



Micro-étude de l'impact de l'utilisation de la réalité augmentée sur la performance et les attitudes des apprenants dans le cadre d'un cours sur les techniques boursières

Abderrazzak ELMEZIANE
assabile@gmail.com

Thomas LECORRE
thomas.lecorre@cyu.fr

Cergy Paris Université¹
France

Micro-Study of the Impact of the use of Augmented Reality on Performance and Attitudes of Learners as Part of a Course on Stock Market Techniques

<https://doi.org/10.18162/ritpu-2021-v18n2-01>

Mis en ligne : 31 mai 2021

Résumé

La recherche porte sur l'impact d'une application de réalité augmentée, Tech-Bourse AR, sur la performance scolaire et l'attitude des étudiants à l'égard de cette technologie éducative.

L'expérience a consisté en un enrichissement de notre soutien aux cours de techniques boursières avec des ressources pédagogiques sous la forme d'outils multimédias utilisant un logiciel de réalité augmentée (HP Reveal). Cette technique permet, à l'aide d'un téléphone intelligent, de fournir des informations pertinentes rendant le cours accessible et plus interactif.

Pour démontrer l'impact de cette technologie sur les apprenants, nous avons mobilisé une approche quasi expérimentale (pré-test/post-test) pour tester les performances des apprenants selon trois objectifs de l'apprentissage cognitif (connaissance, compréhension et analyse) à l'aide de groupes, expérimental et de contrôle, et d'un questionnaire qui a cherché à mesurer les attitudes des apprenants vis-à-vis de la technique de réalité augmentée sur le plan tant personnel que de son utilisation pédagogique.

La recherche a montré une amélioration relative des performances scolaires des apprenants ainsi qu'une tendance positive dans leurs attitudes à l'égard de l'utilisation de cette technologie éducative et a recommandé son extension à d'autres cours.

Mots-clés

Réalité augmentée, techniques boursières, livre augmenté, performance, attitude

1. Laboratoire Bonheurs.



Abstract

The research focuses on the impact of an augmented reality application, Tech-Bourse AR, on the performance and attitude of students with regard to this educational technology.

The experience consisted of enriching our course support in stock market techniques with educational resources in the form of multimedia tools using augmented reality software (HP Reveal). This technique allows, using a smartphone, to provide relevant information making the course accessible and more interactive.

To demonstrate the impact of this technology on learners, we used a quasi-experimental approach to test the performance of learners according to three objectives of cognitive learning (knowledge, understanding and analysis) using experimental and control groups, and a questionnaire which sought to measure the attitudes of the learners towards the technique of augmented reality both on a personal level and towards its pedagogical use.

Research has shown that there is a marked improvement in the performance of learners as well as a positive trend in their attitudes towards the use of this educational technology and has recommended its extension to other courses.

Keywords

Augmented reality, stock market techniques, augmented book, performance, attitude

Introduction

Par la flexibilité de l'apprentissage qu'ils permettent (Sarrab *et al.*, 2012; Traxler, 2007), les appareils mobiles (tablettes, téléphones intelligents, iPhone, iPad, Google Glass...) sont désormais utilisés comme outils au service de l'apprentissage à tous les échelons des systèmes éducatifs (*mobile learning*). Outre cette flexibilité due à leur portabilité, les mobiles ont l'avantage de pouvoir augmenter la réalité environnante (*augmented reality*) (Mitha *et al.*, 2013). Cette augmentation de la réalité consiste en une interaction d'images générées par l'appareil mobile, avec l'environnement du monde réel. Elle fait référence à une technologie qui donne la possibilité à l'utilisateur de saisir le sens du monde réel tout en interagissant avec l'objet virtuel et physique (Contreras López *et al.*, 2019).

L'augmentation de contenus pédagogiques est de nature à combler le fossé entre le réel et ses représentations qui en sont, souvent, une image approximative, et généralement inaccessible, particulièrement dans le contexte des apprentissages des disciplines techniques comportant un haut degré d'abstraction. La technologie de réalité augmentée des supports pédagogiques peut contribuer à résoudre ce problème et relever ainsi le défi pédagogique de « matérialiser les idées [abstraites] pour pouvoir s'en saisir » (Lecorre, p. 148).

La réalité augmentée (RA) est, aujourd'hui, reconnue comme une technologie éducative pour l'enseignement supérieur et l'enseignement secondaire (New Media Consortium, 2016). Le matériel pédagogique préparé à l'aide de la RA offre, en effet, un environnement d'apprentissage proche du monde réel (Cai *et al.*, 2014).

Nous essaierons, au travers de la présente recherche, d'étudier l'impact de la réalité augmentée sur la performance des étudiants en contexte d'apprentissage d'une discipline technique qui relève du domaine des sciences de la gestion, en l'occurrence les techniques boursières.

Nous allons également entreprendre d'approcher l'attitude des apprenants à l'égard de cette innovation technopédagogique dans un contexte pédagogique caractérisé par l'émergence de cette nouvelle génération d'apprenants « numérophiles » ou « numéropatiquants » (PROFETIC, 2016) que sont les nouvelles générations d'étudiants.

1. Problématique

De nombreuses études ont cherché à étudier le potentiel de la RA dans l'apprentissage des STIM (sciences, technologie, ingénierie et mathématiques), dont les concepts sont souvent abstraits et rebutants pour les apprenants.

De nombreux auteurs (Bujak *et al.*; Cheng *et al.*; Dunleavy *et al.*; Wu *et al.*, 2013) ont ainsi mis en exergue le fait que la RA a des avantages éducatifs potentiels utiles dans l'amélioration des compétences pratiques, la compréhension conceptuelle et le développement de l'apprentissage par l'investigation scientifique, particulièrement dans les disciplines scientifiques et techniques. Ces vertus de la RA ont également été soulignées par Enyedy *et al.* (2012) pour ce qui est de la physique, Tomi et Rambli (2013) pour les mathématiques ou encore Andujar *et al.* (2011) ainsi que Salvetti et Bertagni (2014) pour le cas spécifique de l'usage de la RA dans la simulation de laboratoires d'expérimentation dans les établissements scolaires.

Récemment, Ibáñez et Delgado-Kloos (2018) ont entrepris une revue systématique de la littérature autour de l'apport de la RA dans le contexte d'apprentissage des STIM entre 2010 et 2017 (28 études). La recherche a, ainsi, démontré que la plupart des études examinées ont mis en valeur les effets bénéfiques de la technologie de réalité augmentée sur la promotion de la conception des étudiants et du degré de leur compréhension des disciplines auxquelles elle a été appliquée. Plusieurs études ont constaté les résultats probants de cette technologie sur la motivation, l'attitude, le plaisir ressenti, la satisfaction, l'immersion, le « *flow*² » l'intérêt et l'engagement des apprenants. Seules sept études ont signalé des problèmes dus à l'usage de la technologie de RA qui pourraient affecter l'efficacité des activités d'apprentissage. Un problème signalé dans trois des études examinées concernait le fait que les étudiants doivent être formés à l'utilisation de la technologie de RA avant de l'utiliser dans des activités d'apprentissage. Les plaintes les plus fréquentes dans les études, y compris la mesure de la convivialité, concernaient l'absence de rétroaction immédiate du système (deux études), sa lenteur, ou le manque d'intuitivité de l'interface. Une préoccupation plus sérieuse a été soulevée par les instructeurs qui ont signalé la distraction des élèves, probablement causée par l'effet de nouveauté.

En dépit des avantages de la RA, mis en exergue par les recherches dans le domaine des STIM, peu de recherches ont été entreprises en dehors de ces disciplines scientifiques (géographie, Turan *et al.*, 2018; lecture et compréhension, Bursali et Yilmaz, 2019). En ce qui concerne le domaine spécifique des techniques de gestion, il n'y a pas eu, à notre connaissance, d'études autour de l'évaluation de l'impact de l'usage de la RA dans les techniques financières, particulièrement les techniques boursières. Les rares études qui ont approché cette question ont porté spécifiquement sur l'usage de la RA dans le *trading* en contexte professionnel et non pas éducatif (Maad *et al.*, 2007) ou sur le potentiel de la RA dans la perception du risque financier (Maad *et al.*, 2010).

