

# Usages co-créatifs des TIC dans l'enseignement des mathématiques : effets sur l'apprentissage des futurs enseignants

Mohammed Mastafi

▶ **To cite this version:**

Mohammed Mastafi. Usages co-créatifs des TIC dans l'enseignement des mathématiques : effets sur l'apprentissage des futurs enseignants. FORMATION ET ENSEIGNEMENT DES MATHÉMATIQUES ET DES SCIENCES: Didactique, TIC et innovation pédagogique, 2019. hal-02067038v1

**HAL Id: hal-02067038**

**https://amu.hal.science/hal-02067038v1**

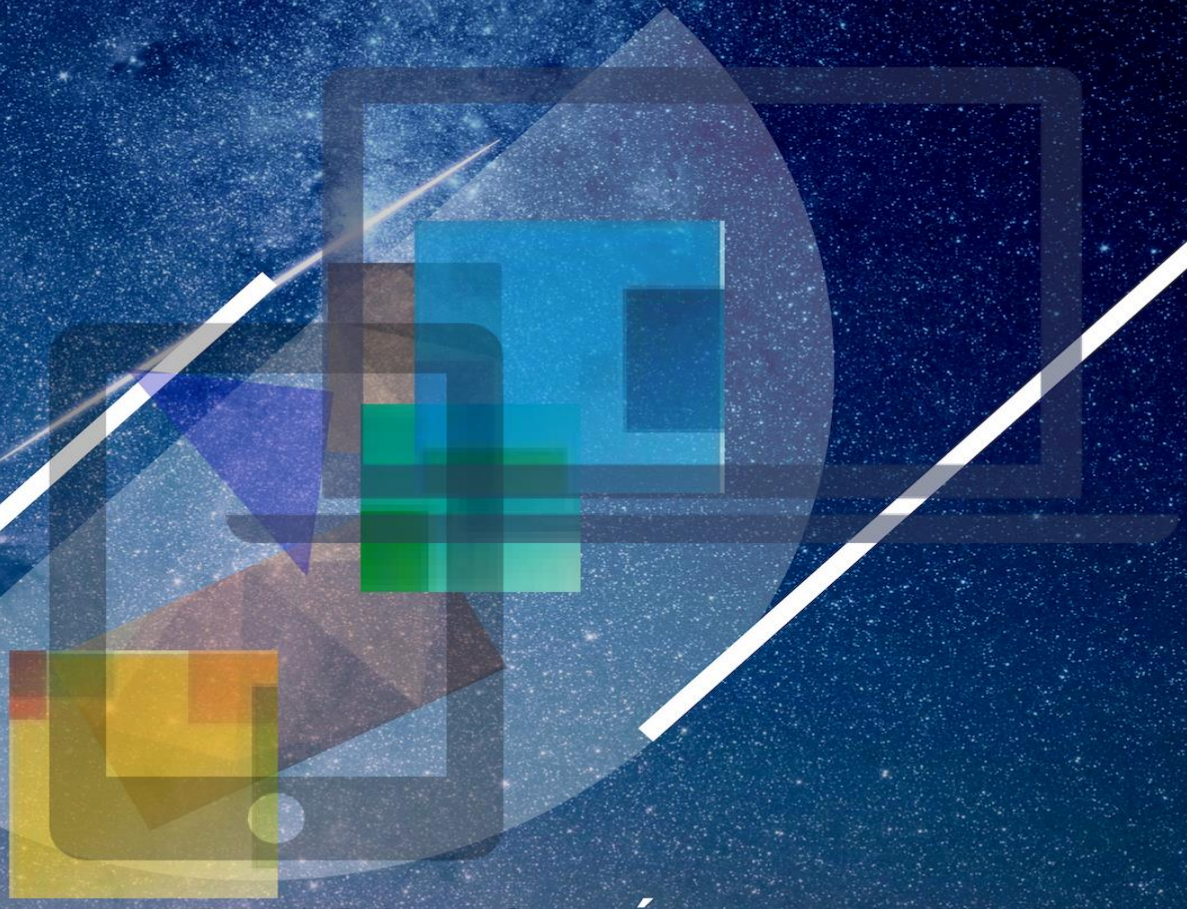
Submitted on 13 Mar 2019 (v1), last revised 18 Mar 2019 (v2)

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# FORMATION ET ENSEIGNEMENT DES MATHÉMATIQUES ET DES SCIENCES

## Didactique, TIC et innovation pédagogique




**OUVRAGE COORDONNÉ PAR**

Mohammed MASTAFI

Bouchaib CHERRADI

Ahmed JAMEA


Préface de Denis Butlen

# FORMATION ET ENSEIGNEMENT DES MATHEMATIQUES ET DES SCIENCES

*Didactique, TIC et innovation pédagogique*

# *Usages co-créatifs des TIC dans l'enseignement des mathématiques : effets sur l'apprentissage des futurs enseignants*

Mohammed MASTAFI[1]

**Résumé**

*L'objectif de l'étude présentée partiellement dans cet article est d'étudier les effets de l'usage créatif du logiciel Geogebra, dans un contexte d'apprentissage coopératif, sur les performances des futurs enseignants du préscolaire et primaire. L'échantillon de l'étude se compose de 65 étudiants répartis en quatre groupes. Deux groupes expérimentaux ont subi un enseignement dispensé à l'aide du logiciel Geogebra et deux groupes témoins ont suivi un enseignement sans aucun logiciel mais selon deux approches pédagogiques (coopérative et transmissive) différentes. Un prétest est organisé avant l'expérimentation et qui a servi à la répartition des étudiants. Les données quantitatives ont été recueillies à l'aide de deux post-tests et un post-test-bilan organisés respectivement au cours et après l'expérimentation. L'analyse ANNOVA et le test de Tukey indiquent que l'enseignement intégrant mobilisant une approche pédagogique active (coopérative) avec un engagement des apprenants dans un processus d'usage créatif de Geogebra a permis l'amélioration des performances et la capacité d'acquisition des étudiants par rapport à ceux des trois autres groupes. Les résultats révèlent que les effets de l'utilisation de Geogebra dans un contexte pédagogique transmissif restent limités sur l'amélioration des performances et des connaissances des étudiants.*

**Mots clés :** Geogebra, géométrie dans l'espace, futurs enseignants du primaire, pédagogie active

## 1. Introduction et problématique

Dans le contexte français, la formation des futurs enseignants du préscolaire et du primaire est qualifiée de polyvalente et elle est répartie sur plusieurs unités d'enseignement dont les connaissances mathématiques représentent une grande importance. Or, comme c'est le cas dans plusieurs pays, les futurs enseignants du préscolaire et du primaire en France sont issus de champs disciplinaires différents et la majorité d'entre eux avaient suivi un cursus relevant des sciences humaines et sociales.

En fait, pour devenir professeur des écoles en France, la réussite au concours est une étape obligatoire qui suppose de bonnes connaissances, à la fois pratiques et théoriques. Pour se préparer à ce concours et être accompagnés dans leur entrée dans le monde professionnel, les étudiants intègrent le cycle de master métiers de l'enseignement, de l'éducation et de la formation (MEEF) au sein de l'École Supérieurs du Professorat et d'Éducation (ESPE). Au cours des deux

[1]Laboratoire Apprentissage, Didactique, Évaluation, Formation (ADEF), Université Aix Marseille

années de master, les futurs enseignants bénéficient d'une formation qualifiée de polyvalente dont les mathématiques et sa didactique représentent une part importante. Ces dernières années, les questions relatives à la formation des futurs enseignants suscitent de plus en plus l'intérêt des chercheurs et des formateurs. Ces préoccupations prennent, plus d'ampleur lorsqu'il s'agit de la formation mathématique des futurs enseignants du primaire.

