

EXPERIENCE D'INTEGRATION D'UN DIDACTICIEL D'OPTIQUE GEOMETRIQUE DANS L'ENSEIGNEMENT DE LA FOCOMETRIE AUPRES DES APPRENANTS DE PREMIERE SCIENTIFIQUE DU SECONDAIRE

KOUAKAM GONTIO Willy Nelson

gt_nelson15@yahoo.fr

Département de didactique des disciplines,

Faculté des sciences de l'éducation, Université de Yaoundé 1

NGNOULAYE Janvier

Département d'informatique et des technologies éducatives

ENS, Université de Yaoundé 1

GNOKAM Edmond

Département de physique

ENS, Université de Yaoundé 1

Résumé

De nos jours, plusieurs enseignants font recours aux applications des TIC (Technologies de l'Information et de la Communication) dans leurs pratiques enseignantes pour améliorer l'acquisition et le développement des compétences chez les apprenants ; c'est ainsi que le processus enseignement-apprentissage est de plus en plus marqué par l'intégration des didacticiels. Notre étude a porté sur l'effet de l'utilisation d'un didacticiel d'optique géométrique, dans l'enseignement de la focométrie auprès des apprenants de premières scientifiques. L'analyse des résultats des tests administrés aux deux groupes, témoin (T_{ém}) et expérimental (T_{exp}) et la comparaison des moyennes des deux groupes ont montré que l'utilisation du didacticiel d'optique géométrique (Opt-Géo-Foco) a eu un effet positif sur l'apprentissage.

Mots clés : *Enseignement, apprentissage, focométrie, didacticiel, intégration des TIC*

Abstract

Nowadays, many teachers make use of ICT (information and communication technology) application in their teaching practices to improve the acquisition and development of skills in learners ; this is how the teaching-learning process is increasingly marked by the integration of courseware. Our study investigated the effect of using a geometrical optics didactics instruments in teaching focometry to learners of lower sixth Science. The results of the analyses of administered test of the two sampled (T_{tem}) and experimented (T_{Exp}) and their understanding included the significant use of geometric optic didactics instruments (OptGeo-Foco) had a positive effects on learning.

Keywords : *Teaching, learning, focometry, software, integration of ICT.*

Introduction

Dans le système éducatif camerounais, notamment dans le processus enseignement / apprentissage l'on fait de plus en plus recours aux technologies de l'information et de la communication. Certains enseignants innovateurs conçoivent des supports multimédias qu'ils tentent d'intégrer dans leur activité enseignante ; Cet article porte sur une expérience d'intégration d'un didacticiel d'optique géométrique dans l'enseignement de la focométrie. Après avoir identifié quelques difficultés en optique géométrique rencontrés par des apprenants de niveau premières scientifiques, nous avons conçu un didacticiel pour répondre à ces préoccupations. Nous sommes partis de l'hypothèse selon laquelle le didacticiel améliorerait les performances des apprenants en optique géométrique. C'est ainsi que nous avons pensé intégrer un didacticiel d'optique géométrique dans l'enseignement de la focométrie auprès des apprenants de premières scientifiques.

1. Contexte et problématique

Avec le développement des technologies de l'information et de la communication, nous assistons à la création d'une pléthore de logiciels éducatifs (didacticiels), conçus pour améliorer le processus enseignement-apprentissage dans divers domaines. En science par exemple, aussi bien dans les lycées comme chez soi, les didacticiels sont sollicités pour des cours ou dans les séances de travaux pratiques notamment dans les prises de données, les présentations graphiques des résultats, les modélisations théoriques (Niedderer H. 1999). Mais le souci majeur se situe au niveau de la mise en évidence du potentiel des TIC et de leur intégration pour améliorer l'enseignement et favoriser l'apprentissage ; car très souvent, l'on se trouve confrontés aux problèmes d'usage de l'ordinateur en tant que moyen d'enseignement et d'apprentissage, à l'insuffisance de temps pour la planification des applications pédagogiques des TIC (Ahaji K. et al 2005). Pourtant, les recherches en didactique des sciences ainsi que l'évolution considérable des technologies de l'information et de la communication orientent les chercheurs vers des solutions utilisant les TIC pour résoudre des problèmes liés à l'enseignement apprentissage des sciences physiques. Il est donc capital de savoir comment les TIC doivent être intégrés dans la