2. Développé en 1990 par le psychologue Csíkszentmihályi (1996), le « *flow* » décrit une « expérience optimale ». Les individus dans un état de *flow* sont si concentrés et engagés dans le jeu qu'ils peuvent en oublier les besoins les plus vitaux : manger, boire, dormir.

Quant à l'usage de la RA dans les livres augmentés (*AR books*), il n'y a, à notre connaissance, aucune étude qui a été faite dans le domaine des techniques boursières. Les études antérieures ayant porté sur l'usage de la technologie de RA dans les livres augmentés ont surtout porté sur les livres scolaires au niveau du primaire. Alhumaidan *et al.* (2018) ont ainsi prouvé que l'application de la RA à un manuel scolaire a des effets bénéfiques sur l'expérience d'apprentissage collaboratif au niveau du primaire. Quelques études ont approfondi les effets des livres de RA sur l'apprentissage et ont constaté des améliorations dans les acquis cognitifs des élèves dans des domaines tels que la capacité spatiale (Martín-Gutiérrez *et al.*, 2010), le changement conceptuel (Shelton et Stevens, 2004) et les compétences linguistiques (Liu, 2009).

D'autres études sur les applications pédagogiques des livres de RA ont permis d'évaluer la convivialité des systèmes de RA (Chang *et al.*, 2011; Sin et Zaman, 2010). Les résultats de ces études indiquent, généralement, que les apprenants sont d'accord sur leur utilité, leur facilité d'utilisation et leur efficacité, et expriment leur satisfaction à l'égard de l'utilisabilité des systèmes des livres de RA. Les utilisateurs de ces supports pédagogiques manifestent généralement une attitude positive à leur égard (Billinghurst *et al.*; Clark et Dünser, 2012). Cependant, les études portant sur l'impact de l'usage de la RA sur le processus d'apprentissage dans le domaine financier (particulièrement les techniques boursières) font cruellement défaut. Partant de ce constat, notre problématique s'articule autour de l'étude d'impact, sur les apprenants, de l'application de la RA à un manuel de cours de techniques boursières que nous enseignons aux étudiants de la deuxième année de la filière management bancaire et financier du diplôme universitaire de technologie à l'École supérieure de technologie (établissement dépendant de l'Université Mohammed V de Rabat, Maroc).

À travers cette étude, nous chercherons à répondre à notre principale question de recherche : Quel est l'impact de l'usage de la RA en contexte d'apprentissage des techniques boursières sur la performance des apprenants de la filière management bancaire et financier?

Cette performance sera appréciée à travers trois objectifs cognitifs (connaissance, compréhension et analyse) visés lors de l'enseignement de la discipline des techniques boursières par recours à la RA. Nous chercherons aussi, à travers cette étude, à apprécier l'attitude des apprenants face à cette innovation technopédagogique.

2. Cadre théorique et hypothèses

Nos objectifs pour cette recherche étant d'évaluer l'impact de la RA sur la performance des apprenants en techniques boursières d'une part et de mesurer l'attitude de ces apprenants face à cette technologie d'autre part, nous avons mobilisé le modèle de l'apprentissage multimédia (Mayer, 2009) qui s'inspire de la théorie cognitive de l'apprentissage multimédia comme cadre théorique pour le premier objectif et le modèle d'acceptation de la technologie (Davis, 1986) qui s'inspire à la fois de la théorie de l'action raisonnée (Fishbein et Ajzen, 1977) et de la théorie des attentes (Vroom, 1964) comme cadre théorique pour le second objectif.

2.1 Modèle de l'apprentissage multimédia

En ce qui concerne notre premier objectif, la théorie cognitive de l'apprentissage multimédia (TCAM), qui sous-tend le modèle de l'apprentissage multimédia (Mayer, 2009), constitue un cadre idoine pour notre recherche. En effet, cette théorie fournit des explications potentielles sur la manière dont la RA peut améliorer la performance des apprenants. Mayer explique, à ce propos, que lorsque les mots et les images sont présentés, les étudiants ont l'occasion de

construire des modèles mentaux verbaux et imagés et de créer des liens entre eux. (Mayer, 2009, p. 229).

Un apprentissage par usage du multimédia présente, en effet, l'avantage d'améliorer la possibilité de représenter, expliquer un concept, une règle ou une procédure (*learning by viewing*) et il permet également d'exercer dans le cadre d'une stratégie d'apprentissage par l'action (*learning by doing*). Mettre l'accent sur un contenu multimédia accompagnant un texte statique contribue ainsi à capter l'attention de l'apprenant (effets spéciaux de transition, vidéos, symboles animés, etc.) afin de l'aider à apprécier un texte en le rendant plus attractif.

Ce constat est confirmé par Sommerauer et Müller (2014) pour le cas de la RA, laquelle offre, selon eux, des possibilités basées sur les principes du multimédia en combinant du texte imprimé avec du contenu virtuel ou en accroissant des objets physiques à l'aide de texte virtuel.

Le modèle de Mayer (2009) conçu autour de la TCAM s'inspire des principes de trois théories usuelles en sciences cognitives : principe de la capacité limitée de la mémoire de travail (Baddeley, 1992), principe du double codage (Paivio, 1990) et principe de l'apprentissage actif (Mayer, 2009).

Selon Baddeley (1992), les processus de la pensée humaine sont tributaires d'un système à capacité limitée qui maintient et stocke des informations de manière temporaire. Paivio (1990), lui, nous enseigne qu'il y a deux façons d'amplifier ce que l'on a appris : avec des associations verbales et avec des images visuelles. Quant au principe de l'apprentissage actif de Meyer, il stipule que l'apprentissage est d'autant plus efficace qu'il est accompagné d'une activité cognitive consciente de la part de l'apprenant.

Partant de ces principes, Mayer (2009) distingue trois principales étapes de traitement de l'information : la sélection, l'organisation et l'intégration (figure 1).

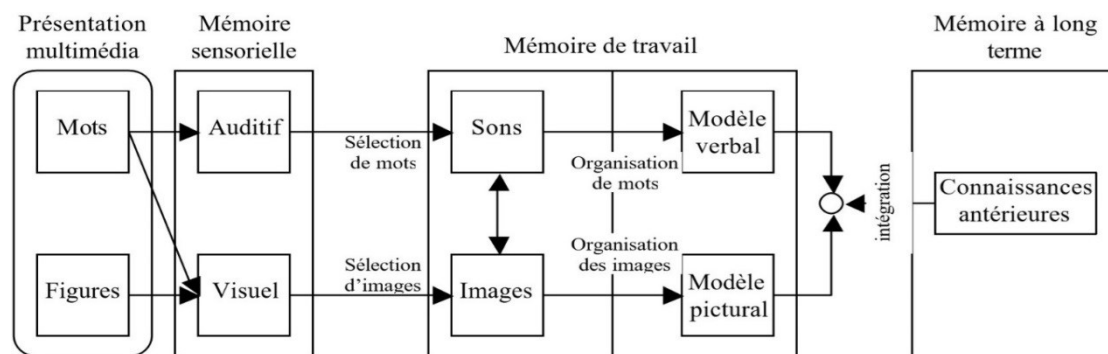


Figure 1

Modèle de l'apprentissage multimédia (Mayer, 2009)

- **Sélection** : La présentation d'un matériel, aussi bien visuel qu'auditif, est tout d'abord traitée par le système perceptif qui relaie tout de suite l'information à la mémoire sensorielle. La procédure de sélection correspond au relais vers la mémoire de travail des informations jugées pertinentes pour la tâche (lecture, compréhension du schéma...).
- **Organisation** : L'information pertinente est récupérée par la mémoire de travail. À ce stade, l'information doit être organisée. Chaque élément d'information perçu et identifié doit être lié aux autres. Les relations peuvent être causales, temporelles, logiques, etc. Mayer signale qu'à ce stade, les informations picturales et verbales restent cloisonnées. L'apprenant crée

donc un modèle mental sur la base des informations visuelles (*pictorial model*) et un autre en utilisant les informations verbales (*verbal model*).

