

Évaluation d'innovations en TIC et Expérimentation d'un logiciel d'Optique Géométrique

Evaluation of innovations in ICT and Experimentation of a geometrical optics software

Khalid Ahaji (1, 2, 3, 4, 6), Mohamed Droui (1, 2, 3, 5), Said Zahim (6) et Benaissa Badda (7)

1. Centre National des Innovations Pédagogiques et de l'Expérimentation / Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur, de la Recherche scientifique et de la Formation des Cadres/ Unité Centrale de la Recherche Pédagogique. Rabat. Maroc.

2. Laboratoire « Technologies de l'Information et de la Communication pour la Formation en Sciences », École Normale Supérieure. Fès. Maroc.

3. Laboratoire Interdisciplinaire de Recherches en Didactique des Sciences et Techniques (LIRDIST). UFR didactique des Mathématiques et de la Physique, Faculté des sciences Dhar El Mahraz. Fès. Maroc.

4. Laboratoire National des Ressources Numériques.

5. Université de Montréal / Canada et Mati-Montréal /Canada.

6. Centre d'Orientation et de Planification de l'éducation.

7. Centre Régional des Métiers de l'Éducation et de la Formation, Rabat-Khémisset, Maroc.

Résumé

L'étude présentée dans le cadre de cet article vise l'identification des obstacles qui entravent « De nombreux chercheurs et experts soulignent le rôle potentiellement majeur des technologies de l'information et de la communication pour l'éducation d'abord en tant qu'aide pédagogique, mais plus spécifiquement dans l'instrumentation des travaux pratiques (mesure et expérimentation avec ordinateur), pour la simulation de phénomènes, etc. » (Bruillard, Komis, & Laferrière, 2012).

Cet article se veut une contribution aux différents travaux de recherche et démarches d'élaboration de méthodes d'évaluation de supports multimédias pédagogiques. Dans une 1^{ère} phase, une étude détaillée a porté sur 228 produits multimédias d'enseignants innovants marocains. Ensuite, la construction d'une grille d'évaluation a permis de juger ces produits. Pour analyser la fidélité des mesures des produits multimédias pédagogiques en termes de consistance interne (Le coefficient alpha de Cronbach) des items évalués et du degré d'accord entre les évaluateurs, un panel de 61 juges a évalué avec une échelle de Lickert à 4 niveaux, 4 qualités d'outils multimédias selon 20 items. L'analyse de la consistance interne des items a permis de vérifier la validité des construits. Afin de mener une expérience concluante sur l'effet du logiciel « optique géométrique », une expérimentation a été programmée suivant cinq situations d'apprentissage faites avec une cohorte de 28 élèves de niveau baccalauréat sciences expérimentales. Laquelle expérimentation a pris en considération un minimum de conditions méthodologiques : compétences informatiques (questionnaire), connaissances sur le contenu du produit optique (prétest). Enfin, l'analyse des résultats obtenus dans les cinq situations (prétest – post test) avec le groupe expérimental et avec le groupe témoin et l'application de test de Wilcoxon (< 0.05), confirme l'hypothèse énoncée quant à l'effet positif de l'intégration du logiciel « Optique » sur les résultats des apprenants. Toutefois, l'application du test de Mann-Withney ($0.421 > 0.05$) a montré qu'il n'y a pas de différence entre les deux groupes expérimentaux et témoins.

Mots clés : évaluation, enseignants innovants, supports multimédias pédagogiques, expérimentation, optique géométrique, situations d'apprentissage, consistance interne, validité du construit, test de Wilcoxon, test de Mann-Withney

I. Introduction

Intégrer les technologies de l'information et de la communication (TIC) est aujourd'hui stratégique pour toutes les organisations publiques comme privées. Cependant, au Maroc, plusieurs projets rencontrent des difficultés importantes dans la mise en place des TIC. Dans les établissements scolaires par exemple, plus de 70 % des ressources numériques achetées par le ministère de l'Éducation nationale sont abandonnées ou ne sont pas bien utilisées. Enfin, plus de la moitié des enseignants n'utilisent pas les technologies de l'information et de la communication en classe (Jamaa, Hidaoui & Ismaili Alaoui, 2013). Bon nombre d'échecs sont plutôt liés à des erreurs de pilotage et de management humains, qu'à des soucis technologiques (Derno & Heutte, 2008).

L'intégration des technologies de l'information et de la communication dans les systèmes d'éducation et de formation s'est accompagnée de développement de nouvelles compétences liées à la conception de supports multimédias pédagogiques qu'on retrouve aussi bien chez les enseignants que chez les apprenants. Cette vogue a engendré une abondance d'outils multimédias destinés à être intégrés dans le processus enseignement-apprentissage (Henry & Joris, 2013). L'évaluation et l'expérimentation sont deux opérations fondamentales permettant de juger la pertinence de ces outils afin de prendre une décision quant à leur utilisation à l'intérieur d'un processus éducatif (Reeves, 1991). Cet article est une contribution aux différents travaux de recherche et démarches d'élaboration de méthode d'évaluation de supports multimédias pédagogiques. Dans une 1ère phase, une étude détaillée a porté sur 228 produits multimédias d'enseignants marocains ayant participé au concours national sur l'innovation par les technologies de l'information et de la communication (Ahaji, El Hajjami, Ajana, El Mokri, & Chikhaoui, 2005). Ensuite, la construction d'une grille de critères a permis d'évaluer ces produits (Ahaji, El Hajjami, Ajana, El Mokri, & Chikhaoui, 2005). Pour analyser la fidélité des mesures des produits multimédias pédagogiques en termes de consistance interne (Le coefficient alpha de Cronbach) des items évalués et du degré d'accord entre les évaluateurs, un panel de 61 juges a évalué avec une échelle de Lickert à 4 niveaux, 4 qualités d'outils multimédias selon 20 items (Ahaji, El Hajjami, Ajana, El Mokri, & Chikhaoui, 2006). Nos hypothèses opérationnelles sont en définitive toutes liées à l'acquisition, par les élèves, de connaissances et compétences propres à la didactique de la physique et plus particulièrement à l'univers de l'optique.