démarche pédagogique (US Congress, 1995). En sciences expérimentales en général et les sciences physiques en particulier, l'exploration du monde physique par simulation par exemple nécessite de passer par des activités scientifiques fondées sur l'élaboration de modèles (modélisation) et sur leur utilisation (Ahaji K. et al 2005). L'usage des animations vidéo, d'un exercice interactif et autocorrectif, des cours complets et illustrés et d'un outil de simulation paraît comme un bon exemple d'incorporation des TIC dans la démarche pédagogique. Cela permet une bonne compréhension du concept, l'exploration du modèle en recherchant de nouvelles propriétés ou de conséquences particulières. Lors des 8èmes journées informatique et pédagogie des sciences physiques – Montpellier 1998 portant sur l'ordinateur dans l'enseignement des sciences physiques : question de didactique, Alain Durey et Daniel Beaufile affirmant que « La simulation n'est autre que de l'expérimentation sur modèle ». Dans un contexte de recherche ou de développement en sciences expérimentales, l'on fait recours de plus en plus à la simulation. C'est pourquoi, sur le plan didactique, « L'hypothèse d'une simulation sur ordinateur peut être le support d'activités pertinentes sur les plans scientifiques et pédagogiques qui, renforçant la dimension plus conceptuelle de la modélisation, apparaissent d'emblée comme complémentaires de l'expérience » (Durey et Beaufile, 1998, p.71). Notre recherche se situe dans ce cadre et a pour objectif d'étudier l'intégration du didacticiel comportant des animations vidéo, des exercices interactifs et autocorrectifs, des cours complets et illustrés, des séquences de simulations d'optiques sur l'apprentissage d'un groupe d'élèves de premières scientifiques. Le produit que nous allons expérimenter est un didacticiel d'optique géométrique (Opt-Géo-Foco) conçu dans le cadre des travaux de recherche de master à l'université de Yaoundé I (KOUAKAM GONTIO. 2019).

1.1. Description du didacticiel (Opt-Géo-Foco)

Le didacticiel d'optique géométrique possède une plate-forme interactive intégrant :

- **Des animations vidéo** qui rendent compte du principe de la construction optique du microscope, du principe de la construction optique de la lunette astronomique, du fonctionnement de la loupe, de la lunette de Galilée, du caractère expérimental de la focométrie, des

différents réglages et mise au point nécessaire au bon fonctionnement des appareils optiques.

- **Des exercices interactifs, autocorrectifs**, sur la loupe, les lentilles, le microscope, la lunette astronomique, la focométrie, permettant à l'apprenant de s'exercer, de s'entraîner, d'apprendre en jouant, de se perfectionner afin d'acquérir des bases fondamentales en optique géométrique ; ainsi l'apprenant n'a pas nécessairement besoin d'un tuteur ou d'un enseignant pour l'aider à faire ses exercices.
- **Des cours complets et illustrés sur l'optique géométrique**, les différentes méthodes focométriques, ces cours pourront aussi servir de supports pédagogiques.
- **Un logiciel de simulation avec son tutoriel**, ceci permettra à l'utilisateur de construire l'image d'un objet à travers un appareil optique ou un instrument d'optique.

Chaque partie est liée à son contenu, il suffit juste d'un simple clic pour y avoir accès. L'ensemble des séquences sont décrites en langue française, langue d'enseignement des sciences physiques dans le sous-système francophone camerounais.

L'écran d'accueil se présente de la forme suivante : Voir annexe 1.

Forme d'interactivité du didacticiel

L'apprenant a le choix de cliquer sur des rubriques : lentilles, lunette astronomique, loupe, exercices, cours, simulateur (logiciel de simulation + tutoriel) ; l'apprenant peut aussi :

- Suivre le cheminement des flèches
- Revenir à l'écran précédent, accessible par la flèche de déplacement
- Aller directement à n'importe quel autre écran
- Quitter ou sortir complètement du didacticiel

1.2. Implication du socioconstructivisme, connectivisme et de la transposition didactique dans l'enseignement-apprentissage de la focométrie.

L'enseignement de la focométrie à l'aide du didacticiel s'appuie sur les théories socioconstructiviste, connectiviste et celle de la transposition didactique. Dans le modèle socioconstructiviste, les comportements mentaux jouent un rôle fondamental dans l'étude du comportement humain et en particulier dans l'apprentissage. L'apprenant n'est pas vide de connaissance et il n'est non plus un réceptacle passif dans lequel l'on déverse les connaissances. Il construit ses connaissances avec celles qu'il possède déjà (Maurines L. Mayrargue A. 2001). Tout au long de l'enseignement du concept de focométrie, nous avons insisté sur son utilité et son importance (concevoir des lunettes pour faire face à des anomalies liées à la vue : myopie, presbytie, hypermétropie, comprendre le fonctionnement des loupes, microscopes, lunettes astronomiques...) ; car l'apprenant n'arrive véritablement à donner du sens à un élément de savoir que s'il lui apparaît nécessaire. Ainsi, l'élève ne souhaiterait acquérir un nouvel élément de savoir que s'il lui apparaît pertinent ou plus performant que ceux dont il dispose déjà pour résoudre un problème. L'apprentissage des connaissances ne se fait pas par empilement de connaissances, ni de manière linéaire. Tant que l'apprenant, par rapport à une notion donnée, ne prend pas conscience de l'insuffisance de ces conceptions ou de leurs caractères erronés, il les gardera. Même s'il donne l'impression d'avoir acquis, il reviendra à ses conceptions initiales s'il n'a pas lui-même pris conscience de leur insuffisance. Un autre aspect important concerne la mise en place des conflits entre apprenants, portant sur des connaissances, pouvant faciliter leur acquisition : on parle ici de conflits sociocognitifs. Le travail de groupe ou l'organisation de débats collectifs dans la résolution des situations-problèmes favorise la mise en place de ces conflits ; le fait que les apprenants essaient de se convaincre mutuellement du bien fondé d'un élément de savoir, peut amener certains d'entre eux à remettre en cause leurs conceptions erronées. Dans le modèle connectiviste, les enjeux des nouvelles technologies numériques sont mises en avant ; la théorie connectiviste se présente comme : « la nécessaire évolution des théories classiques de l'apprentissage (behaviourisme, cognitivisme, socioconstructivisme, adapté aux nouvelles réalités du savoir et du numérique » (Siemens, 2004). Grâce au travail de groupe, il y a diversité