- **Intégration** : Les informations picturales et verbales qui ont été organisées séparément sont intégrées et liées à des connaissances antérieures pour ne former qu'un seul modèle mental. La mémoire à long terme intervient pour fournir les connaissances antérieures, l'intégration se fait en mémoire de travail et il en résulte un nouveau modèle mental, élargi et indicé qui sera stocké en mémoire à long terme. On peut alors considérer que les informations ont été apprises.

2.2 Modèle d'acceptation de la technologie

En ce qui concerne notre second objectif, nous avons souhaité explorer l'attitude des apprenants à l'égard de la réalité augmentée mobilisée en apprentissage. Nous avons choisi, pour cela, le modèle de l'acceptation de la technologie (MAT) de Davis (1986) qui s'inspire à la fois de la théorie de l'action raisonnée de Fishbein et Ajzen (1977) et de la théorie des attentes de Vroom, 1964.

Le modèle d'acceptation de la technologie (Davis, 1986) permet, en effet, d'expliquer les déterminants qui encouragent l'utilisation de la technologie (la RA dans notre cas). Ce modèle, qui est largement utilisé dans les études d'acceptation de la technologie, postule que l'acceptation de la technologie est représentée par l'utilisation intentionnelle de cette technologie, elle-même déterminée par l'attitude de l'utilisateur à l'égard de l'usage de cette technologie et par l'utilité perçue de son utilisation.

Pour expliquer le comportement de l'utilisateur des TIC et la performance perçue, le modèle se base sur deux théories cognitives. La première est la théorie de l'action raisonnée de Fishbein et Ajzen (1977) qui met l'accent sur la motivation (intérêt personnel et influence sociale) et la capacité (ce qui est réalisable en fonction de l'effort à fournir). La seconde est la théorie des attentes de Vroom (1964) qui met l'accent sur les conséquences perçues en mettant en exergue trois facteurs de motivation qui se combinent de façon multiplicative ($\text{motivation} = V \times I \times E$) :

- L'expectation (E) : c'est-à-dire la confiance qu'a l'individu dans ses capacités à atteindre l'objectif;
- L'instrumentalité (I) : c'est-à-dire le niveau de la récompense obtenue par l'effort;
- La valence (V) : c'est-à-dire la valeur attribuée à la récompense par l'individu.

3. Méthodologie de la recherche et matériel utilisé

Une fois notre cadrage théorique précisé, nous allons nous atteler, à présent, à la construction de nos hypothèses et à la méthodologie que nous avons privilégiée pour mener à bien notre entreprise de recherche.

3.1 Hypothèses

Pour répondre à notre première question, nous avons émis les quatre hypothèses suivantes :

- **Hypothèse 1 (H₁)**. Il y a amélioration des performances des apprenants en raison de l'application de la technique de réalité augmentée en apprentissage quant à leur connaissance de la discipline des techniques boursières.

- **Hypothèse 2 (H₂).** Il y a amélioration des performances des apprenants en raison de l'application de la technique de réalité augmentée en apprentissage quant à leur compréhension de cette discipline.
- **Hypothèse 3 (H₃).** Il y a amélioration des performances des apprenants en raison de l'application de la technique de réalité augmentée en apprentissage quant à leurs performances analytiques relativement à cette discipline.

Et pour répondre à notre seconde question, nous avons mobilisé l'hypothèse suivante :

- **Hypothèse 4 (H₄).** Il y a un changement favorable dans l'attitude personnelle des apprenants vis-à-vis de l'usage de la réalité augmentée en apprentissage.

3.2 Approche méthodologique

Pour la mise en œuvre de cette recherche, nous avons adopté une approche mixte combinant à la fois une démarche quantitative et qualitative. La démarche quantitative consiste en une démarche quasi expérimentale à l'aide de la RA appliquée à notre cours de techniques boursières dispensé à la filière management bancaire et financier au cours du second semestre de l'année universitaire 2018-2019 (annexe A). Pour cela, nous avons conçu un « *augmented book* » que nous avons baptisé « TechBourse AR » et que nous avons ensuite soumis à un groupe expérimental d'étudiants de la filière management bancaire et financier (14 étudiants), tandis que le cours classique (support papier) a été administré au groupe témoin de la même filière (13 étudiants).

Les caractéristiques de l'échantillon sont reproduites au tableau 1 ci-dessous :

Tableau 1

Répartition des membres de l'échantillon de l'étude

Groupe	Garçons	Filles	Total
Expérimental	4	10	14
Témoin	5	8	13
Total	9	18	27

Pour l'évaluation de l'impact de cet « *augmented book* » sur l'apprentissage, les étudiants ont été soumis à un pré-test puis à un post-test pour juger leurs performances en la matière et pouvoir, ainsi, vérifier les quatre premières hypothèses de la recherche relative à la performance des apprenants du groupe expérimental comparativement à celle du groupe témoin.

Nous avons, pour cela, adopté la méthode quasi expérimentale, étant donné qu'elle permet de faire varier de manière délibérée les conditions du phénomène à étudier (ici le cours de techniques boursières de façon classique et par usage de la réalité augmentée) afin d'observer l'effet de cette variation sur le phénomène étudié (performance des apprenants).

Pour vérifier la quatrième et la cinquième hypothèse, nous avons mené une enquête par questionnaire auprès des apprenants ayant suivi l'apprentissage par la réalité augmentée. L'objectif de l'enquête est d'inférer les attitudes personnelles des apprenants vis-à-vis de l'usage de la RA en apprentissage ainsi que leurs attitudes vis-à-vis de l'usage pédagogique d'une telle technologie en apprentissage (annexe B).

3.3 Matériel utilisé : le livre augmenté

Le livre augmenté (*augmented book*) est l'une des applications éducatives de RA les plus populaires connue sous l'appellation de « MagicBook » (Billinghurst, 2001; Juan *et al.*, 2008; Ucelli *et al.*, 2005). Elle consiste à utiliser des livres avec des marqueurs RA comme objets d'interface principaux (figure 2). Dans un livre papier habituel, les apprenants tournent les pages, regardent les images et lisent du texte sans l'aide d'aucune technologie supplémentaire, mais s'ils regardent les pages à travers un écran RA, ils voient apparaître des modèles virtuels 3D hors des pages, introduisant ainsi un moyen intéressant d'être transportés entre réalité et virtualité à l'aide d'un objet (Martín-Gutiérrez *et al.*, 2010).

L'expérience du livre augmenté « de base » ne nécessite que l'usage de la caméra du téléphone intelligent munie d'une application de réalité augmentée « HP Reveal » pour visualiser la scène augmentée.

4. Étude empirique

4.1 Population et échantillon de l'étude

Le cours de techniques boursières est administré à trois filières du diplôme universitaire de technologie (bac+2) de l'École supérieure de technologie de la ville de Salé (composante de l'Université Mohamed V de Rabat, Maroc) : filière gestion comptable et financière (26 étudiants), filière management bancaire et financier (27 étudiants) et filière technique de commercialisation (36 étudiants).

Notre échantillon a été constitué par les étudiants de la filière management bancaire et financier au cours du second semestre de l'année universitaire 2018-2019. Le choix de cet échantillon a été fait de manière aléatoire parmi les trois filières auxquelles ce cours est administré. L'échantillon objet de l'étude a été, par la suite, scindé en deux groupes : un groupe témoin (13 étudiants) et un groupe expérimental (14 étudiants).

4.2 Variables de l'étude

- Variable indépendante – Usage de la réalité augmentée en apprentissage des techniques boursières à l'aide d'un manuel des techniques boursières augmenté (TechBourse AR)
- Variable dépendante 1 – Performance des apprenants mesurée par leurs scores aux tests
- Variable dépendante 2 – Attitudes des apprenants vis-à-vis de l'usage de la réalité augmentée en apprentissage mesurée par une échelle d'attitude élaborée à partir d'un questionnaire adressé aux apprenants

4.3 Test d'équivalence des performances des groupes et des enseignants

Afin d'assurer l'équivalence des deux groupes de l'échantillon, à l'entame de l'expérimentation, le test *t* des échantillons indépendants a été réalisé à trois niveaux de la performance correspondant à trois des six objectifs pédagogiques de la taxonomie de Bloom (1956) telle que modifiée par Krathwohl et Anderson (2009) : connaissance, compréhension et analyse.

