scientifiques fondamentales : causes, conséquences, remèdes ou la Leçon de Galilée. (Académie Marseille.pdf).

-Dictionnaire actuel de l'éducation, (2005), 3e édition, Renald Legendre ; presse des ateliers Guerin Monréal (Québec).

-Dictionnaire français Larousse (2005) ; Edition Larousse.

-Galy, A. et Modibo, C. (2016). Cours de méthodologie générale. L'Harmattan.

-Ghédamsi, I. et Tanazefti, R (2018, octobre), difficultés d'apprentissage des nombres complexes en fin de secondaire, Petit x n°98-2015, pp 29 à 33. Consulté sur l'adresse : https://www.researchgate.net/publication/328080322.

-Govers, O. (2022), des nombres complexes aux algèbres à composition, mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du titre de Master en Sciences Mathématiques, à finalité didactique. Consulté sur l'adresse : http://hdl.handle.net/2268.2/14719.

-Goza, N. A. ; Sagayar, M. M et Hassimi, A (2014, décembre), désaffection pour les sciences : quel avenir pour la série « C » ? Mu kasani (revue de l'institut des recherches en sciences humaines 21.188-209).

-Hammou, S. (2004), l'introduction des radicaux en classe de troisième, mémoire de fin de fin de cycle de base 2 ; option Mathématiques. Niamey : ENS, 2004.

-Hassane, T. (2024), TD de méthodologie de la recherche (encadreurs pédagogiques), note de cours, ENS, UAM.
-Hilda, R.; Maggy, S. ladimath. Facultés universitaires de Namur. Ces nombres que l'on dit « imaginaires ». PETIT X 63.complexes.pdf
-Loi d'Orientation du Système Educatif Nigérien (LOSEN) n° 98-12 du 1er juin 1998.
-Makaou, A. (2019). Difficultés liées à l'apprentissage des nombres complexes en classe de terminale D au Niger. Analyse et proposition de solutions : cas de DDES Niamey IV, mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'inspecteur de l'enseignement secondaire. Option : Mathématiques, Niamey : ENS, 2019.
-Programme Maths définitif corrigé du collège et du lycée. Révisé 2019.
-Statistiques BAC 2012-2023, Source : Office du Baccalauréat, des Equivalences et des Examens et Concours du Supérieur (OBEECS).

ANNEXES

Annexe 1 :

QUESTIONNAIRE DESTINÉ AUX ENSEIGNANTS

Ce questionnaire est élaboré dans le cadre d'une recherche pour un mémoire de fin de cycle à l'Ecole Normale Supérieure de l'Université Abdou Moumouni de Niamey (ENS/UAM). Le thème est « enseignement et apprentissage des nombres complexes en classe de Terminale C ». Nous vous prions de bien vouloir répondre aux questions suivantes en cochant les cases qui correspondent à votre choix, ou en donnant votre appréciation.

L'anonymat vous est garanti et vos réponses seront exploitées dans le cadre d'une recherche scientifique. Nous vous remercions d'avance de votre collaboration.

I. IDENTIFICATION DE L'ENSEIGNANT

Etablissement : ……. IESG……..

Classes tenues : …….. Volume horaire …… …… Sexe : F □ M □ Ancienneté dans l'enseignement :……

Statut : Titulaire □ Vacataire □ Contractuel □ ASCN □

1. Diplôme : Licence □ Maitrise □ CAPES □ Master □ Autres □

2. Formation initiale : Maths □ Economie □ Autres □ (à préciser)

……

II. RENSEIGNEMENTS SUR L'ENSEIGNEMENT DES NOMBRES COMPLEXES

1. Quelle méthode utilisez-vous pour enseigner les nombres complexes ?

Magistrale □ Active □ Interrogative □

2. Prenez-vous en compte des prérequis nécessaires lorsque vous introduisez la leçon sur les nombres complexes ?

Oui □ Parfois □ Non □

3. L'introduction de l'unité imaginaire i tel que $i^2 = -1$, perturbe-t-elle les élèves ?
Oui □ Non □

4. Si oui. Est-ce à cause ? De la nouveauté de i □ ; De l'absence d'ordre dans C □ ; Autres □ (préciser) ……..
……

5 .Les élèves arrivent-ils à utiliser i correctement dans les différentes manipulations ?