Comme enseignant de mathématiques et sa didactique, nous étions soucieux d'offrir à nos étudiants, futurs enseignants du préscolaire et du primaire, un environnement pédagogique favorable non seulement à l'émergence des compétences professionnelles requises mais aussi à l'acquisition des connaissances disciplinaires en mathématiques. Nous avons donc choisi d'orienter notre approche pédagogique, à chaque fois qu'il est possible, vers un apprentissage basé sur l'intégration d'environnement d'apprentissage dynamique. Notre intérêt pour cette approche réside dans le fait que, à de nombreuses reprises, nous avons observé que les étudiants, futurs enseignants du préscolaire et du primaire éprouvaient des difficultés d'apprentissage des mathématiques.

Toutefois, les mathématiques peuvent être considérées comme une matière difficile que ce soit dans son apprentissage comme dans son enseignement. Apprendre les mathématiques implique la compréhension des théories et des formules pour décrire des objets éventuellement abstraits. En général, pour un grand nombre des futurs enseignants du primaire, les mathématiques constituent une discipline difficile à aborder. En effet, plusieurs auteurs ont observé que les futurs enseignants du primaire rencontrent de nombreuses difficultés disciplinaires en mathématiques et ont une maîtrise inadéquate des connaissances mathématiques (Arsenault et Voyer, 2003 ; Morin, 2003 ; Morris, 2001).

Par ailleurs, l'enseignement des mathématiques est marqué de plus en plus par l'intégration des environnements d'apprentissage dynamiques qui nous permettent de créer des objets mathématiques et de les explorer visuellement et dynamiquement. Ce type d'environnement d'apprentissage est considéré comme étant celui dans lequel les apprenants peuvent visualiser, construire et manipuler des concepts mathématiques. Les environnements d'apprentissage dynamiques permettent aux apprenants d'agir mathématiquement et de rechercher les relations entre les objets qui ne seront pas aussi intuitifs dans l'environnement papier-cryon. Comme il a été noté par de nombreux auteurs (Hohenwarter et Jones, 2007 ; Güyer, 2008), actuellement, l'ordinateur est considéré comme un outil puissant et utile pour enseigner et apprendre les mathématiques en général et pour comprendre les concepts mathématiques en particulier.

Ainsi, nous émettons l'hypothèse selon laquelle l'intégration pédagogique des environnements d'apprentissage dynamiques des mathématiques est susceptible de favoriser les performances mathématiques des étudiants. Plus particulièrement, il nous semble intéressant de mener une étude sur l'efficacité de Geogebra dans l'apprentissage des mathématiques pour voir dans quelle mesure l'utilisation de ce logiciel permet l'amélioration des compétences mathématiques des futurs enseignants du préscolaire et du primaire.

Le but de notre recherche est d'étayer l'affirmation selon laquelle un environnement d'apprentissage dynamique comme Geogebra permet aux apprenants de saisir un concept mathématique abstrait en créant ou en manipulant des objets mathématiques construits dans ces systèmes et en mettant en œuvre des habiletés de pensée critique. Plus particulièrement, nous étudions le rôle de l'usage co-créatif de Geogebra dans l'apprentissage des futurs enseignants. Nous comparons ce type d'usage avec l'usage passif de ce logiciel pour savoir dans quelles mesures la simple visualisation dynamique de certaines propriétés de la géométrie dans l'espace favorise la compréhension de ces objets mathématiques chez les futurs enseignants du primaire. Nous présentons dans cet article, les résultats partiels d'une recherche que nous avions menée récemment auprès des futurs enseignants du premier degré à l'école supérieur du professorat et d'éducation d'Aix Marseille université.

## 2. Contexte théorique

Au début nous jugeons très utile de définir quelques concepts importants pour notre recherche à savoir : créativité, usage créatif et usage co-créatifs des TIC.
Dans le contexte éducatif, le concept de la créativité est complexe. La créativité est considérée comme l'une des compétences clés du 21ème siècle (Romero, Lille, Patiño, 2017) et est définie comme la capacité de développer individuellement ou en équipe des processus ou des réalisations adaptés aux contextes dans lequel ils se produisent et qui ont les caractéristiques d'originalité, de précision et de pertinence (Capron-Puozzo, 2014). « *La créativité est donc de nature subjective et contextuelle, car elle est définie en lien aux relations entre le contexte, le sujet créatif et le groupe de référence qui juge de la créativité* » (Romero, Lille, Patiño, 2017, p.32). En fait, un acte jugé créatif dans un contexte pourrait ne pas l'être dans d'autres contextes. Souvent, la créativité est considérée comme une affaire individuelle (Sternberg et Lubart, 1995). Cependant, en contexte éducatif, face à des situation problèmes complexes les élèves auront besoin de collaborer pour produire des solutions pertinentes. Autrement dit, en éducation les processus et les réalisations créatifs peuvent être menés aussi de manière collaborative. On parle dans ce cas de la notion de co-créativité qui rassemble les facteurs de créativité et ceux de collaboration. La réalisation de production numérique peut se faire donc selon un processus créatif individuel (usage créatif des TIC) ou collaborative (usage co-créatif des TIC).
Au contraire, lorsque l'apprenant est placé dans un environnement d'apprentissage qui lui permet de visualiser des ressources numériques (vidéos, animations, images etc.) ou d'interagir avec certains éléments de cet environnement sans aucune réalisation de production, il sera dans une position de consommateur (Romero, Lille, Patiño, 2017).

Depuis longtemps, en 1985, l'étude commanditée par la Commission internationale pour l'enseignement des mathématiques (ICMI) sur le thème de l'influence de l'ordinateur et l'informatique sur les mathématiques a pu mettre en exergue trois dimensions d'influences à savoir : les effets sur les pratiques mathématiques, les effets sur les processus d'enseignement et d'apprentissage et les effets sur les curricula et la formation des enseignants (Cornu et Ralston, 1992). Si l'étude a bien mis en lumière les effets sur les mathématiques et ses pratiques, elle a considéré que l'influence sur l'enseignement et l'apprentissage reste limitée et bien moins claire (Artigue, 2008).
En se référant à l'approche anthropologique dans sa dimension de rapport aux objets mathématiques (Chevallard, 1992, 1999), Artigue (2008) considère que la compréhension de l'impact de l'usage des logiciels sur l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques ne peut se faire en *« éparant les contenus des pratiques dans lesquelles ces contenus sont engagés* ». De plus, à partir de l'approche instrumentale (Rabardel, 1996) nous concluons que l'objet d'apprentissage (ce que nous apprenons) et la façon dont nous apprenons dépendent étroitement des artefacts mobilisés pour cet apprentissage. Autrement dit, les artefacts (logiciels) influent non seulement les pratiques d'enseignement mais aussi les contenus enseignés.
Au cours des deux dernières décennies, la littérature sur l'enseignement des mathématiques a recensé de nombreuses études montrant que l'accouplement de l'utilisation des technologies de l'information et de la communication (TIC) avec des méthodes pédagogiques appropriées permet l'amélioration et l'enrichissement du processus pédagogique des mathématiques (Yorganci, 2014). Dans ce sens, Romero et Laferrière (2015) précisent que les effets pédagogiques de l'usage passif des TIC où l'apprenant prend la position de consommateur restent très limités. Ces deux chercheuses attirent « *l'attention sur les usages pédagogiques des TIC permettant de développer la modélisation de connaissances au niveau individuel ou collaboratif pour que le potentiel des TIC comme outils cognitifs et métacognitifs* ». Pour cela, elles mettent l'accent sur l'importance du choix des usages pédagogiques des TIC qui engagent les apprenants dans un