Quant au souci d'équivalence des performances des enseignants des deux groupes, le cours au groupe témoin et au groupe expérimental étant assuré par nous-mêmes, nous avons pu éviter le risque d'une performance différente des apprenants attribuable à la différence de performance pédagogique des enseignants qu'aurait engendrée un cours réalisé par deux enseignants, chacun

s'adressant à un groupe différent. Ce choix comporte, toutefois, un biais potentiel induit par la connaissance par l'enseignant des deux méthodes d'apprentissage et des enjeux liés aux résultats espérés de la recherche. Nous avons, toutefois, veillé à assurer notre neutralité envers l'une ou l'autre méthode d'apprentissage afin de ne pas influencer les résultats, nous n'avons pas, par exemple, cherché à influencer les apprenants en se portant partie prenante de l'une ou l'autre des deux méthodes d'apprentissage .

4.4 Test d'attitude des apprenants à l'égard de la technologie de réalité augmentée

Nous pensons, conformément au cadre théorique que nous avons mobilisé, que la technologie de RA est susceptible d'influencer favorablement l'attitude des apprenants sur le plan tant personnel que de son usage pédagogique en apprentissage. Nous avons, par conséquent, tenté d'inférer s'il y a eu ou non changement d'attitude des apprenants à l'égard de cette technologie avant et après son usage. Ce test a été réalisé à l'aide d'un questionnaire que nous avons administré aux apprenants.

4.5 Outils mobilisés par la recherche – 1 : test de performance des objectifs de l'apprentissage

Afin de réaliser ce test, nous avons d'abord procédé à une analyse systématique du contenu de notre cours de techniques boursières. Il s'agit d'une technique de recherche servant à la description objective, systématique et quantitative du contenu manifeste à analyser (Berelson, 1952).

L'avantage de cette méthode est qu'elle permet de retracer, de quantifier, voire d'évaluer les idées ou les sujets présents dans un ensemble de documents : le corpus. Pour réussir cette tâche, il nous a fallu au préalable analyser la structure cognitive de notre corpus afin d'en créer des catégories bien déterminées qui serviront à la fois à la conception de nos tests de performance et à l'élaboration de notre matériel d'expérimentation (le livre augmenté).

Nous avons adopté une catégorisation du contenu de notre cours sous la forme de cinq rubriques (introduction à la bourse, fonctionnement du marché boursier marocain, gestion du portefeuille, analyse technique et *money management*, analyse technique et usage des indicateurs mathématiques) en y établissant les catégories essentielles du savoir scientifique (faits scientifiques, concepts scientifiques, principes scientifiques, lois et théories). Nous avons pu ainsi déterminer l'existence ou l'absence de ces catégories et avons calculé leurs fréquences d'apparition dans les cinq principales rubriques du cours.

Nous avons également catégorisé le cours sur le plan des objectifs pédagogiques à atteindre (connaissance, compréhension, analyse). Notre catégorisation du cours a, ensuite, été soumise à un test de stabilité de l'analyse du contenu. Nous avons, en effet, demandé à un collègue enseignant la finance de proposer sa propre catégorisation du cours, puis cette catégorisation a été confrontée à celle que nous avons réalisée en appliquant les coefficients de stabilité d'analyse de contenu, lesquels se sont avérés concluants (coefficient de Cooper³ = 95 % et de Holsti⁴ = 97 %). Cette stabilité est, en effet, largement attestée dès que ces coefficients dépassent le seuil de 70 % pour le premier et 80 % pour le second.

3. Indice Cooper = [nombre d'accords / (nombre d'accords + nombre de désaccords)] x 100

4. Indice Holsti = [2 x nombre d'accords / (points en première analyse + points en seconde analyse)] x 100

Spécification des objectifs du test de performance

Le test de performance des apprenants consiste en la détermination de leurs résultats (scores) au test d'évaluation de leurs niveaux de connaissance, de compréhension et d'analyse en matière de techniques boursières. Ce choix a été motivé par la prise en considération des niveaux les plus simples des objectifs de l'apprentissage sur le plan cognitif (connaissance et compréhension) et les plus complexes (l'analyse). Ce choix a été également motivé par le fait que ces trois niveaux de la taxonomie de Bloom ont été les plus fréquemment analysés dans le contexte des apprentissages qui visent un niveau taxonomique intermédiaire : Perez-Lopez et Contero (2013) pour le niveau de connaissance, Freitas et Campos (2008) et Ivanova et Ivanov (2011) pour le niveau de compréhension et Schrier (2005) pour le niveau de l'analyse.

Afin d'évaluer ces trois niveaux à la fois pour le groupe expérimental et le groupe témoin, des pré-tests et des post-tests ont été réalisés auprès des apprenants afin de déceler l'existence ou l'absence de différences statistiquement significatives entre les deux groupes et pouvoir ainsi mettre en relief l'éventuel impact du traitement expérimental opéré par la technologie de réalité augmentée.

Précision des objectifs opérationnels

Objectif 1 – Connaissance. Le test de cet objectif consiste à s'assurer de la manipulation de l'information de façon basique par les apprenants. Des questions à choix multiples, consistant à tester la capacité des apprenants à identifier, lister, énumérer et discriminer des informations figurant dans le cours de techniques boursières ont été élaborées afin d'évaluer le degré d'atteinte de cet objectif.

Objectif 2 – Compréhension. D'un niveau taxonomique plus élevé, cet objectif consiste à permettre aux apprenants de traiter l'information. Un apprenant qui a compris devrait, en effet, être capable de restituer cette information en la reformulant ou en donnant un exemple. Pour tester l'atteinte de cet objectif, nous avons élaboré des questions à choix multiples mettant en exergue la capacité des apprenants à classer, expliquer, illustrer, observer et rapporter des informations contenues dans le cours.

Objectif 3 – Analyse. Au-delà de la simple compréhension, l'atteinte de cet objectif met en valeur la capacité de l'apprenant à manipuler la règle ou la méthode enseignée dans le cours. On cherche à ce niveau à comprendre quelles sont les composantes de la règle ou de la méthode employée et comment elles fonctionnent. Pour y parvenir, nous avons mobilisé des questions à choix multiples visant à évaluer cette compétence de haut niveau taxonomique.

Dans l'élaboration des questions du test, nous avons pris en compte, à la fois, le poids relatif de chaque thème (mesuré par le volume horaire et le nombre de pages qui lui est consacré) et la fréquence d'apparition de chacun des trois objectifs taxonomiques choisis (connaissance, compréhension et analyse).

Test de validité du questionnaire d'évaluation de la performance des apprenants

Afin de nous assurer de la validité de notre questionnaire visant à tester la performance des apprenants en techniques boursières, nous l'avons d'abord mis à l'essai en le soumettant à un groupe d'étudiants volontaires de la filière GCF avant de le soumettre à nos deux groupes, expérimental et témoin. Pour cela, trois indices de validation du questionnaire ont été élaborés sur la base des questionnaires de l'Université catholique de Louvain (Support en méthodologie et

calcul statistique, s.d.) : indices de facilité et de difficulté du questionnaire et indice de discrimination du questionnaire.

L'épreuve a, ensuite, été soumise à un test de validité apparente basé sur l'avis d'un collègue enseignant la même discipline, ce qui nous a permis de faire quelques aménagements/apurements de notre épreuve. Elle a par la suite fait l'objet d'un test de validité interne à travers la détermination du coefficient de corrélation de Pearson entre les performances des apprenants aux trois niveaux taxonomiques choisis (connaissance, compréhension et analyse) par rapport à la performance globale afin d'assurer l'homogénéité du questionnaire, lequel s'est avéré concluant (corrélations entre niveaux des connaissances acquises, compréhension et niveau analytique et performance globale sont égales respectivement à 0,797, 0,763 et 0,763 au seuil de signification de 0,01).

Mesure de la stabilité du test. Nous avons tenté ici de répondre à la question « Quelle est la corrélation du test avec lui-même? », c'est-à-dire sa fidélité. Nous avons adopté, pour cela, la méthode basée sur la consistance interne du test de Kuder et Richardson (1937) dit coefficient KR-20, lequel s'est avéré concluant (0,99), ce qui indique que notre test est stable.