II. Problématique et contexte de recherche

1. Contexte de la recherche

Le système éducatif marocain a connu ces dernières années plusieurs réformes ayant toutes comme finalités principales le rehaussement de sa qualité. La charte nationale de l'éducation et de la formation (MEN, 2002) dans ses leviers 10 et 11 a essentiellement insisté sur la promotion de l'innovation pédagogique; le développement de la recherche scientifique; et l'intégration des TICE. Le huitième projet du premier espace (E1P8) du plan d'urgence (MEN, 2009) souligne l'importance de l'amélioration du dispositif éducatif via l'adéquation de la recherche et de l'innovation selon les besoins du système éducatif. Le ministère de l'Éducation a d'ailleurs institutionnalisé la recherche pédagogique et a mis en place ses structures centrales et régionales en recommandant la recherche-action comme approche pour améliorer la qualité de l'enseignement et de l'apprentissage¹.

Pour une bonne intégration dans le monde numérique, le système éducatif marocain a lancé un programme ambitieux qui s'appuie sur trois axes fondamentaux à savoir : l'équipement de tous les établissements d'éducation et de formation, la formation du corps administratif et pédagogique du système, l'acquisition d'un contenu numérique adéquat et les partages des bonnes pratiques². La promotion de l'intégration de supports multimédias pédagogiques dans l'acte enseignement-apprentissage est aussi une opération qui a été encouragée par le lancement du concours national des

¹ <http://www.recherchepedagogique.ma/strategie.html>

² <http://www.genie.gov.ma>

RESSOURCES, INSTRUMENTS, OUVERTURE

enseignants innovants qui entre dans le cadre de partenariats conclus entre le département de l'éducation nationale avec des sociétés privées ou avec des agences internationales de développement des TICE (Ahaji, El Hajjami, Ajana, El Mokri, & Chikhaoui, 2009). Ledit concours a constitué, d'ailleurs, la plateforme de ce travail de recherche.

2. Problématique

Le développement des usages des TIC a rendu ces technologies incontournables. En effet, elles sont introduites dans tous les secteurs (l'industrie, le commerce, le tourisme...etc.). Les systèmes éducatifs ne sont pas exclus de cette vogue, car nous y assistons à des plans d'équipements, de formations et d'acquisitions de contenus numériques pédagogiques (Ahaji, El Hajjami, Ajana, El Mokri, & Chikhaoui, 2006). Aussi, un changement de paradigme lié à l'usage des TICE est apparu et a complètement changé les relations qui existent entre les éléments du fameux triangle didactique. De plus, l'abondance de logiciels éducatifs qu'on retrouve sous diverses formes : tutoriels, exercices, simulateurs... sur des DVD, ou sur la toile a engendré des difficultés à appréhender les points forts et faibles d'un logiciel éducatif et des usages non orientés de supports multimédias chez les élèves et chez la plupart des enseignants. Ces mauvaises orientations sont principalement constatées en l'absence de guides de conception, d'intégrations ou d'évaluation des supports multimédias pédagogiques (Crozat & Trigano, 1999).

Cette recherche a deux objectifs principaux :

- L'évaluation de supports (ressources)³ multimédias pédagogiques du concours des enseignants innovants marocains (primaire ; collège et lycée);
- Et l'expérimentation du produit « Optique géométrique ».

Notre hypothèse générale postule que l'intégration du produit « optique géométrique » a des effets positifs sur les résultats scolaires d'élèves de niveau baccalauréat sciences expérimentales.

III. Cadre conceptuel

La revue de littérature montre que l'évaluation des supports multimédias pédagogique est une préoccupation mondiale (Benazet, 2004). En effet, plusieurs approches et méthodes évaluatives se sont développées pour orienter les prises de décision éducatives. Parmi les méthodes évaluatives, nous distinguons: les méthodes catégorielles, les méthodes utilisant check-list, les méthodes qualitative ou quantitative, ou les méthodes éclectiques qui utilisent les méthodes qualitative et quantitative, ou celles utilisant les méthodes classiques : formatives ou sommatives (Charlier, 2001-2002). Et parmi les approches nous distinguons également: l'approche analytique qui consiste à faire la comparaison de supports, l'approche empirique qui s'appuie sur le recueil des informations par observation (ou en recueillant des données par des entretiens (de tous types), des questionnaires) ou par expérimentation, l'approche orientée utilisateurs (observation de l'utilisateur), l'approche expertise humaine et qui s'appuie sur les résultats du rapport de l'évaluation de l'expert en TICE.