processus de création de contenus numériques, de manière collaborative ou individuelle. En fait, pour elles, ce processus est considéré comme un processus de création de connaissance.
De plus, l'intégration d'un logiciel de géométrie dynamique dans une classe de géométrie a ouvert la voie à la recherche pour étudier l'impact de ce type de logiciel sur l'apprentissage des élèves. En effet, cet environnement d'apprentissage permet aux élèves de se pencher sur la relation entre les objets géométriques, de faire des conjectures à leur sujet et de les tester pour pouvoir prouver la vérité de leurs conjectures (Arzarello, Olivero, Paola et Robutti, 2002 ; Baccaglini-Frank et Mariotti, 2010 ; Guven, Cekmez et Karatas, 2010 ; Laborde, 2005).
Parmi ces environnements d'apprentissage dynamique figurent les logiciels de géométrie dynamique comme Geogebra, cabri géomètre, géoplan-geospace etc. En particulier, le logiciel Geogebra attire l'attention sur le fait qu'il s'agit d'un environnement d'apprentissage important utilisé à tous les niveaux de l'enseignement. Geogebra est un logiciel utilisé en géométrie, algèbre et calcul (Hohenwarter, Kreis et Lavicza, 2008), et est utilisé comme un outil versatile pour visualiser et concrétiser des concepts mathématiques (Hohenwarter et Jones, 2007). Selon Hähkiöniemi (2017), Geogebra contribue à la compréhension des problèmes conceptuels et opérationnels chez les élèves et constitue un outil efficace dans l'enseignement des mathématiques fondé sur la recherche. Il combine les caractéristiques de différents logiciels de mathématiques, la facilité de son utilisation et sa gratuité sont parmi les raisons qui ont contribué à sa diffusion auprès des enseignants et chercheurs du monde entier (Diković, 2009). En ce sens, Geogebra a mérité l'obtention de plusieurs prix d'excellence au niveau national et international dont nous pouvons citer entre autres : le prix autrichien du logiciel éducatif (2003), le prix allemand des médias éducatifs Trophées du Libre (2004), le prix international du logiciel libre (2005), le prix de l'Association for Educational Communications and Technology (Orlando, USA) en 2008 etc.
De nombreuses recherches ont été menées pour étudier l'usage et les effets de plusieurs logiciels de mathématiques comme Logo, Geometer's Sketchpad, Cabri, Derive, Mathematica, Scientific WorkPlace. Au cours des dernières années, un certain nombre d'études se sont intéressées à l'étude du logiciel de mathématiques Geogebra (Vandebrouck, Robert, 2017 ; Reis, 2010 ; Gueudet, Vandebrouck, 2009 ; Kutluca et Zengin, 2011 ; Zengin, 2011 ; Tatar, 2012). Les logiciels éducatifs qui fournissent un environnement d'apprentissage visuel et efficace aux élèves deviennent de plus en plus performants au fur et à mesure que les améliorations technologiques se multiplient. Dans le domaine de l'enseignement des mathématiques, la capacité des logiciels à établir une relation entre la géométrie et l'algèbre est devenue une valeur importante dans les programmes de mathématiques (Hohenwarter et Jones, 2007). Geogebra est l'un des logiciels qui intègrent les possibilités de la géométrie dynamique et de l'algèbre dans un même programme d'enseignement des mathématiques (Hohenwarter et Jones, 2007 ; Antohe, 2009).
De plus, les résultats d'autres études ont démontré que le logiciel Geogebra facilite la reconnaissance des relations entre les structures mathématiques en contribuant au processus de découverte des mathématiques et permet aux élèves de développer des attitudes positives en rendant l'enseignement et l'apprentissage plus agréables (Ardiç et Isleyen 2017 ; Dockendorff et Solar, 2018 ; Kutluca et Baki, 2009).
Pour cela, en France comme dans la plupart des pays occidentaux, les curriculums insistent souvent sur l'utilisation de méthodes interactives dans l'enseignement des mathématiques. Cependant, si un logiciel éducatif comme Geogebra pourrait être utilisé par la majorité des acteurs de l'enseignement, sans avoir de connaissances avancées en informatique et en programmation, nous comprenons que pour mettre en place ces méthodes, la première étape consiste à remplacer les figures statiques dessinées sur le tableau « noir » par des images dynamiques expliquant des phénomènes mathématiques.
Toutefois, si dans une salle de classe typique, le défi pour les élèves est d'explorer des problèmes complexes, il est encore plus complexe dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques, où les enseignants doivent équilibrer l'utilisation des outils d'enseignement et d'apprentissage mentaux, papier et numériques qui impliquent des concepts mathématiques

abstraits difficiles à comprendre pour les élèves (Prieto, Sordo Juanena et Star, 2013). L'utilisation des environnements d'apprentissage dynamique comme Geogebra influe sur le contenu et les objectifs de l'apprentissage, et constitue un moyen pour améliorer le processus d'enseignement et d'apprentissage (Voogt, 2008).

## 3. Méthodologie de recherche

Rappelons que l'objectif de la présente recherche est double, il consiste d'une part, à s'interroger sur l'impact de l'intégration du logiciel Geogebra sur les apprentissages des futurs enseignants du préscolaire et du primaire et d'autre part, à identifier dans quelle mesure la pédagogie coopérative favorise elle la réussite de cette intégration. Pour ce faire, nous avons adopté une approche méthodologique quasi-expérimentale. Ce modèle de recherche est conçu conformément au modèle de groupe témoin avant et après l'expérimentation (Buyukozturk, 2001). L'étude a été réalisée auprès de 65 étudiants de master MEEF (28 étudiants en M1 et 35 étudiants en M2 non lauréats du concours de recrutement) de l'ESPE d'Aix Marseille Université, et porte sur l'enseignement des mathématiques. La séquence pédagogique proposée dans le cadre de notre étude concerne le cours de la géométrie dans l'espace et a été réalisée sur quatre heures réparties en deux séances de 2 heures chacune.

### 3.1. Participants

Notre échantillon est constitué de 65 stagiaires au total, initialement appartenant à trois groupes. Pour mener notre expérience, nous avons réparti ces étudiants en quatre groupes que nous noterons G1, G2, G3 et G4. Les deux groupes G1 et G2 sont des groupes expérimentaux constitués respectivement de 17 et 16 étudiants auxquels un enseignement assisté par Geogebra a été dispensé. Quant aux groupes témoins G3 et G4 sont constitués chacun de 16 étudiants et subissent un enseignement sans usage de Geogebra. Afin d'assurer l'homogénéité entre les quatre groupes, la répartition des étudiants a été faite sur la base de la note du prétest de diagnostic réalisé avant la mise en œuvre des expérimentations. En fait, dans un premier temps tous les étudiants ont été classés sur la base de cette note, dans un second temps ceux ayant plus ou moins le même classement ont été répartis en quadruples et enfin les quatre étudiants de chaque quadruple ont été partagés aléatoirement entre les quatre groupes G1, G2, G3 et G4.
Les étudiants des deux groupes expérimentaux G1 et G2 ont reçu lors des deux séances d'expérimentation un enseignement du cours de la géométrie dans l'espace intégrant le logiciel de mathématiques Geogebra et le logiciel de présentation *PowerPoint* mais en adoptant deux approches d'enseignement différentes. Le groupe G1 a subi un enseignement basé sur la pédagogie coopérative de groupes où les apprenants créent, de manière collaborative, leurs propres contenus numériques à l'aide de Geogebra. Les étudiants de ce groupe G1 ont préalablement été initiés à l'usage du logiciel Geogebra. Quant à l'enseignement dispensé au groupe G2 a été effectué en suivant la méthode expositive, basé sur la visualisation collective des animations crées préalablement en utilisant les logiciels Geogebra et Powerpoint.
Quant aux élèves des deux groupes témoins G3 et G4 ont suivi un enseignement du même contenu de cours que leurs collègues des groupes G1 et G2, sans aucun usage des TIC, mais selon deux approches différentes. L'enseignement dispensé aux étudiants du groupe G3 a été effectué en suivant une méthode active (pédagogie coopérative), alors que les étudiants du groupe G4 ont été enseignés à l'aide d'une méthode purement expositive (Tableau 1).