Une fois le test réalisé et validé, nous avons élaboré la mouture finale du test que nous avons soumis aux étudiants sous la forme d'une épreuve QCM sur une heure.

4.6 Outils mobilisés par la recherche – 2 : échelle d'attitude vis-à-vis de la technique de réalité augmentée

L'objectif assigné à cette échelle est d'évaluer les attitudes des apprenants vis-à-vis de la technique de RA avant et après son usage. Nous nous sommes basés pour la réaliser sur l'étude de Rahili (2013), ce qui nous a permis d'élaborer un questionnaire que nous avons adressé aux apprenants afin d'inférer leurs attitudes à l'égard de cette technologie éducative.

Contrairement à l'étude de Rahili (2013) qui a comporté un questionnaire constitué de 25 items, évalués sur l'échelle de Likert à cinq niveaux segmentés en deux grands axes pour tenir compte à la fois des attitudes personnelles de l'apprenant vis-à-vis de l'usage de la réalité augmentée (12 items) et de leurs attitudes vis-à-vis de l'usage pédagogique de la réalité augmentée (13 items), nous avons regroupé les deux axes en un seul qui tient compte de l'attitude globale des apprenants vis-à-vis de cette technologie éducative.

Nous avons réparti les items positifs et négatifs de manière aléatoire à divers moments dans le questionnaire pour que l'apprenant ne puisse pas détecter la tendance générale des questions. Il a été tenu compte de même d'un équilibrage entre les items positifs et négatifs (14 positifs et 11 négatifs).

Divers tests concluants ont ensuite été effectués :

- Test de fiabilité de l'outil de mesure, lequel a été assuré par un collègue enseignant la même discipline que nous, ce qui nous a permis d'améliorer la mouture finale du questionnaire;
- Test de validité de la stabilité de l'outil, lequel a été assuré par le recours au coefficient alpha de Cronbach calculé à partir des données relatives à notre échantillon ayant servi au test de notre questionnaire (les trois niveaux du coefficient alpha de Cronbach dépassent 60 %);
- Test de l'homogénéité du questionnaire, lequel a été assuré à l'aide d'un test réalisé sur un échantillon d'étudiants volontaires de la filière GCF. Les coefficients de corrélations de

Pearson ont été calculés (0,538 à 0,825) pour les résultats de chaque item des deux axes du questionnaire et le résultat global.

4.7 Matériel de l'étude : « *augmented book* » des techniques boursières TechBourse AR

Le matériel que nous avons mobilisé dans cette étude se base sur la technique de RA appliquée au manuel de cours de techniques boursières que nous avons baptisé « TechBourse AR » (AR pour *augmented reality*).

L'augmentation du cours a été assurée par le recours à la technologie de RA à l'aide du logiciel HP Reveal (Hewlett-Packard, s.d.). La figure 2 illustre une séquence vidéo explicative d'un passage de notre cours de techniques boursières qui porte sur le modèle d'équilibre des actifs financiers.



Figure 2

Illustration de la réalité augmentée appliquée à notre cours de techniques boursières (TechBourse AR)

Cette partie du cours étant relativement abstraite pour les étudiants qui doivent saisir tout le sens d'une formule mathématique appliquée en finance qui représente ce modèle, l'augmentation d'un tel passage du cours qui pose problème (selon notre expérience en tant qu'enseignant de la matière techniques boursières) est susceptible de contribuer à résoudre ce problème conceptuel. Plus qu'un simple support multimédia que les étudiants explorent, l'augmentation du support de cours permet aux apprenants de revenir immédiatement sur le passage du cours qui pose problème par le simple fait d'y apposer leur téléphone intelligent pour voir se concrétiser en 3D des formules mathématiques financières souvent rebutantes pour eux. Il en est ainsi, par exemple, du choix des investissements qui est conditionné par trois variables majeures : la sécurité, la liquidité et la rentabilité. Étant donné qu'aucun investissement n'offre à la fois des rendements élevés, une liquidité maximale et le niveau de sécurité le plus élevé, la pondération de ces trois variables est cruciale, mais délicate à comprendre en 2D sur un support papier (figure 3). Ici, la réalité augmentée est tout indiquée pour une meilleure compréhension du choix des investissements par les apprenants. C'est pourquoi nous avons mis cette assertion à l'épreuve en réalisant une augmentation de notre support de cours par des supports multimédias en recourant à la technologie de réalité augmentée à l'aide du logiciel Aurasma d'HP Reveal.

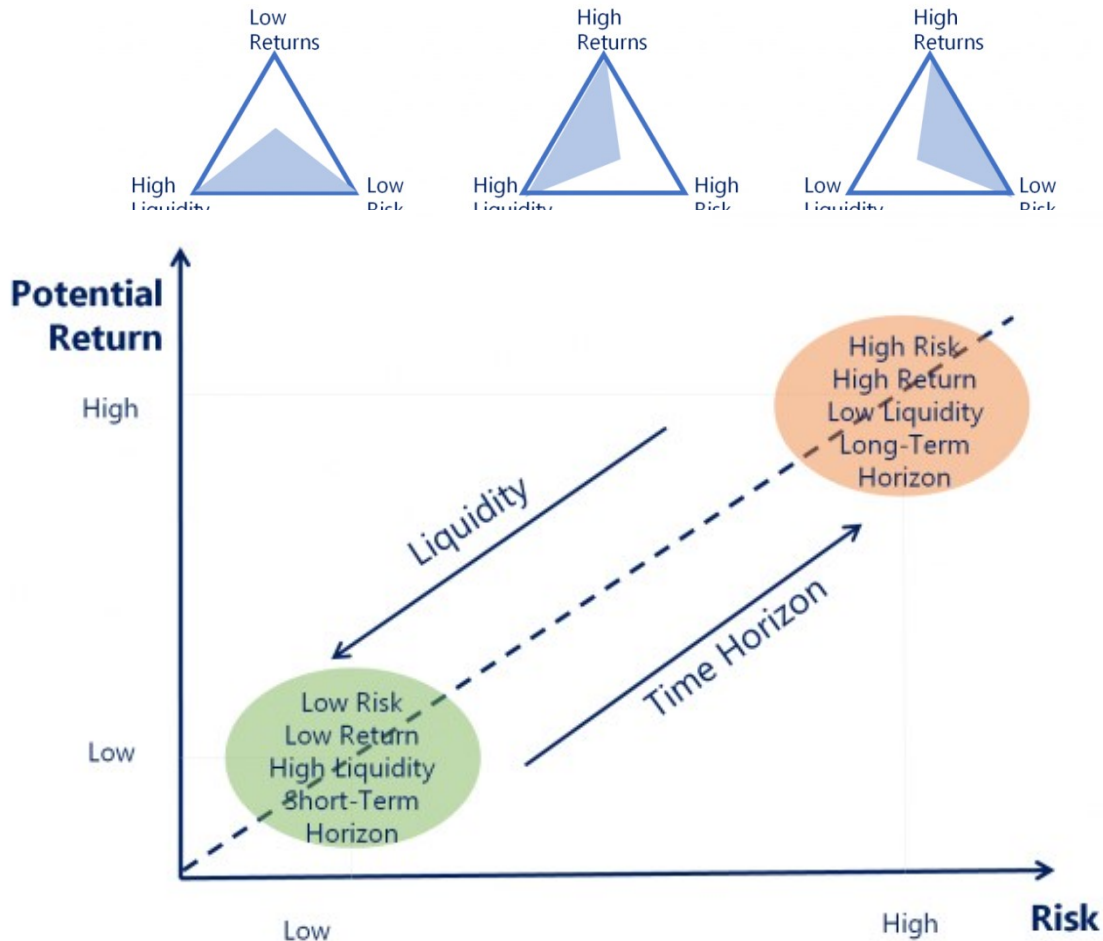


Figure 3

Difficulté d'illustration de concepts financiers tridimensionnels (risque, rendement, liquidité) en 2D

En ce qui concerne la conception pédagogique, le matériel a été développé par nos soins en nous inspirant du modèle de conception pédagogique ADDIE, lequel se base sur cinq phases essentielles (Reiser et Dempsey, 2012) : analyse préalable de la situation (analyse des caractéristiques et besoins), design ou conception, développement (réalisation du matériel), implantation (mise en œuvre sur le terrain) et évaluation du projet mis en place.