La synthèse de l'état d'art sur la multitude des démarches évaluatives montre qu'il y a une souplesse du cadre d'évaluation des supports multimédias d'une part, et d'autre part qu'il y a la particularité de procuration de chaque approche d'une large gamme d'indicateurs (Benazet, 2004). Quant à l'analyse de ces démarches, nous assistons à une dominance d'un empirisme dans certains cas où on retrouve l'utilisation de questionnaires et de grilles d'évaluation qui ont généralement un caractère subjectif. D'autres se basent sur des conceptions traditionnelles par des approches formatives, sommatives, ergonomiques ou privilégiant l'utilisabilité. Barrette (2004) a soulevé trois points pour les effets des TICE :

³ http://c.deruy.ouvaton.org/exemples/IntroIngeniereiPedagogique/ressources_multimedia.html

RESSOURCES, INSTRUMENTS, OUVERTURE

Dans le premier point qui porte sur l'effet TIC, les uns y croient, les autres n'y croient pas: c'est-à-dire il n'y a pas de lien direct. Dans le deuxième point et qui porte sur l'effet nul, il constate qu'il n'y a pas de différence entre les résultats obtenus par les élèves utilisant les TIC et les résultats de ceux qui travaillent dans des situations classiques. Enfin, dans le troisième point qui porte sur l'effet positif, il y a un lien positif entre les usages des TIC et les résultats scolaires des élèves. Ces constats pour qu'ils soient prouvés, nécessitent la mise en place d'un plan expérimental des usages des TICE et notamment la prise en compte du contexte dans lequel les utilisateurs ont travaillé (Niedderer, 1999).

IV. Méthodologie

Notre plateforme de travail est le concours des enseignants innovants marocains qui nous a permis de commencer notre étude évaluative sur 228 productions de supports numériques d'enseignants marocains ayant participé au concours. Notre parcours méthodologique a connu deux principales phases :

1. La phase d'évaluation dans laquelle nous avons d'abord fait une étude détaillée de toutes les productions d'enseignants innovants et leur catégorisation selon la typologie établie par De Vries (2001). Nous avons ensuite fait appel à des personnes expertes pour le choix d'items adéquats pouvant construire la grille d'évaluation des supports multimédias pédagogiques produits par les enseignants. Cette étape nous a permis de juger et de tirer les dix meilleurs produits. Enfin et pour monter le caractère subjectif des évaluations utilisant les critères correspondants, nous avons procédé à une analyse de la consistance interne des items de la grille en invitant des juges (d'autres experts) pour choisir entre les items qui évaluent le mieux le critère correspondant.
2. La phase de l'expérimentation où nous avons pris en compte certaines considérations méthodologiques, à savoir les connaissances informatiques des élèves invités pour participer à l'expérimentation du support multimédia et celles relatives au contenu « optique géométrique ». Pour ce faire, nous avons établi un plan expérimental prétest-postest avec groupe contrôle. Nous avons également interviewé à la fin de l'expérimentation les élèves du groupe expérimental.

Scénarisation pédagogique: Expérimentation du produit « Optique »

Nous avons choisi des élèves nouvellement inscrits au baccalauréat sciences expérimentales. Le groupe témoin (constitué de 20 élèves) a travaillé dans des conditions classiques, alors que le groupe expérimental (constitué de 20 élèves) a utilisé le produit 'Optique géométrique' dans la salle multimédia. La tâche de l'enseignant consiste à orienter les élèves et répondre aux questions posées. À la fin de l'expérimentation, les élèves doivent être capables de faire la différence entre les lentilles convergentes des lentilles divergentes, de savoir construire l'image d'un objet en considérant les six cas de figure de sa position par rapport à une lentille convergente et de pouvoir intégrer les compétences acquises dans des situations de la vie courante (exemple de l'œil).

Description du produit « Optique »

Le produit « Optique Géométrique » est un ensemble de séquences d'apprentissage présentées sous forme de diaporama « Powerpoint ». La langue du produit est l'arabe (langue d'enseignement). C'est un produit linéaire (El Hajjami, Ajana, El Mokri, & Chikhaoui, 2000) (présentation ordonnée des informations), il comprend trois parties: le cours; les Travaux Pratiques et quelques exercices interactifs.

Justification du choix du produit « Optique » à expérimenter

Plusieurs raisons justifient notre choix d'expérimenter le logiciel 'Optique Géométrique'. D'abord, notre champ disciplinaire qui est la didactique de la physique. Ensuite, le fait que le produit a été choisi par les évaluateurs comme étant un des meilleurs produits d'enseignants innovants. Et enfin, l'intérêt porté par la didactique des sciences physiques aux problèmes de la physique en général et à ceux de l'optique géométrique en particulier (Alami & Benjelloun. (2006). Le produit « optique » comprend le cours (théorie) d'une part et des séquences de simulations de TP d'autre part. Ce qui va permettre aux élèves de faire le 'va-et-vient' entre la théorie et la pratique (la carte en V).