d'opinions et de ressources ; le didacticiel (à travers l'exerciseur) amène l'élève à s'impliquer de manière active dans l'apprentissage. Les questions à choix multiples, les émoticônes, le caractère ludique des exercices qu'on observe dans le didacticiel motivent davantage les élèves. L'enseignant quant à lui, prépare au préalable son cours, trouve et sélectionne les ressources adéquates et pertinentes à partager avec les apprenants en salle de classe, met sur pied les stratégies pédagogiques pour bien conduire sa leçon et c'est à ce moment que la transposition didactique se dessine ; elle consiste en la transformation du savoir savant en savoir à enseigner puis, du savoir à enseigner en savoir enseigné (Chevallard, 1980). En salle de classe, l'enseignant se sert d'un vidéo projecteur pour dérouler son cours et expliquer les différentes méthodes de détermination des distances focales, guide les apprenants dans les activités de groupes. Malgré certains défis, nous avons observé un enthousiasme généralisé chez les apprenants dû à l'usage du didacticiel ; ce dernier a permis de visualiser et de comprendre via des animations vidéo, la construction de l'image d'un objet à travers une lentille convergente et divergente, le principe de fonctionnement d'une loupe, d'un microscope, d'une lunette astronomique, les manipulations sur le banc optique, les diverses expériences en focométrie : méthodes de Bessel, Badal, Descartes, Silbermann... Grâce à des séquences de simulations, les apprenants ont pu déterminer expérimentalement la distance focale d'un système optique, ces apprenants ont aussi visualisé des activités proposées par les enseignants qui étaient de plus en plus variées et une amélioration dans les communications et la collaboration en classe. Le didacticiel a aussi permis de vérifier les connaissances des apprenants à l'aide d'un exerciceur interactif et autocorrectif. Au final, les apprenants ont acquis de nouvelles compétences technologiques, allant au-delà de l'utilisation de l'ordinateur comme objet de divertissement. Pour les élèves en difficulté d'adaptation ou d'apprentissage (EHDAA), les aides technologiques à l'instar du didacticiel sont bénéfiques au niveau du développement des connaissances et des compétences, de la compensation des limitations physiques et sensorielles, de la suppléance à la communication, de l'autonomie et la participation sociale, du soutien socioaffectif et attentionnel. (Chouinard J. 2018).

2. Méthodologie

Le propos de cette recherche a été de vérifier si l'intégration et l'utilisation des animations vidéos, des exercices interactifs et autocorrectifs, cours, des séquences de simulations d'optiques peuvent favoriser des démarches d'apprentissage spécifiques chez des élèves de premières scientifiques. La démarche d'apprentissage spécifique fait référence à une comparaison entre les pratiques pédagogiques traditionnelles (celles axées sur l'enseignement) et d'autres pratiques (celles axées sur la construction des connaissances) susceptible de permettre une intégration significative des technologies de l'information et de la communication.

Nous avons adopté un plan quasi expérimental lors de cette recherche : Pré-test / Post-test avec un groupe témoin et un groupe expérimental ; Nous prenons comme échantillon dans le cadre de cette étude, quarante (40) individus, soit 20 élèves pour constituer un groupe expérimental et 20 autres pour constituer un groupe témoin ; Ils sont âgés entre 15 et 20 ans. Le choix des élèves convoque ici la méthode d'échantillonnage. La typologie de notre étude est quantitative, car nous avons à rechercher l'influence possible du point de vue **quantitatif** (en soumettant les élèves à une évaluation formative), entre les stratégies pédagogiques des enseignants et les performances des élèves. (Il s'agit pour nous de rechercher, l'influence du didacticiel, sur le taux de réussite des élèves). Ainsi, en nous situant dans une approche empirique, nous optons pour un échantillonnage par quotas.