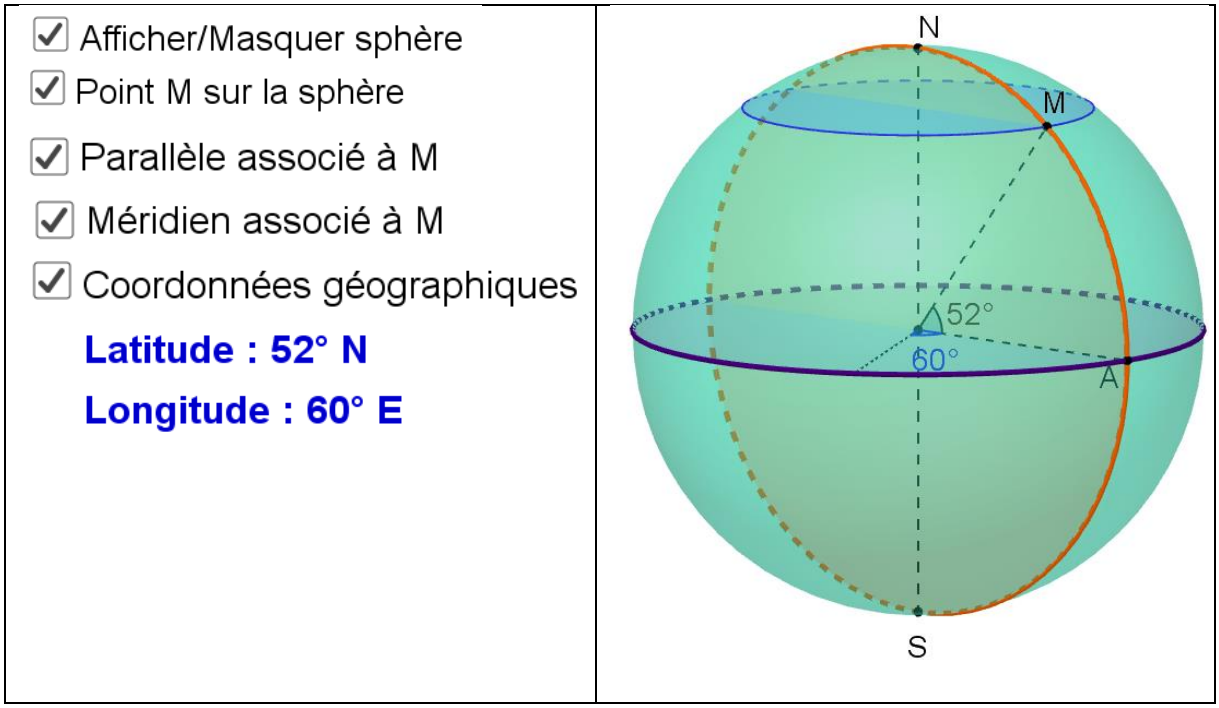
***Tableau 1 : Répartition des groupes selon les approches d'enseignement adoptées***

| G1 | G2 |
|---|---|
| Usages créatifs de contenu à l'aide de Geogebra + pédagogie coopérative | Visualisation collective de ressources numériques + PowerPoint + méthode expositive |
| Méthode active (pédagogie coopérative) sans usage des TIC | Méthode expositive sans usage des TIC |
| **G3** | **G4** |

### 3.2. Instruments

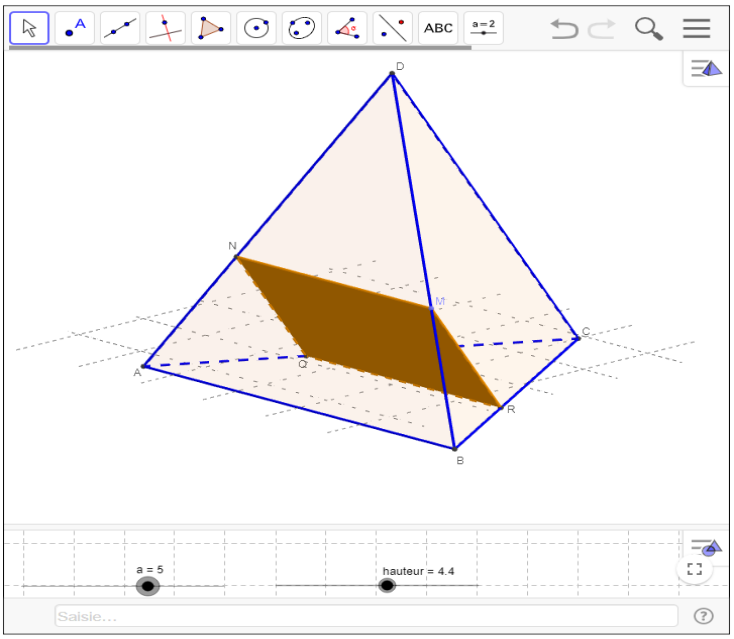
Pour atteindre, d'une manière aussi objective et complète, les objectifs de notre étude et de fournir une analyse descriptive de l'impact de l'usage des TIC dans l'enseignement-apprentissage des mathématiques ainsi que de comprendre, expliquer et analyser les liens qui peuvent exister entre l'usage des TIC de manière créative d'une part ou consommative d'autre part et le type de méthodes pédagogiques mises en œuvre, nous avons utilisé une multitude d'instruments de collecte de données. En fait, nous avons utilisé un prétest, un post-test après chaque séance d'apprentissage, une grille d'observation de classes, un test bilan global une semaine après la fin de l'expérimentation et un questionnaire après la dernière séance d'expérimentation. Cependant, dans le cadre de cet article nous ne présentons que les résultats relatifs aux tests.
Il convient de préciser que l'enseignement dispensé aux quatre groupes a porté sur le même contenu de cours de la géométrie dans l'espace et avait les mêmes objectifs. En fait, ce cours de la géométrie dans l'espace porte sur les notions de positions relatives des droites et des plans dans l'espace, l'orthogonalité d'une droite et d'un plan, l'orthogonalité de deux plans, les propriétés du parallélisme et d'orthogonalité, les solides et leurs propriétés, les représentations en perspective cavalière et le repérage dans l'espace.
Pour chacune des notions étudiées, nous avons préparé des travaux pratiques non détaillés et permettant aux étudiants du groupe G1 de créer, de manière collaborative, leurs propres contenus numériques, sous forme d'animation, sous Geogebra. Nous avons aussi préparé préalablement des animations sous Geogebra à présenter (projeter) collectivement au groupe G2.
L'avantage de ces animations réside dans le fait qu'elles permettent, dans une grande mesure, de simuler la réalité grâce à la caractéristique de trois dimensions qu'offre le logiciel Geogebra. De plus, du fait qu'elles ne sont pas statiques, ces animations peuvent être manipulées dans différents sens et différentes positions, ce qui permet d'assurer une meilleure visualisation des objets dans l'espace. La figure 1 est l'un des exemples des animations crées par les étudiants sur la notion de repérage dans l'espace. En effet, pour se repérer sur la Terre, il faut croiser deux lignes imaginaires : un *parallèle* qui donne la *latitude* et un *méridien* qui donne la *longitude*. La latitude est la valeur de l'angle que l'on mesure entre un parallèle et le parallèle de référence, *l'Équateur*. La longitude est la valeur de l'angle que l'on mesure entre un méridien et le méridien de référence, *Greenwich*. La figure 1 montre que la latitude du point M. est de 52° N (Nord) et sa longitude est de 60°E (Est). Cette animation, comme le montre la figure 1, offre la possibilité d'afficher et masquer les différents éléments la constituant (méridiens, parallèles, Méridien de Greenwich, Équateur etc.) mais aussi elle permet de varier l'angle de vue de l'utilisateur, la position du point M de manière à varier ses coordonnées géographiques.