Notre cadre de référence est le socioconstructivisme⁴. Nous avons établi un scénario pédagogique comprenant cinq situations d'apprentissage pendant lesquelles les élèves ont travaillé en groupe :

1. Situation S1: identification et représentation des lentilles.
2. Situation S2: tracé de l'image d'un objet à travers une lentille convergente.
3. Situation S3 : correspondances prismes-lentilles.
4. Situation S4: tracé de l'image d'un objet et détermination de ses caractéristiques (sa nature, son sens et sa longueur en considérant la position de l'objet par rapport à la lentille).
5. Situation S5: identification des lentilles qui permettent la correction de deux anomalies de l'œil, et de tracer les schémas optiques correspondants (prolongements).

Nous sommes partis de l'hypothèse que l'intégration du produit 'Optique Géométrique' produira un effet positif sur les résultats d'élèves de niveau baccalauréat sciences expérimentales.

De ces cinq situations ont découlé les hypothèses statistiques de recherche suivantes :

- **H₀₁** : l'utilisation du logiciel « Optique » ne permet pas aux élèves d'identifier et de représenter (modèles) les lentilles (Situation S1).
- **H₀₂** : l'utilisation du logiciel « Optique » ne permet pas aux élèves de savoir tracer l'image d'un objet AB à travers une lentille convergente (Situation S2).
- **H₀₃** : l'utilisation du logiciel « Optique » ne permet pas aux élèves de faire les correspondances prismes-lentilles (Situation S3).
- **H₀₄** : l'utilisation du logiciel « Optique » ne permet pas aux élèves d'identifier les lentilles qui font les corrections des anomalies de l'œil, et de tracer les schémas optiques correspondants (Situation S4).
- **H₀₅** : l'utilisation du logiciel « Optique » ne permet pas aux élèves de savoir tracer l'image d'un objet AB et de déterminer sa nature, son sens et sa longueur en considérant la position de l'objet par rapport à la lentille (Situation S5).
- Nous avons également postulé dans une sixième hypothèse (**H₀₆**) de recherche qu'il n'y a pas de différence entre les deux groupes témoin et expérimental.

V. Résultats de recherche

1. Étude évaluative des produits multimédias des enseignants innovants

L'étude évaluative de 228 produits multimédias d'enseignants innovants marocains, a enregistré les résultats suivants : la participation des 16 académies régionales d'éducation et de formation (AREF) ; 25 enseignantes et 203 enseignants des différents niveaux scolaires et de toutes les disciplines ont déposé leur innovation ; 32 de ces produits sont des sciences physiques, 33 des mathématiques, 26 des sciences de vie et de la terre et 51 de la langue française.

59 de ces innovations sont du niveau primaire ; 49 du niveau collège et 99 du niveau lycée (le concours ne concerne pas l'enseignement supérieur).

⁴ http://www.polymtl.ca/bap/docs/documents/historique_approche_enseignement.pdf

RESSOURCES, INSTRUMENTS, OUVERTURE

2. Forme d'interactivité

L'analyse des projets d'enseignants innovants (El Hajjami, Ajana, El Mokri, & Chikhaoui, 2000) a montré que 51,75 % de productions ont une forme d'interactivité linéaire et 48,25 % ont une forme d'interactivité modulaire.

3. Évaluation

Sur les 228 enseignants innovants, seulement six enseignants ont affirmé avoir évalué leur produit soit avec leurs élèves, avec leurs pairs ou avec les inspecteurs des matières correspondantes au contenu du produit. De plus ces enseignants ont demandé de faire des formations leur permettant d'évaluer et d'expérimenter leurs innovations.

4. Les différents types de supports multimédias présentés

En nous basant sur la typologie établie par Erica De Vrie (2001) et qui présente les huit fonctions pédagogiques⁵ d'un support multimédia, nous avons catégorisé les 228 produits : 80 sont des tutoriels, 32 sont de type « apprentissage collaboratif », 27 sont de type hypermédia, 25 sont de type exercices, 19 présentent des simulations...

5. Construction de la grille d'évaluation

La grille d'évaluation que nous avons construite comprend vingt critères répartis selon les quatre axes suivants : le contenu, l'ergonomie de l'interface, l'utilisation pédagogique et l'innovation pédagogique. Cette grille (annexe 1) nous a permis de sélectionner les dix meilleurs produits du concours des enseignants innovants (chaque enseignant participant au concours signe un engagement d'acceptation pour évaluer et utiliser son produit dans des buts pédagogiques et/ou de recherche).

6. Analyse de la consistance des facteurs d'évaluation

Pour analyser la consistance interne des items, un panel de 61 juges⁶ (enseignants chercheurs, inspecteurs, informaticiens) a évalué, avec une échelle de Lickert à 4 niveaux les 4 qualités des supports multimédias selon les 20 items de la grille. La comparaison du coefficient de l'Alpha de Cronbach⁷ avant suppression d'items déviants et après suppression d'items déviants nous a permis de garder les items évaluant le mieux les critères correspondants.

Tableau I : Analyse de la consistance des facteurs d'évaluation

Thèmes	Alpha de Cronbach avant suppression d'items déviants	Alpha de Cronbach après suppression d'items déviants
contenu	0,8487	0,8960
Ergonomie de l'interface	0,8362	0,8839
utilisation pédagogique	0,9114	0,9114
innovation pédagogique	0,8864	0,9255

Tous les critères présentent une bonne consistance interne ($\alpha > 0.8$), ce qui justifie la validité du construit.