En effet, d'après (Mimché, 2015, p.27), la méthode empirique encore appelée « échantillonnage pragmatique » est basée sur le « choix raisonné » ; le principe étant la construction d'un échantillon donc la structure est identique à celle de la population cible pour certaines variables. D'après (Angers, 1998) cité par (Lissom, 2016, p.41), l'échantillonnage par choix raisonné qu'il qualifie de « typique » est celui où « les éléments choisis pour faire partie, apparaissent comme des modèles de la population d'étude ». Pour cette étude nous-nous intéressons à l'ensemble des élèves des classes de premières scientifiques du collège Frantz-Fanon. La structure des salles de classe au Cameroun étant la même à quelques exceptions près, nous choisissons de travailler avec les classes de première « D » parce que nous estimons qu'elles ont

un programme d'optique en relation avec l'objet de notre recherche. Pour chaque groupe de 20 élèves, notre choix c'est fondé sur les critères suivants :

Tableau 1 : Tableau des Critères de structuration des quotas de l'échantillon par groupe.

Critères	Nombre d'élèves (une fille et/ou un garçon)
Être nouveau avec un profil d'élève fort	02
Être nouveau avec un profil d'élève moyen	04
Être nouveau avec un profil d'élève faible	04
Être redoublant avec un profil d'élève fort	02
Être redoublant avec un profil d'élève moyen	02
Être redoublant avec un profil d'élève faible	02
Être parmi les deux plus jeunes de la classe	02
Être le plus âgé de la classe	02

Plus concrètement, sur la base des résultats de la première séquence, nous avons formé des couples d'élèves en fonction des moyennes. Ensuite nos deux groupes ont été formés de sorte qu'un équilibre relatif soit respecté. L'expérimentation s'est déroulée tout au long de l'année académique 2017-2018 Après la formation des deux groupes de notre échantillon, un

test d'homogénéité a été réalisé. L'homogénéité étant vérifiée, le premier groupe ou groupe témoin a suivi le cours d'optique géométrique dans les conditions traditionnelles tandis que le second groupe ou groupe expérimental a suivi ce même cours en utilisant un didacticiel d'optique géométrique.

Le didacticiel est un outil T.I.C d'aide à l'apprentissage, d'après le dictionnaire (Universel, 2013, p.98 le terme didacticiel renvoie à un logiciel d'enseignement ; il est spécialement conçu pour l'enseignement assisté par ordinateur (E.A.O.), c'est un logiciel programmé sur un ou plusieurs thèmes, présentant des écrans interactifs, avec éventuellement le son et contenant un enseignement déterminé. Dans notre étude, l'utilisation du didacticiel pendant le cours a pu être possible grâce à un vidéo projecteur, des baffles pour amplifier le son et un ordinateur portable. Ainsi, le cours portant sur la focométrie s'est déroulé suivant un scénario pédagogique réparti en trois séances de deux heures chacune. Lors de la première séance, il a d'abord été projeté au-devant de la salle, les élèves ont suivi attentivement les expériences de focométrie, puis nous sommes passés à une phase interactive où les élèves réagissaient avec les questions, les interrogations, sur les parties non comprises pendant la projection. Dans les deux autres phases, nous avons réparti les apprenants par groupes de quatre par PC (Personal Computer). L'enseignant tuteur disposait de son propre ordinateur portable pour accompagner les élèves dans leurs apprentissages, tandis que les apprenants suivaient les orientations de l'enseignant, lors de l'utilisation du didacticiel. En plus de l'enseignant titulaire, deux autres enseignants de physique étaient présents pour intervenir dans les activités d'expérimentations, en assistant les apprenants et éviter qu'ils ne soient perdus au cours de l'utilisation du didacticiel ; leurs interventions portaient aussi sur l'organisation et la structuration des connaissances.

Après avoir passé l'expérimentation, nous avons invité les deux groupes à répondre aux questions du post-test ; ces questions ont porté sur :

- L'identification des lentilles et des miroirs
- La représentation et la modélisation physique des lentilles

- La relation de conjugaison ou formule de position, du grandissement.
- Des différentes méthodes focométriques utilisées lors de la détermination des distances focales des lentilles

3. Résultats : analyses et interprétations

3.1- Analyses des résultats

Les tableaux 2 et 3 présentent les notes au pré test des élèves des classes de premières D₁₋₁ et premières D₁₋₂ respectivement du collège Frantz Fanon.