Oui □ Parfois □ Non □

6. Classer du plus facile 1 au plus difficile 8 selon votre avis :

- Forme algébrique et conjugué d'un nombre complexe □

- Déterminer le module et un argument d'un complexe non nul □
- Formes trigonométrique et exponentielle d'un complexe non nul □
- Interpréter le module et un argument de $Z_B - Z_A$; $(Z_C - Z_A) / (Z_B - Z_A)$ et les utiliser pour résoudre des problèmes □
- Utiliser les formules de Moivre, d'Euler et linéarisation □
- Déterminer et interpréter les racines $n^{ièmes}$ d'un nombre complexe □
- Résoudre une équation du second degré □
- Résoudre une équation de degrés 3 ou 4 avec des indications □

7. Les erreurs que les élèves commettent dans l'apprentissage des nombres complexes sont-elles liées ? A l'incompréhension du cours □ Au Manque d'investissement des élèves □ Aux règles de calcul de i □

8. Accordez-vous du temps suffisant aux élèves pour réaliser les activités d'apprentissage des nombres complexes ? Oui □ Parfois □ Non □

9. Au cas où les élèves n'ont pas compris votre activité d'apprentissage, la reprenez-vous ?

Oui □ Parfois □ Non □

10. Les documents que vous utilisez pour enseigner les nombres complexes, sont-ils suffisants pour préparer les leçons et les exercices ?

Oui □ Non □

11. Pensez-vous que le chapitre est vaste pour une nouveauté ?

Oui □ Non □

12. Le volume horaire est-il suffisant pour prendre en charge le cours et les exercices sur les nombres complexes ? Oui □ Non □

13. Sinon quelles précautions prenez-vous pour pallier l'insuffisance du temps ?

.....

III. ÉVALUATION DES APPRENTISSAGES /AUTRES ASPECTS

14. Evaluez-vous fréquemment les objectifs d'apprentissage sur les nombres complexes ?

Oui □ Parfois □ non □

15. Dans quel intervalle se situe la moyenne de la classe lors des évaluations sur les nombres complexes ?

[0;6[□ [6;10[□ [10;14[□ [14; 20] □

16. Avez-vous pris part à des activités pédagogiques portant sur les nombres complexes ? Oui □ Non □

17. Si oui sous quelle(s) forme(s) ? Journée pédagogique □ Visite de classe □ Autres □ (préciser) ……

18. Travaillez-vous régulièrement en unité pédagogique ?

Oui □ Parfois □ non □

19. Si oui. Quelle est la fréquence ? …….

Annexe 2 :

QUESTIONNAIRE DESTINÉ AUX ÉLÈVES

Ce questionnaire est élaboré dans le cadre d'une recherche portant sur le thème « enseignement et apprentissage des nombres complexes en classe de Terminale C ». Nous vous prions de bien vouloir répondre aux questions suivantes soit en cochant les cases qui correspondent à votre choix soit en donnant une information. Il n'y a ni bonne, ni mauvaise réponse. L'anonymat vous est garanti et vos réponses seront exploitées dans le cadre d'une recherche scientifique.

I. IDENTIFICATION DE L'ÉLÈVE

Etablissement : …… Classe……:……
Sexe : féminin □ masculin □

Situation scolaire : Passant □ redoublant T C □

II. RENSEIGNEMENT SUR L'APPRENTISSAGE DES NOMBRES COMPLEXES

1. Avez-vous étudié les chapitres : Equations-Inéquations-Polynômes ; Vecteurs du plan ; Angles orientés-Trigonométrie dans les classes antérieures ?

Oui □ Non □

2. Dans quel intervalle se situe votre moyenne annuelle en Maths pour la première C ?

[0 ,10[□ [10 ,14 [□ [14 ,20] □

3 .Vous découvrez l'unité imaginaire i tel que $i^2 = -1$, cela vous perturbe-t-il ?