⁵ http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/rfp_0556-7807_2001_num_137_1_2851

⁶ Ces juges ont été choisis selon leurs compétences et l'apport qu'ils peuvent apporter à l'évaluation de chacun des 4 thèmes de la grille.

⁷ <http://www3.unil.ch/wpmu/asi/tutoriaux-video/statistiques-inferentielles/alpha-de-cronbach/>

RESSOURCES, INSTRUMENTS, OUVERTURE**7. Connaissances des élèves en TIC**

L'analyse des résultats des questionnaires a montré que tous les élèves questionnés ont un bon niveau en matière d'usage des TIC. Pour pallier aux difficultés des usages des TIC, les meilleurs de ces élèves ont été choisis pour constituer le groupe expérimental.

8. Connaissances des élèves en optique géométrique

L'analyse des résultats du prétest a montré que les élèves questionnés ont de grandes difficultés portant essentiellement sur :

1. L'identification et la modélisation des lentilles.
2. La correspondance prisme – lentille.
3. Le tracé du trajet d'un faisceau lumineux traversant une lentille convergente.
4. Le tracé de l'image d'un objet AB et la détermination de ses caractéristiques.
5. L'identification des lentilles permettant la correction de deux anomalies de l'œil, et le tracé de schémas optiques correspond.

9. Évolution des sujets du groupe témoin /Évolution des sujets du groupe expérimental

La différence entre les postests et les prétests montrent que les élèves du groupe témoin enregistrent une évolution dans les cinq situations (Annexe2).

La différence entre les postests et les prétests montrent que les élèves du groupe expérimental enregistrent une évolution dans les cinq situations beaucoup plus importante que celle du groupe témoin. (Annexe 3)

Pour la situation 1 et qui porte sur l'identification et la représentation des lentilles, nous avons :

- des cas où les élèves ont connu une évolution positive (9 GT, 7 GE) ;
- des cas où les élèves n'ont pas enregistré d'évolution (5 GT, 6 GE) ;
- un cas où l'élève a connu un changement négatif (1 GE).

Pour la situation 2 qui porte sur le tracé de l'image d'un objet AB à travers une lentille convergente, nous avons :

- des cas où les élèves ont connu une évolution (9 GT, 8 GE) ;
- des cas où les élèves n'ont pas enregistré d'évolution (6 GT, 7 GE).

Pour la situation 3 qui porte sur la correspondance prisme-lentille, nous avons :

- des cas où les élèves ont connu une évolution (10 GT, 9 GE) ;
- des cas où les élèves n'ont pas enregistré d'évolution (3 GT, 5 GE) ;
- un cas où l'élève a connu un changement négatif (1 GT).

Pour la situation 4 qui porte sur l'application à l'œil (Identification des lentilles permettant la correction des deux anomalies de l'œil, et le tracé des schémas optiques correspondants), nous avons :

- des cas où les élèves ont connu une évolution (5 GT, 8 GE) ;
- des cas où les élèves n'ont pas enregistré d'évolution (6 GT, 6 GE) ;
- des cas où les élèves ont connu un changement négatif (3 GT).

RESSOURCES, INSTRUMENTS, OUVERTURE

Pour la situation 5 qui porte sur le tracé de l'image d'un objet AB et la détermination de la nature, le sens et la longueur de l'image en considérant la position de l'objet par rapport à la lentille, nous avons :

- des cas où les élèves ont connu une évolution positive (14 GT, 14 GE).

10. Vérification des hypothèses de recherche: test de Wilcoxon

Pour vérifier nos hypothèses de recherche, nous avons utilisé le test de Wilcoxon⁸. Les résultats de ce test nous a permis de :

- Rejeter H01 et confirmer que l'utilisation du logiciel « Optique » permet aux élèves d'identifier et de représenter les lentilles (Situation S1) avec un risque d'erreur $p=0,048 < 0,05$.
- Rejeter H02 et confirmer que l'utilisation du logiciel « Optique » permet aux élèves de savoir tracer l'image d'un objet AB à travers une lentille convergente (Situation S2) avec un risque d'erreur $p=0,017 < 0,05$.
- Rejeter H03 et confirmer que l'utilisation du logiciel « Optique » permet aux élèves de faire les correspondances prismes-lentilles (Situation S3) avec un risque d'erreur $p=0,003 < 0,05$.
- Rejeter H04 et confirmer que l'utilisation du logiciel « Optique » permet aux élèves d'identifier les lentilles qui permettent la correction des deux anomalies de l'œil, et de tracer les schémas optiques correspondants (Situation S4) avec un risque d'erreur $p=0,007 < 0,05$.
- Rejeter H05 et confirmer que l'utilisation du logiciel « Optique » permet aux élèves de savoir tracer l'image d'un objet AB et de déterminer sa nature, son sens et sa longueur en considérant la position de l'objet par rapport à la lentille (Situation S5) avec un risque d'erreur $p=0,001 < 0,05$.

11. Confirmation de l'hypothèse de recherche

D'après les résultats obtenus dans les cinq situations, nous pouvons donc dire que l'usage du logiciel « Optique » produit un effet positif sur les résultats d'élèves du niveau baccalauréat sciences expérimentales.