Tableau 2: Notes des élèves au pré - test et pourcentages correspondants des élèves de la classe de première D₂₋₁

Notes sur 20	Nombres d'élèves	Pourcentages (%)
5	1	5
7	1	5
8	1	5
10	2	10
11	3	15
12	1	5
13	6	30
14	3	15
16	1	5
18	1	5

Source : enquête de terrain

Moyenne générale : 11,95

Ecart type : 2,99

Tableau 3 : Notes des élèves au pré - test et pourcentages correspondants des élèves de la classe de première D₂₋₂

Notes sur 20	Nombres d'élèves	Pourcentages (%)
7	1	5
8	1	5
9	4	20
11	3	15
12	1	5
13	4	20
14	3	15
15	1	5
16	1	5
19	1	5

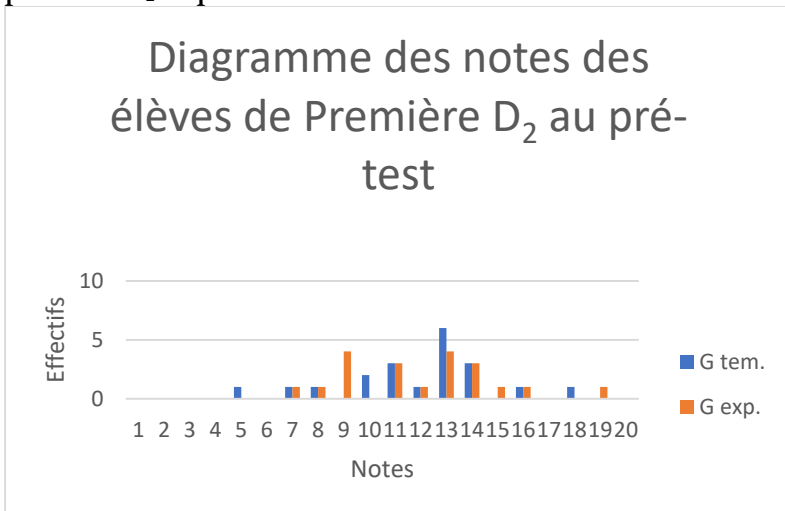
Source : enquête de terrain

Moyenne générale : 12,00

Ecart type : 2,99

Pour interpréter les notes ainsi présentées, nous allons construire les diagrammes à bandes et les courbes de fréquences pour chaque classe.

Graphique 1 : Diagrammes à bandes des notes des classes de première D₂ au pré – test



Cette section vise l'évaluation des niveaux des élèves par la comparaison de leurs notes au pré-test.

Les tableaux 17 et 18 présentent les notes au post test des élèves des classes de premières D₂₋₁ et premières D₂₋₂ respectivement du collège Frantz Fanon

Tableau 4 : Notes des élèves au post - test et pourcentages correspondants des élèves de la classe de première D₂₋₁

Notes sur 20	Nombres d'élèves	Pourcentages (%)
9	1	5
10	2	10
11	2	10
12	5	25
13	5	25
14	3	15
15	1	5
17	1	5

Source : enquête de terrain

Moyenne générale : 12,5 Ecart type : 1,85

Tableau 5 : Notes des élèves au post - test et pourcentages correspondants des élèves de la classe de première D₂₋₂

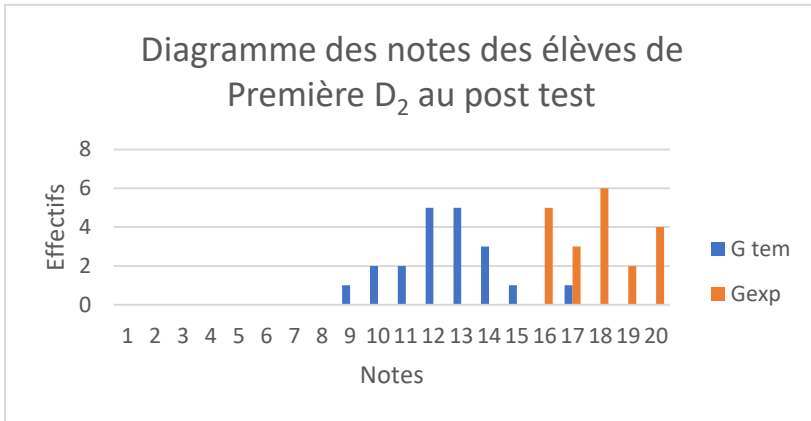
Notes sur 20	Nombres d'élèves	Pourcentages (%)
16	5	25
17	3	15
18	6	30
19	2	10
20	4	20

Source : enquête de terrain

Moyenne générale : 17,85 Ecart type : 1,46

Pour interpréter les notes ainsi présentées, nous allons construire les diagrammes à bandes et les courbes de fréquences pour chaque classe.

Graphique 3 : Diagrammes à bandes des notes des classes de premières D₂ au post – test



Pour la vérification de l’hypothèse de recherche nous avons procédé par la statistique différentielle. L’outil statistique utilisé est le test de T Student pour échantillons appariés et le test d’Anova. Ces Tests permettent de comparer les moyennes entre le groupe de contrôle et le groupe expérimental au pré test et au post test.

3.2- Vérification de l’hypothèse recherche (HR) à travers le Test de T Student

➤ **Rappel de l’hypothèse de recherche**

H.R. : L’utilisation du didacticiel dans l’enseignement de la focométrie en optique géométrique améliore les performances des élèves en classe de première.