**Figure 1 : repérage dans l'espace**



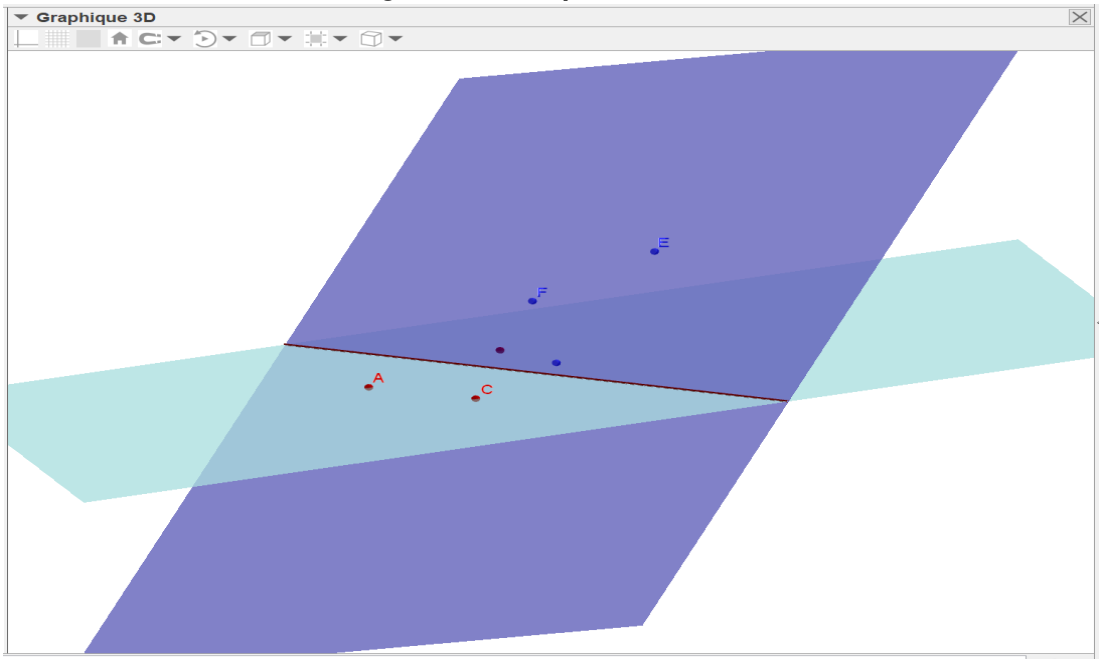

La figure 2 permet d'étudier la section d'un tétraèdre par un plan passant par un point et parallèle à deux arêtes. D'autres variantes de cette création ont permis l'étude de la section d'un tétraèdre par un plan quelconque.

**Figure 2 : section d'un tétraèdre par un plan**



La création illustrée dans la figure 3 a pour objectif d'étudier les positions relatives de deux plans. En particulier lorsqu'il s'agit de deux plans sécants. Les possibilités offertes par Geogebra permettent de paramétrer ces créations pour qu'elles soient dynamiques et visualisables dans l'espace sous différents angles de vue.

**Figure 3 : deux plans sécants**




- *Prétest*

Le prétest avait pour objectif essentiel la vérification des prérequis des étudiants. Il a été développé sur la base d'une gamme de sujets mathématiques ayant un rapport avec le cours de la géométrie dans l'espace programmé pour les expérimentations. En outre, il a été également utilisé pour classer et catégoriser les étudiants en groupe.

- *Post-tests*

Les post-tests, réalisés juste après les séances d'enseignement, étaient basés sur le contenu et les objectifs des enseignements dispensés lors des séances d'expérimentation. Chaque post-test se composait de deux exercices, le premier comprenait dix questions à choix multiples qui visaient d'évaluer le degré d'acquisition des connaissances de cours (Définitions, propriétés, théorèmes…), quant au deuxième exercice avait pour objectif d'évaluer le degré de compréhension en mettant en relation les différentes notions abordées.

- *Test bilan*

À l'inverse des post-tests réalisés après chaque séance, le test bilan est réalisé une semaine après la fin des expérimentations et portait sur le contenu de cours enseigné lors des deux séances. Il a été constitué de trois exercices, le premier et le deuxième exercice avaient pour objectifs respectifs l'évaluation du degré d'acquisition des connaissances et de compréhension. Alors que le troisième exercice avait pour objectif l'évaluation de la capacité de mobilisation de plusieurs compétences en même temps (évaluation sommative).

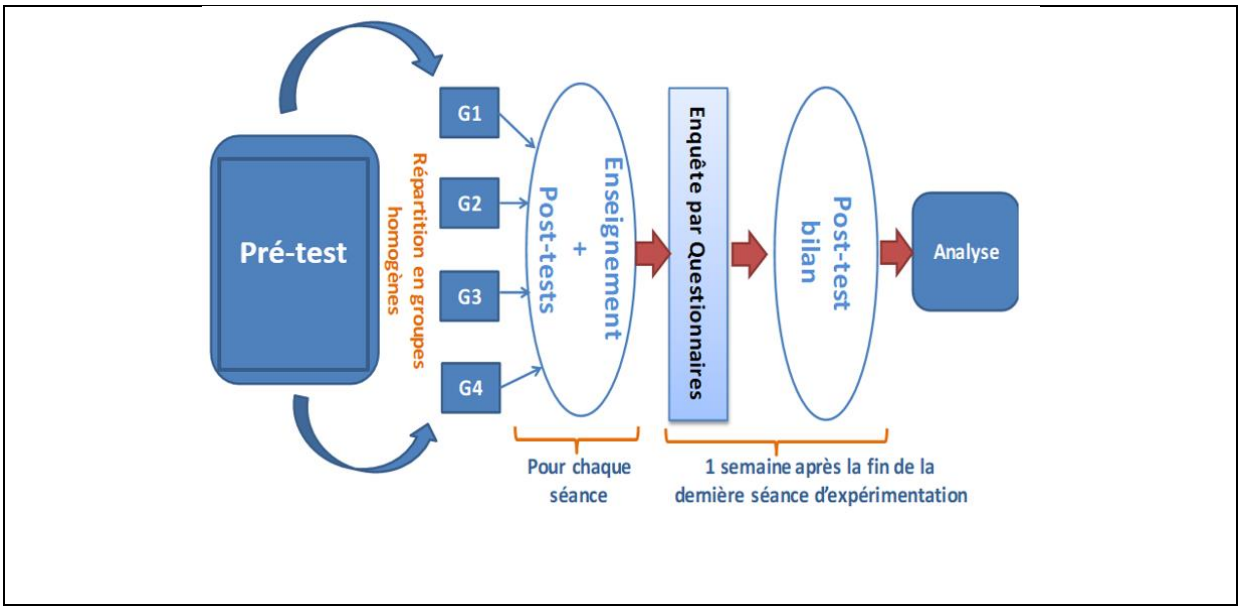
En fait, tous ces tests visaient à déterminer la performance des étudiants avant et après l'expérience. Pour assurer la validité de leur contenu, ces tests ont été développés, en se référant au contenu des cours dispensés ainsi qu'aux niveaux de performances à mesurer. En fait, ces tests ont été développés en concertation avec des collègues enseignants/formateur expérimentés et spécialisés en mathématiques et sa didactique, en sciences de l'éducation et en TICE. Chaque test a été noté sur 80 points et si un étudiant a répondu correctement à tous les éléments, un score maximal de 80 points était possible.