12. Analyse des résultats du groupe expérimental

Tableau II : différence entre prétest et posttest du groupe expérimental

	Prétest	Posttest	Variation
Médiane	4.625	13.75	9.125
Interquartile	2.31	1.81	0.5

Pour le groupe expérimental nous avons enregistré pour la médiane un gain de 9.125, et pour l'interquartile une différence de 0.5, c'est-à-dire que la population devient moins dispersée: les sujets du groupe expérimental enregistrent des résultats plus proches.

⁸ <http://www.les-mathematiques.net/phorum/read.php?13,741923>

13. Analyse des résultats du groupe témoin

Tableau III : différence entre prétest et posttest du groupe témoin

	Prétest	Posttest	Variation
Médiane	3.875	13.375	9.5
Interquartile	4.25	2.375	1.875

Pour le groupe témoin nous avons enregistré pour la médiane un gain de 9.5, et pour l'interquartile une différence 1.875, c'est-à-dire que la population devient moins dispersée: les sujets du groupe témoin enregistrent des résultats plus proches.

14. Comparaison des gains des deux groupes : prétest-posttest

Tableau IV : différence entre prétest et posttest des deux groupes

	Témoin	Exp	Variation
Médiane	8.125	9.625	1.5
Interquartile	7	3.1875	3.8125

La comparaison des gains des deux groupes entre le prétest et le posttest a enregistré pour la distribution des résultats du groupe expérimental une homogénéité plus grande que celle du groupe témoin.

15. Comparaison des deux groupes : Test de Mann-Whitney

Tableau V : comparaison des deux groupes

	TOTAL
Mann-Whitney U	80,500
Wilcoxon W	185,500
Z	-,805
Asymp. Sig. (2-tailed)	,421
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,427

Pour comparer les deux groupes, nous avons appliqué le test de Mann-Whitney. La valeur de probabilité de signification est de l'ordre $0.421 > 0.05$. Donc nous pouvons conclure que les résultats de ce test ne nous permettent pas de rejeter H_0 et qu'il n'y a pas de différence entre les deux groupes (GT et GE).

16. Résultats des entrevues réalisées avec les élèves du groupe expérimental

Les questions relatives aux interviews réalisées avec les élèves du groupe expérimental ont porté sur :

- L'avis des élèves envers l'utilisation du support « Optique »;
- La comparaison du support par rapport aux méthodes classiques ;
- Les possibilités d'application des supports multimédias pédagogiques dans l'apprentissage et la compréhension d'autres concepts physiques (fission et fusion nucléaire ; le frottement de glissement ; transition électrostatique-électrocinétique ; etc.).

L'analyse des résultats de ces interviews a enregistré les constats suivants :

- Une grande motivation des élèves.

RESSOURCES, INSTRUMENTS, OUVERTURE

- Les élèves interviewés sont pour l'intégration des TIC dans l'enseignement et l'apprentissage des sciences physiques.
- Les élèves interviewés sont conscients des difficultés que génère la nature de l'enseignement des sciences physiques, et pensent que l'intégration des TIC, sous forme de simulation (modélisation), peut résoudre ces problèmes et amener à des apprentissages significatifs.
 - **Question** : « En quoi est-ce que ce le produit multimédia vous a été utile ? ».
 - **Réponse** : « Ce produit nous a beaucoup aidés, dans la mesure où il a présenté les phénomènes optiques de façon détaillée. Les schémas étaient clairs et la langue d'enseignement (arabe) nous a aussi aidés à mieux comprendre ».
 - **Question** : « La différence par rapport à la méthode classique ? ».
 - **Réponse** : « Si on considère l'exemple des rayons lumineux, dans la méthode classique, l'enseignant explique tout en faisant des schémas au tableau, si on ne le suit pas on se perd. Par contre, en utilisant cet outil, on voit réellement le phénomène et on suit pas à pas le parcours du faisceau lumineux. De plus on trouve dans l'outil tout ce dont on a besoin ».
 - **Question** : « Pouvez-vous donner des exemples de concepts en sciences physiques qui nécessitent l'utilisation des TIC, outre que celles de l'optique géométrique ? ».
 - **Réponse** : « Oui, l'exemple de la physique nucléaire nécessite beaucoup d'éclaircissement au niveau des réactions nucléaires qui se produisent et qu'on ne peut pas voir sur le tableau ».

V. Conclusion

L'évaluation des supports multimédias est un travail complexe qui nécessite l'implication d'une équipe pluridisciplinaire et l'expérimentation du support avec les utilisateurs concernés par l'outil (utilisateurs finaux). Par rapport à d'autres recherches qui se sont limitées à l'évaluation utilisant des critères, notre travail a adhéré à plusieurs approches évaluatives. Nous ne nous sommes pas arrêtés à la catégorisation ou au choix de l'outil approprié à travers l'usage de critères, mais nous avons atteint l'étape ultime de l'évaluation en expérimentant l'outil sélectionné avec les élèves. Nous avons pris en compte deux principales considérations méthodologiques pour assurer le minimum de conditions qu'il faudrait mettre en place pour mener une expérience concluante de l'effet de l'outil sur les résultats d'élèves. Les résultats auxquels nous sommes arrivés sont limités aux contextes de recherche (conditions de passation des tests), aux moyens mis à notre disposition et aux avis de juges que nous avons invités pour participer à la construction de l'outil d'évaluation de supports multimédia pédagogique.