1^{ère} étape : Formulation de l’hypothèse statistique Ho et de sa contre hypothèse Ha

Ho : L’utilisation du didacticiel dans l’enseignement de la focométrie n’améliore pas les performances des élèves en classe de première.

Ha : L’utilisation du didacticiel dans l’enseignement de la focométrie améliore les performances des élèves en classe de première.

2^{ème} étape : Vérification des conditions d'application du test de T Student

-Il permet de comparer les moyennes du groupe de contrôle et du groupe expérimental au pré-test et au post-test

-La VI (Utilisation du didacticiel) est qualitative. VD (performance des élèves) est quantitative.

-Il existe un groupe expérimental (Première D₂₋₂) et un groupe de control (Première D₂₋₁)

3^{ème} étape : Calcul de la valeur du test T Student

Tableau 6 : Résultat du test T de Student en P.D₂ sur le didacticiel

Groupes	T de Student	Dégré de Liberté	Probabilité
Groupe de control	0,047	19	0,963
Groupe expérimental	7,855	19	0,000

Source : enquête de terrain

4^{ème} étape : Comparaison et prise de décision

Le test de T Student appliqué au groupe de control nous donne une valeur de 0,047 avec une probabilité de 0,963. Ces valeurs indiquent que les résultats sont statistiquement non significatifs car la probabilité est largement supérieure à 0,05. Ainsi l'enseignement normal sur la focométrie, sans le didacticiel n'améliore pas les performances des élèves de la classe de première.

Par contre dans le groupe expérimental, le test T de Student est de 7,855 avec une probabilité de 0,000 qui est très significative car inférieur au seuil de 0,05. Ainsi il existe une différence entre les moyennes obtenues au pré-test et au post-test

L'hypothèse nulle (H₀) selon laquelle l'utilisation du didacticiel dans l'enseignement de la focométrie n'améliore pas les performances des élèves est donc rejetée. Par contre l'hypothèse H_a portant sur l'utilisation

du didacticiel dans l'enseignement de l'optique géométrique améliore les performances des élèves est confirmée.

Le test d' η^2 nous permet de mesurer la force du lien entre l'utilisation du didacticiel et la performance des élèves. Nous voulons évaluer à quel niveau l'utilisation du didacticiel améliore la performance des élèves en classe de première.

Tableau 7 : Indice η^2 sur le didacticiel

Groupe	η^2
Groupe expérimental	0,815

Source : enquête de terrain

Selon le tableau ci-dessus l'indice d' η^2 a une valeur 0,8155 ; il est très élevé c'est-à-dire : L'utilisation du didacticiel dans l'enseignement de la focométrie améliore énormément la performance des élèves en classe de première.

Test d'Anova à 1 facteur

Étant donné que notre variable dépendante est quantitative et la variable indépendance qualitative, nous avons voulu vérifier notre hypothèse à partir du test d'Anova à 1 facteur. Ce test permet de vérifier la différence des moyennes entre le groupe expérimental et le groupe de contrôle. Ce test sera accompagné par le test de Fisher qui permet de mieux vérifier cette différence.

Dans le groupe de contrôle, nous voulons montrer que, l'enseignement normal ou l'on a enseigné sans didacticiel n'améliore pas la performance des élèves. Les résultats de ce test sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 8 : ANOVA groupe de contrôle sur le didacticiel

Groupe	Somme des carrés	Dégré de liberté	Moyenne des carrés	Fisher	Probabilité
Inter-groupe	0,025	1	0,025	0,003	0,958
Intra-groupe	340,950	38	8,972		
Total	340,975	39			

Source : enquête de terrain

Le test Anova appliqué au groupe de contrôle nous donne un indice de Fisher égale 0,003 et une probabilité de 0,958 ; celle-ci est considéré comme statistiquement non significative car elle est supérieure à 0,05. En conclusion les moyennes obtenues au pré-test et au post-test dans le groupe de contrôle restent égales. L'enseignement normal sans le didacticiel n'améliore pas la performance des élèves.

Dans le groupe expérimental, nous avons appliqué le même test pour évaluer le lien entre les variables

Tableau 9 : ANOVA groupe expérimental sur le didacticiel

Groupe	Somme des carrés	Dégré de liberté	Moyenne des carrés	Fisher	Probabilité
Inter-groupe	297,025	1	297,025	75,271	0,000
Intra-groupe	149,950	38	3,946		
Total	446,975	39			

Source : enquête de terrain

Les statistiques nous montrent que la valeur de Fisher est de 75,271 avec une probabilité de 0,000. Ces résultats sont statistiquement significatifs car la probabilité est largement inférieure de 0,05. Ainsi, l'hypothèse selon laquelle les moyennes au pré-test et post-test du groupe expérimental sont égales est rejetée. La probabilité 0,000 montre que le didacticiel utilisé dans le groupe expérimental améliore considérablement les performances des élèves en classe de premières scientifiques.