5. Présentation et discussion des résultats

Afin de tester nos hypothèses relatives à l'impact de l'application de la RA en techniques boursières TechBourse AR sur la performance des apprenants quant à la maîtrise des connaissances, la compréhension des concepts et la capacité d'analyse en matière de techniques boursières, nous avons procédé à un test de ces hypothèses à partir des résultats du post-test qu'ont subi le groupe témoin et le groupe expérimental à la fin de la formation.

Nous avons mobilisé pour cela la méthode statistique ANCOVA (analyse des covariances) sous le logiciel SPSS afin de détecter la présence ou l'absence de différences significatives entre les performances des deux groupes sur le plan des trois niveaux taxonomiques (connaissance, compréhension et analyse).

Avant de réaliser le test ANCOVA, nous nous sommes d'abord assurés de l'existence des conditions nécessaires pour que ce test soit valable (à savoir : l'indépendance des groupes, la normalité de la distribution des valeurs, l'égalité des variances et l'homogénéité des droites de régressions).

5.1 Test de performance aux trois niveaux taxonomiques (connaissance, compréhension et analyse)

Le test d'ANCOVA sous SPSS nous a fourni les différents résultats suivants.

- Il y a d'abord une nette différence entre les moyennes des deux groupes (tableau 2) en faveur du groupe expérimental au seuil de signification de 0,05 (7,392 sur une échelle de 10 contre 5,886) après que l'effet du pré-test ait été éliminé (avant ce traitement, les moyennes étaient respectivement de 7,43 et 5,85).

Tableau 2

Performance des apprenants au post-test des connaissances avec et sans RA (variable dépendante : post-test connaissance)

Type de formation	Moyenne	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95 %	
			Borne inférieure	Limite supérieure
avec RA	7,392 ^a	0,175	7,030	7,753
sans RA	5,886 ^a	0,182	5,511	6,261

- a. Les variables apparaissant dans le modèle sont évaluées pour la valeur suivante :
Pré-test connaissance = 5,74.

- Nous constatons également à la suite du test des effets inter-sujets (tableau 3) que la valeur de F est égale à 35,570 et que le niveau de signification avoisine 0 (nettement inférieur au seuil de 0,05). SPSS nous fournit, par ailleurs, une valeur $\text{Eta}^2 = 0,597$ (tableau 3), l'effet de cette variance est donc notable.

Tableau 3

Test des effets inter-sujets

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	F	Sig.	Eta^2 partiel
Modèle corrigé	29,718 ^a	2	14,859	34,683	0,000	0,743
Ordonnée à l'origine	2,129	1	2,129	4,970	0,035	0,172
Pré-test connaissance	12,839	1	12,839	29,968	0,000	0,555
Type de formation	15,239	1	15,239	35,570	0,000	0,597
Erreur	10,282	24	0,428			
Total	1 240	27				
Total corrigé	40,000	26				

- a. $R^2 = 0,743$ (R^2 ajusté = 0,722).

On peut donc conclure que l'usage de la technique de RA appliquée au cours de techniques boursières est responsable de l'amélioration de la performance du groupe expérimental quant aux connaissances acquises par eux dans cette discipline à hauteur de 60 % comparativement aux apprenants du groupe témoin (**H₁ validée**). Les mêmes constats ont été faits pour les performances des apprenants en matière de compréhension et d'analyse :

Le test d'ANCOVA montre ainsi ce qui suit :

- Il y a une différence notable entre les moyennes des deux groupes en faveur du groupe expérimental (7,499 contre 5,860 pour le niveau connaissance et 7,611 contre 5,035 pour l'analyse) après que l'effet du pré-test ait été éliminé.
- Nous avons constaté aussi que la valeur de F est égale à 52,899 pour le niveau connaissance et à 97,285 pour l'analyse avec un niveau de signification qui avoisine 0 (nettement inférieur au seuil de 0,05).
- Nous constatons, par ailleurs, que la valeur η^2 est égale à 0,688 pour le niveau connaissance et à 0,802 pour l'analyse, c'est-à-dire que l'effet de la variance est important, ce qui veut dire que le type de formation (RA appliquée au cours de techniques boursières) est responsable de près de 69 % de l'amélioration de la performance du groupe expérimental pour ce qui est de la compréhension et de 80 % pour le niveau d'analyse après usage de la RA en techniques boursières comparativement au groupe témoin (**H₂ et H₃ validées**).

Au vu des résultats obtenus en matière de performance scolaire, nous pouvons, donc, attester de la validité du modèle de l'apprentissage multimédia (Mayer, 2009) que nous avons mobilisé dans le cadre spécifique de la discipline des techniques boursières.

5.2 Test d'attitude vis-à-vis de la technologie de réalité augmentée

Pour réaliser ce test, nous avons recouru au test t des échantillons appariés. Toutefois, pour que le test soit valide, nous nous sommes tout d'abord assurés de la normalité de la distribution des valeurs. Cette condition étant remplie, nous avons procédé au test t des échantillons appariés.

On voit bien au tableau 4 que la moyenne après le traitement (4,40) est supérieure à celle d'avant l'usage de la RA (2,19).

Tableau 4

Comparaison des moyennes d'attitude globale vis-à-vis de la RA (test des échantillons appariés)

Paire 1	Moyenne	N	Écart type	Erreur standard moyenne
Moyenne_axe1_2_après	4,40	27	0,413	0,080
Moyenne_axe1_2_avant	2,19	27	0,300	0,058

Cette différence n'est pas due au hasard et c'est ce que nous prouve le test de Student des échantillons appariés (tableau 5) où l'on voit que le seuil de signification est proche de 0, donc nettement inférieur au seuil de 0,05 (**H₄ validée**).

Tableau 5

Test des échantillons appariés comparatif des moyennes d'attitude globale vis-à-vis de l'usage de la RA

	Différences appariées					t	ddl	Sig. (bilatérale)
	Moyenne	Écart type	Erreur standard moyenne	Intervalle de confiance à 95 % de la différence				
				Inférieure	Supérieure			
Paire 1								
Moyenne_axe1_2_après_	2,21	0,26	0,05	2,11	2,31	44,12	26	0,000
Moyenne_axe1_2_avant								

Le test des hypothèses nous prouve que l'application de RA en apprentissage a eu un impact sur l'attitude globale des apprenants (figure 4) sur le plan tant personnel (axe 1) que de son usage pédagogique (axe 2).

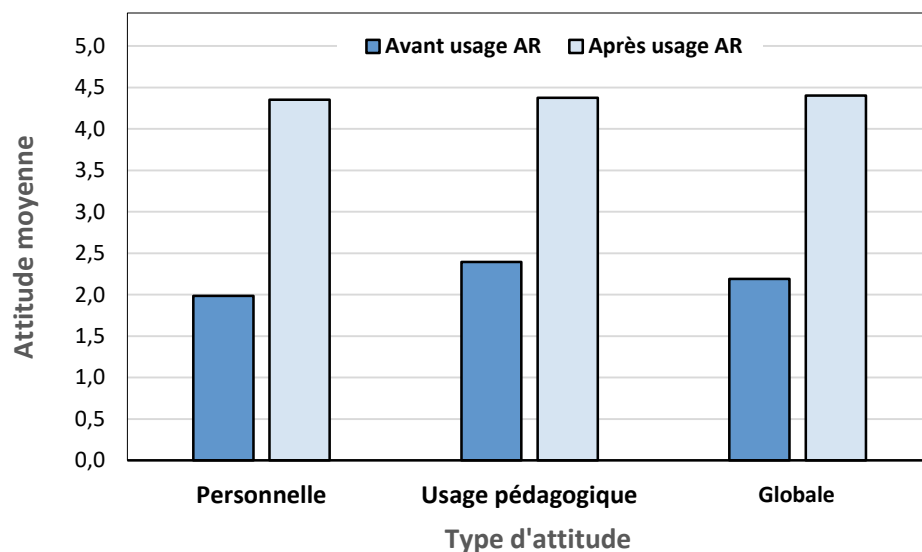


Figure 4

Comparaison des attitudes personnelle et vis-à-vis de l'usage pédagogique avant et après la RA

6. Discussion des résultats

Le test de performance des apprenants aux trois niveaux taxonomiques (connaissance, compréhension et analyse) nous a révélé une différence notable entre les moyennes des deux groupes – le groupe expérimental ayant utilisé la technique de RA en apprentissage et le groupe témoin n'y ayant pas eu recours – en faveur du groupe expérimental. L'usage de la technique de RA appliquée au cours de techniques boursières est, ainsi, responsable de l'amélioration de la performance du groupe expérimental comparativement aux apprenants du groupe témoin à hauteur de 60 % pour ce qui est des **connaissances** qu'ils ont acquises dans cette discipline, de 69 % pour la compréhension et de 80 % pour le niveau d'analyse après usage de la RA en techniques boursières comparativement au groupe témoin.