Des résultats des cinq situations, nous confirmons que l'apprentissage utilisant les supports multimédias procure un gain de compréhension certain chez les élèves du baccalauréat sciences expérimentales.

Références

Ahaji, K., El Hajjami, A., Ajana, L., El Mokri, A. et Chikhaoui, A. (2005). Étude et méthodologie d'évaluation des produits multimédias pédagogiques des enseignants innovants. Dans les *Actes du Colloque REMADIS*, Faculté des sciences et des technologies d'Errachidia, Laboratoire des TIFEPS. Récupéré sur : http://ahaji.site.voila.fr/articles/aricle_1_evaluation_multimedias.pdf

RESSOURCES, INSTRUMENTS, OUVERTURE

Ahaji, K., El Hajjami, A., Ajana, L., El Mokri, A. et Chikhaoui, A. (2008). La politique d'intégration des TIC dans le système éducatif Marocain. Liban 2007. La revue en ligne de l'EPI. Récupéré sur le site de l'EPI : <http://www.epi.asso.fr/revue/articles/a0804a.htm>

Ahaji, K., Alem, J. et Alhajjami, A. (2006). Évaluation des produits multimédias pédagogiques des enseignants innovants au Maroc et la fidélité des mesures de grille. *Actes du Congrès de l'AIPU-Monastir'2006*. Récupéré sur : http://ahaji.site.voila.fr/articles/aricle_1_evaluation_multimedias.pdf

Alami, M. et Benjelloun, N. (2006). Correspondance objet image dans un système optique de formation d'image par une lentille mince. *Actes du symposium international Formation, Apprentissage et Évaluation en Sciences et Techniques à l'Université*, p.109-117.

Barrette, C. (2004). Vers une métasynthèse des impacts des TIC sur l'apprentissage et l'enseignement dans les établissements du réseau collégial québécois : De la recension des écrits à l'analyse conceptuelle. *Clic, Bulletin Collégial des TIC*, 55. Récupéré sur le site de la revue: <http://clic.ntic.org/cgi-bin/aff.pl?page=article&id=1085>.

Benazet, P. (2004). *Approche sémiotique des processus cognitifs du multimédia éducatif. Évaluation et préconisations* (thèse de doctorat). Université de Perpignan, France.

Charlier, B. (2001-2002). *Evaluer des logiciels éducatifs*. Cellule d'Ingénierie pédagogique. DES-TEF 2001-2002. Récupéré sur : http://nte.unifr.ch/IMG/pdf/courshp20022003_session030514.pdf

Bruillard, E., Komis, V. et Laferrière, T. (dir.). (2012). TIC et apprentissage des sciences : promesses et usages. *Recherches en didactique des sciences et des technologies (RDST)*, 6.

Crozat, S., Hu, O. et Trigano, P. (1999). EMPI, un guide logiciel d'aide à l'évaluation du multimédia pédagogique. *AIPU'99*, Montréal, Canada. Récupéré sur le site Hyper Archives en Ligne (HAL) : <https://hal.inria.fr/file/index/docid/1893/filename/aipu99.pdf>

De Vries, E. (2001). Les logiciels d'apprentissage : panoplie ou éventail ? *Revue Française de Pédagogie*, 137, 105-116.

Dero, M. et Heutte, J. (2008). Impact des TIC sur les conditions de travail dans un établissement d'enseignement supérieur : auto-efficacité, flow et satisfaction au travail. *Colloque international JOCAIR'08*, Amiens. Récupéré sur : <http://moise.dero.free.fr/cv/spip.php?article1>

El Hajjami, A., EL Mokri, A., Chikhaoui, A. (2000). Approches analytiques de logiciels d'apprentissage des sciences physiques. Dans les *Actes du Colloque International sur l'Enseignement et Recherche en Didactique des Sciences*, 1ère biennale du Réseau Marocain de Didactique des Sciences « REMADIS ».

Jamaa, E., Hidaoui, L. et Alaoui, I.F. (2013). *Réalité d'intégration des technologies de l'information et de la communication dans l'enseignement secondaire collégial et qualifiant. Cas de l'AREF de Rabat-Salé-Zemmour Zair* (mémoire pour l'obtention du diplôme de conseiller en orientation). Centre d'Orientatation et de Planification de l'Éducation, Rabat-Maroc. Récupéré sur le site de dépôt des mémoires du COPE : <http://www.cope.ma/index.php/memoires-au-cope>

Henry, J. et Joris, N. (2013). Maîtrise et usage des TIC : la situation des enseignants en Belgique francophone. *Sciences et technologies de l'information et de la communication (STIC) en milieu éducatif*, Clermont-Ferrand, France. Repéré à http://halshs.archives-ouvertes.fr/docs/00/87/56/43/PDF/D5_Henry_Joris.pdf.

RESSOURCES, INSTRUMENTS, OUVERTURE

Niederer, H. (1999). Recherche et développement en didactique de la physique à l'université : Résultats et tendances. *Didaskalia*, 14, 95-114.

Ministère de l'éducation nationale. (1999-2010). *Charte Nationale d'Education et de Formation*. Récupéré sur : <http://www.men.gov.ma>

Ministère de l'éducation nationale (2009-2012). *Plan d'urgence*. Récupéré sur : <http://www.men.gov.ma>

Ministère de l'éducation nationale (2007). *Programme de Généralisation des TIC dans le Système Éducatif Marocain*. Repéré à <http://www.genie.gov.ma/>

Reeves, T.C. (1992). Evaluating Interactive Multimedia. *Educational Technology*, 32 (5), 47-53.