### 3.3. Conception et procédure de la recherche

Les futurs enseignants du préscolaire et du primaire seront amenés dans leurs vies professionnelles à enseigner de nombreuses notions de la géométrie dans l'espace à leurs élèves. Par conséquent, ils sont appelés à maîtriser les notions en rapport avec le parallélisme, l'orthogonalité et le repérage dans l'espace ainsi que les notions de volume, d'aire, de patrons, de sections et de réduction de différents solides (cube, parallélépipède, cône, prisme, cylindre, tétraèdre, etc.). Le choix de la géométrie dans l'espace comme objet d'enseignement pour notre expérimentation a été basé sur plusieurs critères à savoir son importance dans la formation des futurs enseignants, le niveau des difficultés qui accompagnent son enseignement et son apprentissage ainsi que la richesse des notions de son contenu.
Les séances d'apprentissage réalisées lors de la présente étude avaient pour objectifs l'étude de la coplanarité des droites, des positions relatives des droites et des plans dans l'espace, de l'orthogonalité d'une droite et d'un plan, de l'orthogonalité de deux plans et les propriétés du parallélisme et d'orthogonalité, le repérage dans l'espace et les volumes des solides dans l'espace. Chaque groupe d'étudiants témoins et expérimentaux a reçu l'enseignement du même contenu mais selon quatre approches différentes. Pour cela, différents scénarios pédagogiques ont été développés.
Pour les étudiants du groupe expérimental G1, la pédagogie coopérative, entant que méthode d'enseignement active centré sur l'apprenant, a été adoptée. Les étudiants de ce groupe ont été répartis en petits groupes hétérogènes de trois étudiants chacun (sauf un sous-groupe a été constitué de 2 étudiants). Pour chacune des séances d'enseignement dispensées à ce groupe, un scénario pédagogique intégrant les TIC a été préparé. En fait, le déroulement de chaque séance est basé sur des travaux pratiques sur ordinateur et utilisant le fameux logiciel de la géométrie dynamique Geogebra. Les étudiants de chaque petit groupe ont travaillé ensemble sur un même ordinateur dont le logiciel Geogebra est préinstallé. Quant aux guides des travaux pratiques (TP) à réaliser ont été distribués au format papier. Dans ce type d'approche, les apprenants sont responsables et acteurs de leurs apprentissages alors que l'enseignant a pour rôle d'accompagnateur, facilitateur et peut s'intervenir à chaque fois qu'il juge nécessaire pour guider ses étudiants. Les étudiants de ce groupe avaient pour mission, pour chaque TP, la création de l'animation correspondante et de répondre aux questions préparant la voie à l'étude des propriétés qui en découlent.
Quant aux étudiants du groupe expérimental G2 ont subi un enseignement basé sur une méthode expositive. En fait, les étudiants de ce groupe n'ont travaillé sur aucun ordinateur et l'enseignant a fait usage de son propre ordinateur pour projeter des animations et des simulations dynamiques pour enrichir son cours, renforcer son explication et illustrer les notions qu'il a abordées. Trois stratégies sont ainsi mobilisées à savoir l'exposition des notions de cours, la discussion et l'échange de questions.
Les étudiants du groupe témoin G3, tout comme leurs collègues du groupe G1, ont été répartis en petits groupes hétérogènes de deux ou trois étudiants chacun. La pédagogie coopérative a été aussi adoptée pour l'enseignement de ce groupe mais, sans usage de Geogebra ou autres outils numériques. Dans le but d'illustrer réellement les notions de cours et les objets géométriques dans l'espace, les scénarios pédagogiques utilisés ont été basés sur la réalisation des activités

manuellement à l'aide du papier cartonné. En fait, les membres de chaque sous petit groupe du groupe G3 coopèrent et collaborent entre eux dans la réalisation de chaque activité.
Quant aux étudiants du groupe témoin G4, ils ont subi un enseignement « traditionnel ». La méthode adoptée est purement expositive dite aussi transmissive. Ni outil informatique, ni objets géométriques réels n'ont été utilisés, que ce soit par l'enseignant ou par les étudiants. L'illustration de différentes notions abordées dans le cours a été faite à l'aide de dessins produits manuellement sur le tableau et sur les cahiers des étudiants. Les scénarios mis en œuvre pour ce groupe étaient basés essentiellement sur l'exposition des notions de cours, la discussion et l'échange de questions.
À la fin de chaque séance d'enseignement un test (post-test) de trente minutes a été réalisé et une semaine après la fin des expérimentations un test bilan (de contrôle) a été organisé simultanément pour tous les groupes témoins et expérimentaux (Figure 4).

**Figure 4 : Conception et procédure de l'expérimentation**




### 3.4. Méthodes d'analyse des données

Rappelons que la présente recherche est quasi-expérimentale. Elle visait d'une part, d'étudier l'impact de l'usage des TIC sur l'amélioration des apprentissages des futurs enseignants du préscolaire et primaire et d'autre part de vérifier dans quelle mesure la pédagogie coopérative favorise-t-elle l'intégration de ces technologies. Pour cela, nous nous sommes intéressés à la comparaison des scores (moyennes) obtenus par les quatre groupes dont chacun d'eux a subi un mode d'enseignement spécifique. Puisque l'analyse consiste à tenter de vérifier l'influence d'une variable explicative qualitative (mode d'enseignement) sur une variable dépendante quantitative (la variation des moyennes des post-tests) et puisque les quatre échantillons (4 groupes) sont de mêmes effectifs, nous avons préféré d'utiliser l'analyse de la variance (ANOVA). En fait, en présence de ces conditions ANOVA est assez peu sensible aux prémisses relatives à la non-normalité des populations étudiées et à l'hétérogénéité des variances. Pourtant, le test d'homogénéité des variances (tableau 2) montre bien que le test de Levene n'est absolument pas significatif. En fait, la dernière colonne du tableau 2 montre que la signification

de ce test est largement supérieure au seuil (p>0,05). Il en résulte qu'on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle d'égalité des variances. Autrement dit, elles sont considérées semblables et par conséquent l'analyse d'ANOVA convient parfaitement.

***Tableau 2 : Test d'homogénéité des variances***

| | Statistique de Levene | ddl1 | ddl2 | Signification |
|---|---|---|---|---|
| Post-test 1 (après sénace1) | 1,371 | 3 | 81 | ,258 |
| Post-test 2 (après séance 2) | ,509 | 3 | 81 | ,677 |
| Test-bilan (à la fin de l'expérimentation) | 1,057 | 3 | 81 | ,372 |

Ainsi, à l'aide du logiciel de statistique SPSS, les moyennes des post-tests ont été calculées et comparés pour chaque groupe et l'analyse de la variance à un seul facteur (ANOVA) a été utilisée pour étudier l'existence de différences significatives dans les performances des étudiants des groupes témoins et expérimentaux. En plus, dans le but d'identifier entre quels groupes ces différences sont significatives, le test ANOVA avec des mesures répétées a été appliqué. À ce propos, nous rappelons que l'analyse de la variance ANOVA vise à comparer les moyennes sur plusieurs échantillons en testant l'hypothèse nulle H0 selon laquelle tous ces échantillons ont la même moyenne.

## 4. Présentation et analyse des résultats principaux

Les statistiques descriptives des résultats des post-tests et du test-bilan sont données respectivement par les tableaux 3 et 4. Le tableau 3 décrit, pour chaque groupe, la moyenne des scores des deux post-tests. La principale constatation que nous pouvons faire d'après l'analyse de ce tableau est que les meilleurs scores (55,06 et 47,68 sur 80 points) ont été obtenus respectivement par les étudiants du groupe G1 ayant subi un enseignement mettant en œuvre une pédagogie coopérative intégrant un usage créatif des TIC et ceux du groupe G3 qui ont subi un enseignement mettant en œuvre également la pédagogie coopérative, mais sans utiliser les TIC. Les scores les plus faibles 42,86 et 34,94 sur 80 points, ont été obtenus respectivement par les étudiants du groupe G2, ayant suivi un enseignement transmissif faisant appel à un usage passif des TIC, et ceux du groupe G4 qui ont subi un enseignement purement traditionnel transmissif et sans usage d'aucune technologie. La moyenne des performances des quatre groupes est de 45,25 points sur 80.

***Tableau 3 : Répartition des moyennes des 2 post-tests selon les groupes expérimentaux et témoins***

| | | N | Moyenne | La statistique F | Signification |
|---|---|---|---|---|---|
| Moyenne des deux post-tests pour chaque groupe | G1 | 17 | 55,06 | 19,079 | 0,0000* |
| | G2 | 16 | 42,86 | | |
| | G3 | 16 | 47,68 | | |
| | G4 | 16 | 34,94 | | |
| | Total | 65 | 45,25 | | |

Si le classement des groupes, en termes de performances, obtenu pour les post-tests reste aussi valable pour le test-bilan, réalisé une semaine après les expérimentations, les résultats montrent que le niveau de performance a généralement baissé pour l'ensemble des groupes témoins et expérimentaux (tableau 4).
Selon la valeur très significative de la statistique F, que ce soit pour les post-tests (F=19,079, p<0,000000*, ddl=3) ou le test-bilan (F=12,715, p<0,000000*, ddl=3), l'hypothèse $H_0$, selon laquelle les moyennes des tests sont semblables pour les quatre groupes est à rejeter et par conséquent la différence entre les groupes est très significative. Ainsi, on peut conclure que le mode d'enseignement adopté influence très significativement l'apprentissage des élèves.