Au vu des résultats obtenus en matière de performance scolaire, nous pouvons, donc, attester de la validité du modèle de l'apprentissage multimédia (Mayer, 2009) que nous avons mobilisé dans le cadre spécifique de la discipline des techniques boursières tout en remarquant que les gains au niveau taxonomique élevé (analyse) ont progressé notablement à la suite du traitement.

Concernant l'attitude des apprenants à l'égard de l'usage de cette technologie pédagogique, le modèle d'acceptation de la technologie (Davis, 1986) a été également validé dans notre cas spécifique des techniques boursières. Le test des hypothèses nous a, ainsi, prouvé que les apprenants ont eu une attitude positive à l'égard de la technologie de RA en apprentissage.

En dépit des résultats encourageants, la recherche ne peut prétendre à l'exhaustivité en raison de la taille modeste de l'échantillon et de la courte durée de l'expérimentation. Il y a par ailleurs une éventualité de survenance du problème de l'effet de découverte (« *novelty effect* » ou « *Wow effect* »; Di Serio *et al.*, 2013) qui aurait pu influencer l'attitude des apprenants qui sont des natifs de l'ère numérique et donc, par définition, des technophiles! Il en est de même de

l'influence probable qu'aurait exercé, involontairement, l'enseignant qui a réalisé lui-même l'expérimentation; un traitement par une tierce personne neutre aurait été souhaitable.

Conclusion

La recherche a porté sur l'étude d'impact de l'application de la RA que nous avons adaptée à notre cours de techniques boursières dispensé à des étudiants universitaires de la filière management bancaire et financier de l'École supérieure de technologie de Salé au Maroc.

L'expérimentation a consisté en un enrichissement de notre soutien au cours de ressources pédagogiques sous la forme de supports multimédias (images, vidéo, graphiques, texte, liens vers des sites à contenu pédagogique...) à l'aide d'un logiciel de réalité augmentée (HP Reveal) qui permet, moyennant l'usage d'un téléphone intelligent appliqué sur des paragraphes du support papier du cours, de fournir des informations pertinentes visant à rendre plus intelligibles et interactifs les passages difficiles du cours souvent à haut degré d'abstraction.

À la suite de l'application de cette nouvelle technologie de RA au cours de techniques boursières, un cours réputé technique et souvent inaccessible directement aux étudiants, nous avons noté une nette amélioration des performances des apprenants ainsi qu'une tendance positive de leurs attitudes vis-à-vis de l'usage de cette technologie qu'ils ont souhaité voir s'étendre à d'autres matières de leur cursus universitaire.

Deux outils ont été mobilisés afin de démontrer cet impact positif sur les apprenants :

- Un test de performance des trois objectifs de l'apprentissage sur le plan cognitif (à trois des six niveaux de la taxonomie de Bloom : connaissance, compréhension et analyse) chez un groupe expérimental (14 étudiants) et un groupe témoin (13 étudiants) au moyen des pré-test et post-test de performance;
- Une échelle d'attitudes des apprenants vis-à-vis de la technique de réalité augmentée sur le plan à la fois personnel et de son usage pédagogique. Des tests de fiabilité de ces deux outils ont été effectués avec succès.

Différents tests statistiques ont été, ensuite, mobilisés (test d'analyse des covariances (ANCOVA), test de comparaison des moyennes des échantillons indépendants appariés [test t]) et ont permis de dégager des différences au seuil 0,05 entre la performance moyenne du groupe témoin et le groupe expérimental (en faveur de ce dernier) sur les plans de la connaissance (H_1), de la compréhension (H_2) et de l'analyse (H_3).

La recherche a montré également que l'application de la RA en apprentissage a un impact positif sur l'attitude globale des apprenants vis-à-vis de cette technologie en apprentissage (H_4) qui se reflète sur le plan aussi bien personnel que de son usage pédagogique.

En dépit des résultats encourageants de cette recherche, celle-ci souffre, toutefois, de certaines faiblesses : ayant porté sur un échantillon réduit (27 étudiants), la recherche ne peut, en effet, prétendre à l'exhaustivité et ses conclusions sont relatives à cet échantillon objet de l'étude. Il y a, par ailleurs, un risque réel que le chercheur, porté sur la technopédagogie et ayant mené lui-même l'expérimentation, ait favorisé d'une quelconque manière le groupe expérimental au détriment du groupe témoin. Il en est de même de l'effet « *Wow* » à court terme qui aurait pu influencer aussi les résultats. Des pistes de recherche peuvent donc être explorées dans le sens d'une étude qui porterait sur une cohorte plus importante et une durée plus longue. De même, il est possible d'étendre la présente recherche à la dimension de la genèse instrumentale

(Rabardel, 1995) afin de tester le degré d'appropriation de cette technologie éducative par les apprenants au fil du temps. Une recherche de l'auteur, dans ce sens, est en cours de réalisation.

Références

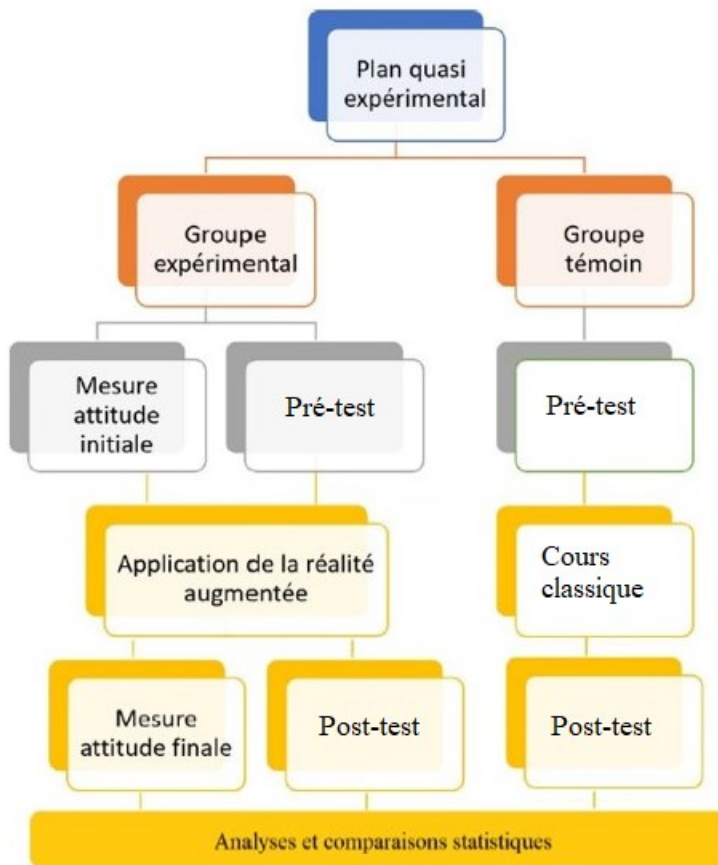
- Alhumaidan, H., Lo, K. P. Y. et Selby, A. (2018). Co-designing with children a collaborative augmented reality book based on a primary school textbook. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 15, 24-36. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2017.11.005>
- Andujar, J. M., Mejías, A. et Márquez, M. A. (2011). *Augmented reality for the improvement of remote laboratories: An augmented remote laboratory*. IEEE Transactions on Education, 54(3), 492-500. <https://doi.org/10.1109/te.2010.2085047>
- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, 255(5044), 556-559. <https://doi.org/10.1126/science.1736359>
- Berelson, B. (1952). *Content analysis in communication research*. Free Press.
- Billinghurst, M., Kato, H. et Poupyrev, I. (2001). The MagicBook: A transitional AR interface. *Computers & Graphics*, 25(5), 745-753. [https://doi.org/10.1016/s0097-8493\(01\)00117-0](https://doi.org/10.1016/s0097-8493(01)00117-0)
- Bloom, B. S. (dir.). (1956). *Taxonomy of educational objectives: Vol. 1. Cognitive domain*. McKay.
- Bujak, K. R., Radu, I., Catrambone, R., Macintyre, B., Zheng, R. et Golubski, G. (2013). A psychological perspective on augmented reality in the mathematics classroom. *Computers & Education*, 68, 536-544. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.017>
- Bursali, H. et Yilmaz, R. (2019). Effect of augmented reality applications on secondary school students' reading comprehension and learning permanency. *Computers in Human Behavior*, 95, 126-135. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.01.035>
- Cai, S., Wang, X. et Chiang, F.-K. (2014). A case study of augmented reality simulation system application in a chemistry course. *Computers in Human Behavior*, 37, 31-40. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.04.018>
- Chang, Y.-J., Chen, C.-H., Huang, W.-T. et Huang, W.-S. (2011). *Investigating students' perceived satisfaction, behavioral intention, and effectiveness of English learning using augmented reality*. Dans *Proceedings of IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME)*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICME.2011.6012177>
- Cheng, K. H. et Tsai, C. C. (2013). Affordances of augmented reality in science learning: Suggestions for future research. *Journal of Science Education and Technology*, 22(4), 449-462. <https://doi.org/10.1007/s10956-012-9405-9>
- Clark, A. et Dünser, A. (2012, mars). *An interactive augmented reality coloring book*. Dans M. Billinghurst, J. LaViola et A. Lecuyer (dir.), *Proceedings of IEEE Symposium on 3D User Interfaces* (p. 7-10). IEEE. <https://doi.org/10.1109/3DUI.2012.6184168>
- Contreras López, W. O., Navarro, P. A. et Crispin, S. (2019). Intraoperative clinical application of augmented reality in neurosurgery: A systematic review. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, 177, 6-11. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2018.11.018>