3.3- Interprétations des résultats

Au regard des résultats présentés et analysés précédemment sur le didacticiel, le pré-test nous a donné de constater que les deux classes étaient pratiquement au même niveau avant l'expérimentation ; car l'analyse des courbes des fréquences des classes de premières D₂ montre que la moyenne générale de la classe de première D_{2.1} (11,95) est légèrement inférieure à celle de première D_{2.2} (12,00) au pré test. Le test de Student nous montre qu'il n'y a pas de différence significative entre ces deux moyennes. Après l'expérimentation, la moyenne générale de la classe de première D_{2.1} (12,5) est très inférieure à celle de première D_{2.2} (17,85) au Post test. Le test de Student nous montre qu'il y a une différence significative entre ces deux moyennes ; l'écart constaté entre les deux tests au sujet de la classe expérimentale (première D_{2.2}) laisse transparaître aussi une nette progression des apprenants ; Il en ressort que le didacticiel améliore les performances scolaires des apprenants. Cela nous permet de comprendre que l'intégration du logiciel d'optique géométrique a eu un effet positif sur l'apprentissage des élèves.

De plus, les résultats du test de Eta² nous a permis de mesurer la force du lien entre l'utilisation du didacticiel et les performances scolaires des élèves. Il en ressort que l'indice d'Eta² a une valeur 0,8155 ; il est très élevé c'est-à-dire : L'utilisation du didacticiel dans l'enseignement de la focométrie améliore considérablement les performances des élèves en classe de premières scientifiques. Cela est dû au fait que le didacticiel d'optique géométrique qui a été conçu, possède une plate-forme interactive intégrant :

- Des animations vidéo qui rendent compte du principe de la construction optique du microscope, du principe de la construction optique de la lunette astronomique, du fonctionnement de la loupe, de la

lunette de Galilée, du caractère expérimental de la focométrie, des différents réglages et mise au point nécessaire au bon fonctionnement des appareils optiques.

- Des exercices interactifs, autocorrectifs, sur la loupe, les lentilles, le microscope, la lunette astronomique, la focométrie, permettant à l'apprenant de s'exercer, de s'entraîner, d'apprendre en jouant, de se perfectionner afin d'acquérir des bases fondamentales en optique géométrique ; ainsi l'apprenant n'a pas nécessairement besoin d'un tuteur ou d'un enseignant pour l'aider à faire ses exercices.

- Des cours complets et illustrés sur l'optique géométrique, les différentes méthodes focométriques, ces cours pourront aussi servir de supports pédagogiques.

- Un logiciel de simulation avec son tutoriel, ceci permettra à l'utilisateur de concevoir l'image conjuguée d'un objet à travers un appareil optique ou un instrument d'optique.

Conclusion

Le but de l'article a été d'étudier l'effet d'intégration du didacticiel d'optique géométrique dans l'enseignement de la focométrie auprès des apprenants de premières scientifiques. Ainsi, le didacticiel qui est un support pédagogique, permet d'aider l'apprenant à comprendre sa leçon et à consolider les acquis. L'autre avantage réside dans le fait qu'il est illustré et interactif, les élèves peuvent en prendre connaissances à leur rythme, Ils peuvent par exemple revoir l'intégralité des expériences en cours et vidéo, revenir autant de fois en arrière qu'ils le souhaitent, faire pause pour réfléchir avant de se lancer dans un exercice, c'est ainsi qu'ils manipulent eux-mêmes les notions et s'approprient ce qu'ils ont vu en classe. Parallèlement, les exercices d'applications leur permettent de vérifier qu'ils maîtrisent bien les connaissances. Cette méthode rejoint le point de vue de Kaminsky Wanda, estimant qu'il est important de provoquer chez les apprenants non seulement une activité manipulative importante, mais surtout à travers cela, une élaboration conceptuelle mettant en jeu : questions, surprise, discussion, et effort commun de mise en cohérence de tous les éléments d'informations disponible. Les résultats de cette expérimentation, nous interpellent davantage sur la mise en place des modèles d'enseignement et d'apprentissage en sciences

physiques. À travers cette étude, nous avons constaté que le didacticiel (Opt-Géo-Foco) améliore considérablement les performances des apprenants. En outre, ce travail nous a permis de cerner la complexité de la mise en œuvre d'un didacticiel, son évaluation, son intégration dans une séquence d'enseignement-apprentissage et que la meilleure façon de s'assurer de l'intérêt pédagogique d'un didacticiel est de l'expérimenter auprès des potentiels utilisateurs. L'intégration des TIC, sous formes de simulation (modélisation) peut résoudre des problèmes et difficultés que génère la nature de l'enseignement des sciences physiques et amener à des apprentissages significatifs.