***Tableau 4: Moyenne des scores des élèves obtenus dans le test bilan selon les quatre groupes***

| | | N | Moyenne | La statistique F | Signification |
|---|---|---|---|---|---|
| Moyenne des Scores des élèves pour le test bilan (réalisé une semaine après l'expérimentation) | G1 | 17 | 49,73 | 12,715 | 0,0000* |
| | G2 | 16 | 39,05 | | |
| | G3 | 16 | 43,62 | | |
| | G4 | 16 | 27,5 | | |
| | Total | 65 | 40,10 | | |

Par ailleurs, pour savoir dans quelle mesure les groupes expérimentaux (G1 et G2) présentent un écart significatif vis-à-vis des groupes témoins (G3 et G4), nous avons utilisé le test de Tukey qui consiste à comparer chaque paire de moyennes. L'analyse du tableau de comparaisons multiples (tableau 5) montre que les étudiants du groupe expérimental G1, ayant suivi un mode d'enseignement basé sur une pédagogie active (coopérative) basée sur des travaux pratiques à l'aide du logiciel de géométrie dynamique Geogebra présente des différences très significatives (p<0,0000000001), en matière de performances mathématiques, par rapport à ceux du groupe témoin G4 qui ont subi un mode d'enseignement purement transmissif et sans usage d'outils logiciels. En fait, la différence de moyennes obtenues dans les post-tests (+20,63 points) montre que les étudiants du groupe expérimental G1 ont acquis des performances bien meilleures que celles de leurs collègues du groupe témoin G4.
De même, la comparaison des moyennes obtenues respectivement par les groupes G1 et G3 montre que la valeur de signification (p<0,038) et celle de la différence de moyennes (+7,06 points) affirment que les étudiants du groupe expérimental G1 ont acquis assez significativement de performances par rapport à ceux du groupe témoin G3 ayant subi un enseignement mobilisant une pédagogie active (coopérative) et sans usage des TIC (tableau 5).
Le tableau de comparaison multiple (tableau 5) montre aussi que les performances acquises des étudiants du groupe expérimental G2 ayant suivi un mode d'enseignement transmissif en faisant usage du logiciel Geogebra sont assez importantes que celles de leurs collègues du groupe témoin G4 qui ont subi un enseignement purement transmissif sans usage des TIC. La valeur de signification (p<0,006) largement inférieur à 0,05 ainsi que la différence positive des moyennes de G2 et G4 (8 ,809 points) confirment l'importance de cette différence. Cependant, la différence entre les deux groupes expérimental G2 et témoin G3 n'est cependant pas significative (p<0,272) largement supérieur à 0,05.
Enfin, il reste à souligner qu'il existe des différences très significatives (p<0,000000001) entre les deux groupes expérimentaux. En fait, les étudiants du groupe G1 présentent des performances assez importantes par rapport à ceux du groupe G2.

***Tableau 5 : Comparaisons multiples des moyennes***

| | (I) Groupes | (J) Groupes | Différence de moyennes (I-J) | Erreur standard | Signification |
|---|---|---|---|---|---|
| Test de Tukey | G1 | G2 | 11,82 | 2,58869 | ,00000** |
| | | G3 | 7,06 | 2,58869 | ,038 |
| | | G4 | 20,63 | 2,58869 | ,000000*** |
| | G2 | G1 | -11,82 | 2,58869 | ,000 |
| | | G3 | -4,76 | 2,61862 | ,272 |
| | | G4 | 8,809 | 2,61862 | ,006 |

## 5. Discussion et conclusion

La comparaison des différents résultats montre que l'usage de Geogebra dans un cadre d'enseignement expositif en absence de participation des apprenants dans la création de contenu n'aboutit pas à des résultats convaincants en matière de développement de leurs compétences. En plus, même si les résultats montrent que l'adoption d'une méthode active d'enseignement sans faire usage des TIC améliore sensiblement les performances des étudiants par rapport aux cas où un enseignement traditionnel transmissif est adopté, l'approche combinant l'usage de Geogebra et une méthode active (coopérative) où les apprenants créent et manipulent leurs propres contenus numériques reste privilégiée. En fait, dans le contexte de notre recherche, c'est ce dernier choix qui a permis aux apprenants du groupe expérimental G1 d'obtenir les meilleurs scores. Autrement dit, l'accouplement d'une approche pédagogique coopérative avec l'usage créatif du logiciel Geogebra par les apprenants ainsi que leur engagement dans la création collaborative des ressources numériques a permis à la majorité de ces apprenants de construire leurs connaissances et de développer leurs performances mathématiques objets d'apprentissage. Dans ce sens, nos résultats nous permettent de rejoindre les propos susmentionnés de Romero et Laferrière (2015).

Aussi, en rejoignant Lebrun (2004), nous pouvons souligner que l'usage des TIC favorise la réussite et facilite l'adoption des méthodes actives d'enseignement et leur offre une variété de possibilités pour s'enrichir. Inversement les méthodes actives favorisent la réussite de l'intégration des TIC.

À la lumière des résultats de cette étude, il apparaît que l'enseignement avec les TIC nécessite une pédagogie innovante basée sur l'exploitation de la collaboration entre les apprenants et la création de contenus sous support numérique par les apprenants eux-mêmes. Ces résultats viennent donc renforcer les conclusions de nombreuses études synthétisées dans la revue de littérature sur l'impact des TIC dans les écoles européennes (Balanskat, Blamire et Kefala, 2006; Kulik, 1994; Machin, McNally et Silva, 2006) qui soulignent que l'usage des TIC doit se faire selon une approche pédagogique prenant en compte la différenciation et soutenant l'approche par projet pour améliorer l'apprentissage.

L'efficacité et la réussite de l'intégration pédagogique des technologies de l'information et de la communication dépendent en fait, du degré de fusionnement des *« nouvelles technologies avec de nouvelles pédagogies et créer une classe socialement active, en stimulant l'interaction coopérative, l'apprentissage collaboratif et le travail de groupe.»* (UNESCO, 2011, p. 9). Autrement dit, *« la technologie à l'école sera « nouvelle si la pédagogie qui l'emploie est nouvelle »* souligne Bibeau (2008) dans une conférence portant sur la difficulté d'intégrer l'ordinateur à l'école ».

S'il n'y a, de toute évidence, aucune réponse claire et définitive sur l'efficacité de l'intégration des TIC dans l'enseignement en absence d'un ensemble de conditions didactique et pédagogique,

les résultats obtenus confirment l'importance de l'usage des TIC en général et en particulier celui du logiciel Geogebra dans le contexte d'apprentissage mobilisé auprès du groupe expérimental G1 (usage co-créatif du Geogebra). En effet, l'aspect pouvant enrichir les expériences d'apprentissage des étudiants est lié d'une part à leur engagement dans la création de contenu et d'autre part, à la nature dynamique du logiciel Geogebra qui permet d'observer comment les manipulations d'un objet (ou d'un groupe d'objets) entrainent des changements dans d'autres objets, comme le témoignent les exemples de repérage dans l'espace (figure1), la section d'un tétraèdre selon différents plans (figure 2) et les positions relatives de deux plans dans l'espace (figure 3) qui permettent aux étudiants de manipuler individuellement ces solides dans différents sens, de faire varier leurs dimensions et d'étudier les différents cas possibles.

En particulier, les représentations tridimensionnelles des concepts dans un environnement dynamique et les transitions dynamiques de ces représentations permettent aux étudiants de construire leurs connaissances et d'explorer les concepts mathématiques. Dans ce sens, les résultats de la présente étude corroborent ceux de plusieurs études qui montrent que l'utilisation de Geogebra contribue positivement aux processus d'apprentissage des apprenants (Delice et Karaaslan, 2015 ; Tatar et Zengin, 2016). Sur la base de ces résultats, on peut dire que le logiciel Geogebra ne peut favoriser seul un apprentissage efficace, mais son utilisation dans un contexte de pédagogie coopérative où les apprenants sont engagés dans un processus d'usage créatif de ressources numériques dynamiques, en lien avec l'objet d'apprentissage, leur permet de construire leurs connaissances grâce à son protocole de construction, ses fonctions de visualisation et de concrétisation.