RESSOURCES, INSTRUMENTS, OUVERTURE

Annexe 1 : Critère d'évaluation des supports multimédia

Critères	NO	Items	Echelle de notation					
			5	4	3	2	1	0
Contenu	1	Structuration du contenu suivant des règles de présentation favorisant l'apprentissage						
	2	Conformité du contenu aux objectifs des programmes établis par le Ministère de l'éducation Nationale						
	3	Degré d'adéquation du contenu pour le niveau concerné						
	4	Cohérence de l'organisation du contenu						
	5	La bonne connaissance du sujet et l'expression claire du concepteur du logiciel						
Ergonomie	6	Le produit est clairement décrit						
	7	Fonctionnement adéquat des éléments interactifs						
	8	Les interactions possibles dans le produit peuvent soutenir les élèves et peuvent favoriser l'apprentissage						
	9	L'ergonomie de l'interface du produit est détaillée et convenable au public cible						
Utilisation pédagogique	10	Possibilités d'intégration du produit dans l'acte enseignement/apprentissage						
	11	Possibilité d'amélioration de la compréhension des élèves par le produit						
	12	La possibilité de développer diverses compétences (savoir, savoir faire..)						
	13	Contribution à la résolution des problèmes.						
	14	Favorisation de l'autonomie de l'apprenant						
	15	Il y a suffisamment d'informations pour que le produit vaille la peine d'être opérationnel						
	16	La définition claire du public cible						
Innovation pédagogique	17	L'aide apporté par le produit aux enseignantes et aux enseignants dans leurs pratiques pédagogiques						
	18	Le produit est un moyen nouveau dans l'acte enseignement/apprentissage						
	19	le produit se prête mieux que les moyens traditionnels						
	20	L'offre d'une rétroaction appropriée par les évaluations fournies à l'utilisateur						

RESSOURCES, INSTRUMENTS, OUVERTURE

Annexe 2 : Évolution des sujets du groupe témoin /Évolution des sujets du groupe expérimental

Tests	Prétest					Posttest				
	Sujets (Elèves)	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4
E1	1.5	0.5	0	0.5	3	1.5	1.5	2	0.25	8.25
E2	1.5	1.5	0	0.5	3	1.5	1.5	2	0.5	8.5
E3	0	0	0	0	1	1.5	1.5	2	0.5	9
E4	0	1	0	0.5	1.5	1.5	1.5	2	0.5	9
E5	1	1	2	0.5	5	1.5	1.5	2	0.5	8,5
E6	1	1	0	0	0	1.5	1.5	2	0.5	6.25
E7	0.5	1.5	0	0.5	0	1.5	1.5	2	0.25	7.75
E8	0.75	0	0	0.5	0.75	1.5	1.5	2	0.5	8
E9	1.25	0	0	0	0	1.5	1.00	0.25	0.25	2.75
E10	0.75	0	2	0	1.5	1.5	1.00	1	0.25	2
E11	1	1.5	2	0.5	2	1.5	1.5	2	0.25	6
E12	1.5	1.5	0	0.5	2.5	1.5	1.5	2	0.5	7.75
E13	1.5	1.5	0	0.5	0	1.5	1.5	2	0.5	6.25
E14	1.5	1.5	2	0.5	0	1.5	1.5	2	0.25	8.75

ANNEXE 3 : EVOLUTION DES ELEVES DANS LES CINQ SITUATIONS D'APPRENTISSAGE

Tests	Prétest					Posttest				
	Sujets (Elèves)	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4
E1	0	0.25	0	0	0	1.5	1.5	2	0.5	7.75
E2	1.25	1.5	0	0.5	2.5	1.5	1.5	2	0.5	9
E3	1	1	2	0.5	1	1.5	1.5	2	0.5	7.25
E4	1	1	2	0	2	1.5	1.5	2	0.5	9
E5	1.5	1.5	0	0	2	1.5	1.5	2	0.5	6.25
E6	1.5	1.5	2	0	2	1.5	1.5	2	0.25	7.25
E7	1.25	1.5	0	0	2	1.5	1.5	2	0.5	9
E8	0.75	0.25	2	0.5	4	1.5	1.5	2	0.5	7.75
E9	1.5	1.5	0	0.5	0	1.5	1.5	2	0.5	8
E10	1.5	0	2	0	0.5	1.5	1.5	2	0.5	9
E11	1.5	1.5	0	0.5	0	1.5	1.5	2	0.5	9
E12	1.5	1.5	0	0.5	1	1	1.5	2	0.5	9
E13	0.75	0.5	0	0	1	1.5	1.5	2	0.5	7
E14	1.5	0	0	0	3	1.5	1.5	2	0.5	9

Liste des abréviations

TIC : Technologies de l'Information et de la Communication

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

GENIE : Le programme de généralisation des TIC dans le système éducatif marocain

Ci = Critère n°i, Ei = Evalueur n°i, GT : Groupe Témoin, GE : Groupe Expérimental

Si : Situation « i » prétest SS1 : Situation « i » posttest

CITI: Centre de l'innovation en technologies de l'information