Références bibliographiques

Cristol Denis (2012), Le connectivisme : une théorie socio-informatique de l'apprentissage. Repéré à <http://4cristol.over-blog.com/article-le-connectivisme-une-theorie-socio-informatique-de-l-apprentissage-113809666.html>

Ahaji, Khalid., Abdelkrim El Hajjami, Ajana Lotfi, Ahmed El Mokri, Chikhaoui Ahmed (2006), « Évaluation des produits multimédias pédagogiques des enseignants innovants au Maroc et la fidélité des mesures de grille ». *Les actes du colloque*. Repéré à http://ahaji.site.voila.fr/articles/Article_ahaji_Monastir_evaluation.pdf

Ahaji Khalid, Abdelkrim El Hajjami, Ajana Lotfi, Ahmed El Mokri, Chikhaoui Ahmed (2005), « Étude et méthodologie d'évaluation des produits multimédias pédagogiques des enseignants innovants ». *Les actes du colloque* (Colloque REMADIS). 6 – 25.

Angers Maurice (1992), *Initiation pratique à la méthodologie des sciences humaines*, Montréal : Editions CEC.

Buty Christian (1998), *Pour une étude de l'apprentissage dans une séquence d'enseignement utilisant une modélisation informatique, en classe de terminale.* , Actes du sixième Séminaire National de Didactique des Sciences Physiques et de la technologie, pp. 152-158.

Chevallard Yves (1980), Pourquoi la transposition didactique ? Repéré à http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/IMG/pdf/Pourquoi_la_transposition_didactique.pdf

- Chouinard Jean** (2018), *Une typologie des 5 types d'aides technologiques à l'apprentissage*. Site du RÉCIT. <https://recit.qc.ca/nouvelle/typologie-5-types-d-aides-technologiques-a-lapprentissage>
- Durey Alain et Beaufile Daniel** (1998), « L'ordinateur dans l'enseignement des sciences physiques : Questions de didactique » *Informatique et pédagogie des sciences physiques* (8èmes journées), 1 - 8.
- Godbout Paul** (1991), *Méthodes et techniques de recherche en sciences de l'activité physique*. Notes de cours, p. 37-43.
- Kaminski Wanda** (1989), « Conceptions des enfants (et des autres) sur la lumière » in *Bulletin de l'Union des Physiciens*, (716), 973-996.
- Kouakam Gontio Willy Nelson** (2019), *Enseignement de l'optique géométrique et performances des apprenants : cas de la focométrie au collège Frantz-Fanon en classe de premières scientifiques*, mémoire de master, Département de didactique des disciplines, Université de Yaoundé 1.
- Maurins Laurence ; Mayrargue Arnaud** (2001), « Regards croisés de l'histoire des sciences et de la didactique de la physique sur le concept d'onde. La pluridisciplinarité dans les enseignements scientifiques » *Histoire des sciences*. - Tome 1 (Actes de l'université d'été, du 16 au 20 juillet), 6 -18.
- Meloche Michel** (2000), *Évaluation des multimédias pédagogiques*. Repéré à http://cqfd.teluq.quebec.ca/D4_1_b.pdf.
- Niedderer Hans** (1999). « Recherche et développement en didactique de la physique à l'université ; résultats et tendances ». *Didascalía* (14), p. 107.
- Siemens George** (2004), *Connectivism : a learning theory for the Digital Age*. Repéré à <http://www.elearnspace.org/Articles/connectivism.html>
- Tricot André** (2001), *Interpréter les liens entre utilisabilité et utilité des documents électroniques : Les documents électroniques, méthodes, démarches et techniques cognitives*, (Paris : Europa). Repéré à : http://pagesperso-orange.fr/andre.tricot/Tricot_CIDE.pdf.

ANNEXE 1 : Présentation du didacticiel d'optique géométrique.



Concernant la rubrique des lentilles, nous avons : des activités de modélisation d'une lentille ; les généralités sur les lentilles (la construction géométrique de l'image d'un objet à travers une lentille divergente et convergente) ; la manipulation sur un banc optique ; des exercices d'évaluations interactifs et autocorrectifs.



Dans les rubriques microscope, lunette astronomique, loupe, nous présentons ses différentes parties, son principe de fonctionnement, les activités de mise au point, les ajustements nécessaires, la construction optique ainsi que des exercices d'évaluations interactifs et autocorrectifs.



Au niveau de la focométrie, nous présentons le matériel didactique, les activités de simulations liées aux réglages nécessaires sur le banc optique lors de l'expérimentation, les différentes méthodes utilisées en focométrie.



Le didacticiel d'optique géométrique propose aux apprenants des cours, des situations expérimentales grâce au logiciel de simulation (OPT-GEO), des exercices d'évaluations autocorrectifs et interactifs. Ces apprenants devront exploiter quelques notions de base et développer des démarches raisonnées, confrontation expérience-théorie et analyse de l'objet technique dans sa dimension physique. En particulier, cette analyse met en évidence la complexité des conditions à satisfaire pour réaliser une bonne image.