## Références bibliographiques


Artigue, M. (2008). *L'influence des logiciels sur l'enseignement des mathématiques : contenus et pratiques*. Actes du séminaire DGESCO de février 2007, IREM de Rouan.

Ardiç, M. A., et Isleyen, T. (2017). Secondary School Mathematics Teachers' and Students' Views on Computer Assisted Mathematics Instruction in Turkey: Mathematica Example. *Malaysian Online Journal of Educational Technology*, *5*(1), 46-64. Retrieved from https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1125131.pdf

Antohe, V. (2009). *Limits of educational soft "Geogebra" in a critical constructive review annals. computer science series*. 7th Tome 1st Fasc, Tibiscus University of Timisoara, Romania.

Arsenault, C. et Voyer, D. (2003). Une démarche d'auto-évaluation au service de l'actualisation des savoirs mathématiques dans le cadre de la formation à l'enseignement. *In* Association francophone internationale de recherche scientifique en éducation (AFIRSE) et Ministère de l'Éducation Nationale (dir), *Former les enseignants et les éducateurs- une priorité pour l'enseignement supérieur.* Actes du Colloque de l'AFIRSE organisé par la Commission nationale française pour l'UNESCO. Mai 2003

Arzarello, F., Olivero, F., Paola, D., et Robutti, O. (2002). A cognitive analysis of dragging practises in Cabri environments. *ZDM*, 34(3), 66–72.

Balanskat, A., Blamire, R. et Kefala, S. (2006). *A review of studies of ICT impact on schools in Europe, (EUN)*. European Schoolnet in the framework of the European Commission's ICT cluster.

Bibeau, R. (2008). *La difficulté d'intégrer l'ordinateur à l'école à qui la faute ?* In 10ème Colloque annuel des directions et directions adjointes des écoles franco-ontariennes. Toronto.

Buyukozturk, S.(2001). *Experimental patterns: Before-after test control group pattern*. Ankara. Pegem Publishers.

Baccaglini-Frank, A., et Mariotti, M. A. (2010). Generating conjectures in Dynamic Geometry: The maintaining-dragging model. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 15(3), 225–253.

Cornu, B., et Ralston, A. (eds) (1992). *The influence of computers and informatics on mathematics and its teaching*. Science and Technology Education. Document Series 44. Paris: UNESCO.

Chevallard Y. (1992). Concepts fondamentaux de la didactique : perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 12/1, 77-111.
Chevallard Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en anthropologie du didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, vol. 19/2, 221-265.
Capron-Puozzo, I. (2014), "Pour une pédagogie de la créativité en classe de langue: réflexion théorique et pratique sur la triade créativité, émotion, cognition", *Voix Plurielles*, Vol. 11 No. 1, pp. 101–111.
Delice, A., et Karaaslan, G. (2015). Dinamik geometri yazılımı etkinliklerinin öğrenci performansları bağlamında incelenmesi: analitik düzlemde doğru denklemleri [Investigation of the effects of the dynamic geometry software tasks on students' performance: lineer equations. *Eğitim Bilimleri Dergisi*, 41(41), 35-57.
Diković, L. (2009). Applications Geogebra into teaching some topics of mathematics at the college level. *Computer Science and Information Systems*, 6(2), 191-203.
Dockendorff, M., et Solar, H. (2018). ICT integration in mathematics initial teacher training and its impact on visualization: the case of Geogebra. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, *49*(1), 66-84. https://doi.org/10.1080/0020739X.2017.1341060
Güyer, T. (2008). Computer algebra systems as the mathematics teaching tool, *World Applied Sciences* Journal, 3(1), 132-139.
Guven, B., Cekmez, E., et Karatas, I. (2010). Using empirical evidence in the process of proving: The case of dynamic geometry. *Teaching Mathematics and Its Application*, 29, 193–207.

Gueudet, G., Vandebrouck, F. (2009). *Technologies, enseignement et apprentissage des mathématiques : Revue de questions*. Séminaire national de didactique des mathématiques, 2009, Paris, France. IREM Paris 7, pp.219-240, 2010.
Hohenwarter, M., Hohenwarter, J., Kreis, Y., et Lavicza, Z. (2008). *Teaching and learning calculus with free dynamic mathematics software Geogebra*, 11th International Congress on Mathematical Education. Monterrey, Nuevo Leon, Mexico.
Hohenwarter, M., et Jones, K. (2007). Ways of linking geometry and algebra: The case of Geogebra. *Proceedings of British Society for Research into Learning Mathematics*, 27 (3). 126-131.
Hähkiöniemi, M. (2017). Student teachers' types of probing questions in inquiry-based mathematics teaching with and without Geogebra. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 48(7), 973-987.
Kutluca, T. et Zengin, Y. (2011). Matematik öğretiminde Geogebra kullanımı hakkında öğrenci görüşlerinin değerlendirilmesi. *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, 17, 160-172.
Kutluca, T., et Baki, A. (2009). Sınıf Matematik Dersinde Zorlanılan Konular Hakkında Öğrencilerin, Öğretmen Adaylarının ve Öğretmenlerin Görüşlerinin İncelenmesi. *Kastamonu Üniversitesi Kastamonu Eğitim Dergisi*, et, 2, 616-632. Retrieved from http://www.kefdergi.com/pdf/17_2/17_18.pdf
Lebrun, M. (2004). La formation des enseignants aux TIC : Allier pédagogie et innovation, *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*, 1 (1), 11 - 21.
Laborde, C. (2005). Robust and soft constructions: Two sides of the use of dynamic geometry environments. In S. C. Chu, H. C. Lew, et W. C. Yang (Eds.), *Proceedings of the 10th Asian technology conference in mathematics* (pp. 22–35). Cheong-Ju, South Korea: Korea National University of Education.
Morin, M.-P. (2003). *Enseigner les mathématiques au primaire : le quoi ou le comment ?* Québec : Éditions Bande didactique.
Morris, H. (2001). Issues raised by testing primary teachers' mathematical knowledge. *Mathematics teacher education and development, 3,* 37-47.
Prieto, N., Sordo, J. et al. (2013). Designing Geometry 2.0 learning environments: a preliminary study with primary school students. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology(ahead-of-print)*: 1-21.
Rabardel, P. (1996). *L'homme et les outils contemporains.* Paris : A. Colin.

Reis, Z. A. (2010). Computer supported with Geogebra. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 9, 1449-1455.

Romero, M. et Laferrière, T. (2015). *Usages pédagogiques des TIC : de la consommation à la cocréation participative.* Vitrine Technologie Education. Repéré à : https://www.vteducation.org/fr/articles/collaboration-avec-les-technologies/usages-pedagogiques-des-tic-de-la-consommation-a-la

Romero, M., Lil*le, b. et* Patiño*, A. (2017). Usages créatifs du numérique pour l'apprentissage au XXIe siècle.* Québec : Presses de l'Université du Québec

Tatar, E., et Zengin, Y. (2016). Conceptual understanding of definite integral with Geogebra. *Computers in the Schools*, 33(2), 120-132. https://doi.org/10.1080/07380569.2016.1177480

Tatar, E., (2012). The effect of dynamic mathematics software on achievement in mathematics: The case of trigonometry. *Energy Education Science and Technology Part B:Social and Educational Studies.* 4 (1), 459-468.

UNESCO. (2011). *TIC UNESCO : Un référentiel de compétences pour les enseignants*. Repéré http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002169/216910f.pdf

Vandebrouck, F., Robert, A. (2017). Activités mathématiques des élèves avec les technologies numériques. *Recherches en Didactique des Mathématiques,* 37, 2-3

Yorganci, S. (2014). Web tabanli uzaktan eğitim yönteminin öğrencilerin matematik başarilarina etkileri. The effects of web based distance education method on students' mathematics achievements. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 23(3), 1401-1420.

Zengin, Y. (2011). *Dinamik matematik yazılımı Geogebra'nın öğrencilerin başarılarına ve tutumlarına etkisi* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Kahramanmaraş.