Oui □ Non □

4. Si oui : Est-ce à cause ? De la nouveauté de i □ De l'absence d'ordre dans C □

Autres □ (préciser)……

5. L'ensemble C des nombres complexes est –il un chapitre ?

Très difficile □ Difficile □ Moyen □ Facile □ Très facile □

6. Dans la manipulation des nombres complexes, classer du plus facile 1 au plus difficile 8 selon votre réalité de pratique :

- Forme algébrique et conjugué d'un nombre complexe □
- Déterminer le module et un argument d'un complexe non nul □
- Formes trigonométrique et exponentielle d'un complexe non nul □
- Interpréter le module et un argument de $Z_B - Z_A$; $(Z_C - Z_A) / (Z_B - Z_A)$ et les utiliser pour résoudre des problèmes □
- Utiliser les formules de Moivre, d'Euler et linéarisation □
- Déterminer et interpréter les racines $n^{ièmes}$ d'un nombre complexe □
- Résoudre une équation du second degré □

- Résoudre une équation de degrés 3 ou 4 avec des indications □

7. L'enseignant annonce-t-il les objectifs de la leçon ?

Oui □ Parfois □ Non □

8. L'enseignant fait-il des activités pour faciliter les apprentissages ?

Oui □ Parfois □ Non □

9. Si oui, lors des activités, travaillez-vous en groupe ?

Oui □ Parfois □ Non □

10. L'enseignant donne-t-il des séries d'exercices ?

Oui □ Parfois □ Non □

11. Êtes-vous satisfaits de la méthode de l'enseignement des nombres complexes ?

Oui □ Parfois □ Non □

12. Le volume horaire est-il suffisant pour faire le tour du cours et des exercices ?

Oui □ Non □

13. De combien de livres de Mathématiques disposez-vous ?……

14. Avez-vous suffisamment fait des exercices sur tous les objectifs du chapitre ?

Oui □ Non □

III. ASPECTS RELATIFS A L'ÉVALUATION

15. A chaque chapitre exécuté, l'enseignant fait-il une(ou des) évaluation(s) ?

Oui □ Parfois □ Non □

16. Lors des évaluations sur les nombres complexes, les exercices sont-ils conformes aux notions étudiées ?

Oui □ Parfois □ Non □

17. Dans quel intervalle se situe la moyenne de vos notes lors des évaluations sur les nombres complexes ? [0;6[□ [6;10[□ [10;14[□ [14;20]

Annexe 3 :

<u>Grille de lecture des cahiers de textes :</u>

POINTS A ANALYSER	CONSTAT
L'enseignant exécute-t-il sa tache de remplissage du cahier de textes ?	
L'enseignant a-t-il respecté les consignes officielles du programme ? (méthode, contenu…)	
L'enseignant a-t-il enseigné tous les points d'apprentissage prévus ?	
L'enseignant a-t-il fait suffisamment d'exercices ? (fiches, consignes : numéros exos…livre …page)	
Combien d'évaluations l'enseignant a fait ? Sont-elles conformes aux objectifs du chapitre ?	
L'enseignant a-t-il respecté le temps d'enseignement ? (volume horaire)	

Annexe 4 :

TEST ADRESSÉ AUX ÉLÈVES DE T^{le} C

Etablissement : Durée : 2H

EXERCICE N 1

I. 1). Résoudre dans IR les équations suivantes :

a) $x^2 – (\sqrt{2} +1) x + \sqrt{2} = 0$; b) $x^3 -7x +6 = 0$; c) $\sqrt{3}\cos x - \sin x - 1 = 0$

2).Déterminer une mesure de x sachant que :

a) $\cos x = -1/2$ et $x \in [0, \pi[$; b) $\begin{cases} cosx = -\sqrt{3}/2 \\ \sin x = 1/2 \end{cases}$

3).Ecrire sous forme algébrique :

a) $(1+i)(1-2i)(1+3i)$; b) $\frac{-1+i\sqrt{3}}{1+i}$

4).Déterminer le module et un argument de :

a) $(\sqrt{3} + 3i)(1-i)$; b) $\frac{-1+i\sqrt{3}}{1+i}$

5). a) Ecrire sous forme trigonométrique : $\frac{-1+i\sqrt{3}}{1+i}$ et $i(\sqrt{3} +i)^3$

b) De 3) et 5) en déduire les valeurs exactes de $\cos(5\pi/12)$ et $\sin(5\pi/12)$

EXERCICE N 2

1) Dans le plan complexe, on considère les points A, B, C et D d'affixes respectives : -1+i ; -1-i ; 2i et 2-2i. a) Représenter A, B, C et D dans le plan.

b) Etudier la nature du triangle ACD.

c) Montrer que A, B, C et D sont cocycliques et déterminer le centre ainsi que le rayon du cercle.

2).a) Linéariser : $\cos^3 x \sin 2x$; b) Exprimer $\sin 5x$ en fonction de $\sin x$, $x \in IR$.

3).Résoudre dans C : a) $iz^2 + z +3 = i = 0$; b) $z^4 – 2(-1+i\sqrt{3}) = 0$

c) $z^3 + (1+ i\sqrt{3})z^2 + (1+ i\sqrt{3})z + i\sqrt{3} = 0$ sachant qu'elle admet une solution imaginaire.

4). Déterminer l'ensemble des points M d'affixe $z = x + iy$ tels que :

a) z^2 soit réel ; b) $(z + i) / (z – i)$ soit imaginaire ; avec $z \neq i$.

Annexe 5 :

PROGRAMME DE MATHEMATIQUES

CLASSE DE TERMINALE C

HORAIRE HEBDOMADAIRE : 8 HEURES

COEFFICIENT : 6

PROGRESSION DE LA CLASSE DE TERMINALE C

Semaine	Cours	Durée
1	SUITES NUMERIQUES	1 semaine
2 3 4	NOMBRES COMPLEXES	3 semaines
5 6 7 8 (4H)	FONCTIONS NUMERIQUES (fonctions logarithmes, fonctions exponentielles, propriétés des fonctions continues et dérivables, exemples d'étude de fonctions, encadrements et approximations)	3,5 semaines
8 (4H) 9 10 (4H)	CALCUL BARYCENTRIQUE	2 semaines
10 (4H) 11 12 13 14	TRANFORMATIONS, AFFINITE, PROJECTION	4,5 semaines
15	CONIQUES	1 semaine
16 17	PROBABILITES	2 semaines
18 19 20 21	GEOMETRIE DANS L'ESPACE	4 semaines
22	CALCUL INTEGRAL	1 semaine
23 (4H)	EQUATIONS DIFFERENTIELLES	0,5 semaine
23 (4H)	STATISTIQUE	0,5 semaine
24 25 26	ARITHMETIQUE	3 semaines

Contenus	Objectifs	Commentaires
Chapitre 2 : Nombres complexes 1. Différentes formes d'un nombre complexe Le corps des nombres complexes. Forme algébrique. Conjugué d'un nombre complexe. Représentation géométrique d'un nombre complexe, affixe d'un point, d'un vecteur. Module d'un nombre complexe. Argument d'un nombre complexe non nul. Forme trigonométrique d'un nombre complexe non nul. Notation $z = re^{i\theta}$. 2. Applications de la forme trigonométrique d'un nombre complexe. Formule de Moivre. Linéarisation ; transformation de cosnx et sinnx en polynôme de cosx et sinx. Racines n-ièmes d'un nombre complexe. Interprétation géométrique. 3. Résolution dans C d'équations du second degré.	-Définir le corps ℂ des nombres complexes. -Donner les différentes écritures (notations) d'un nombre complexe : algébrique, trigonométrique, exponentielle. -Représenter graphiquement un nombre complexe. -Déterminer le module et un argument d'un nombre complexe. -Interpréter le module et l'argument de $Z_B - Z_A$ et de $\frac{ZC - ZA}{ZB - ZA}$, Z_A, Z_B , Z_C étant des nombres complexes, dans des problèmes de distance et d'angle (alignement, cocyclicité). -Reconnaitre et utiliser les formules de Moivre et d'Euler. -Linéariser un polynôme trigonométrique (degré inférieur ou égal à 5). -Déterminer et interpréter géométriquement la racine n-ièmes d'un nombre complexe. -Résoudre des équations du second degré dans ℂ. -Résoudre une équation du 3e degré connaissant une racine.	La construction algébrique de ℂ n'est pas au programme. On pourra introduire ℂ à partir de la non existence de solution réelle de l'équation : $x^2 + 1 = 0$.