- Csikszentmihályi, M. (1996). *Flow and the psychology of discovery and invention*. Harper Collins.
- Davis, F. D. (1986). *A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems: Theory and results* [thèse de doctorat, Massachusetts Institute of Technology, États-Unis]. DSpace@MIT. <http://hdl.handle.net/1721.1/15192>
- Di Serio, Á., Ibáñez, M. B. et Kloos, C. D. (2013). Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course. *Computers & Education*, 68, 586-596. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.03.002>
- Dunleavy, M., Dede, C. et Mitchell, R. (2009). Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning. *Journal of Science Education and Technology*, 18(1), 7-22. <https://doi.org/10.1007/s10956-008-9119-1>
- Enyedy, N., Danish, J. A., Delacruz, G. et Kumar, M. (2012). Learning physics through play in an augmented reality environment. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 7(3), 347-378. <https://doi.org/10.1007/s11412-012-9150-3>
- Fishbein, M. et Ajzen, I. (1977). *Belief, attitude, intention, and behavior: An introduction to theory and research*. Addison-Wesley.
- Freitas, R. et Campos, P. (2008). SMART: A system of augmented reality for teaching 2nd grade students. Dans O. Abuelmaatti et D. England (dir.), *Proceedings of the 22nd British HCI Group Annual Conference (HCI 2008). People and computers XXII: Culture, creativity, interaction – Volume 2* (p. 27-30). <https://doi.org/10.14236/ewic/hci2008.26>
- New Media Consortium (2016). *The NMC Horizon report: 2016 higher education edition*. [http://library.educause.edu/...](http://library.educause.edu/)
- Ibáñez, M.-B. et Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education*, 123, 109-123. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002>
- Ivanova, M. et Ivanov, G. (2011). Communications in computer and information science: Using marker augmented reality technology for spatial space understanding in computer graphics. Dans H. Cherifi, J. M. Zain et E. El-Qawasmeh (dir.), *Digital information and communication technology and its applications (DICTAP 2011)* (p. 368-379). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-21984-9_32
- Krathwohl, D. R. et Anderson, L. W. (2009). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Longman.
- Kuder, G. F. et Richardson, M. W. (1937). The theory of the estimation of test reliability. *Psychometrika*, 2(3), 151-160. <https://doi.org/10.1007/BF02288391>
- Hewlett-Packard. (s.d.). *HP Reveal* [logiciel de réalité augmentée]. <http://www8.hp.com/...>
- Lecorre, T. (2016). *Des conditions de conception d'une ingénierie didactique relative à la définition de la notion de limite : élaboration d'un cadre basé sur un modèle de rationalités pour l'accès aux objets mathématiques complexes* [thèse de doctorat, Université Grenoble Alpes, France]. Archive TeL. <http://tel.archives-ouvertes.fr/...>

- Liu, T. Y. (2009). A context-aware ubiquitous learning environment for language listening and speaking. *Journal of Computer Assisted Learning*, 25(6), 515-527.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2009.00329.x>
- Maad, S., Garbaya, S. et Bouakaz, S. (2007). From virtual to augmented reality in financial trading: A CYBERII application. *Journal of Enterprise Information Management* 21(1), 71-80. <https://doi.org/10.1108/17410390810842264>
- Maad, S., Garbaya, S., McCarthy, J. B., Beynon, M., Bouakaz, S. et Nagarajan, R. (2010). Virtual and augmented reality in finance: State visibility of events and risk. Dans S. Maad (dir.), *Augmented reality* (p. 205-220). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/7135>
- Martín-Gutiérrez, J., Saorín, J. L., Contero, M., Alcañiz, M., Pérez-López, D. C. et Ortega, M. (2010). Design and validation of an augmented book for spatial abilities development in engineering students. *Computers & Graphics*, 34(1), 77-91.
<https://doi.org/10.1016/j.cag.2009.11.003>
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning* (2^e éd.). Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511811678>
- Mitha, A. P., Almekhlafi, M. A., Janjua, M. J. J., Albuquerque, F. C. et McDougall, C. G. (2013). Simulation and augmented reality in endovascular neurosurgery: Lessons from aviation. *Neurosurgery*, 72(suppl. 1), A107-A114.
<https://doi.org/10.1227/NEU.0b013e31827981fd>
- Paivio, A. (1990). *Mental representations: A dual coding approach*. Oxford University Press.
- Perez-Lopez, D. et Contero, M. (2013). Delivering educational multimedia contents through an augmented reality application: A case study on its impact on knowledge acquisition and retention. *Turkish Online Journal of Educational Technology (TOJET)*, 12(4), 19-28.
<http://tojet.net/...>
- Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche. (2016). *Enquête PROFETIC 2016 auprès de 5 000 enseignants du 2nd degré*. Gouvernement français. <http://cache.media.eduscol.education.fr/...>
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies : approche cognitive des instruments contemporains*. Armand Colin. <http://hal.archives-ouvertes.fr/...>
- Rahili, A. (2013). *Impact de l'utilisation de certaines applications pédagogiques de Google dans le programme « techniques éducatives » sur la réussite scolaire et l'intelligence sociale des étudiantes de l'Université d'Oum Al Qora et appréciation de leurs attitudes* [mémoire de master inédit (en arabe)]. Université Oum Al Qora, Arabie Saoudite.
- Reiser, R. A. et Dempsey, J. V. (2012). *Trends and issues in instructional design and technology*. Pearson.
- Salvetti, F. et Bertagni, B. (2014). e-REAL: Enhanced reality lab. *International Journal of Advanced Corporate Learning (iJAC)*, 7(3), 41-49.
<https://doi.org/10.3991/ijac.v7i3.4033>
- Sarrab, M., Elgamel, L. et Aldabbas, H. (2012). Mobile learning (M-Learning) and educational environments. *International Journal of Distributed and Parallel Systems (IJDPS)*, 3(4), 31-38. <https://doi.org/10.5121/ijdps.2012.3404>

- Schrier, K. L. (2005). *Revolutionizing history education: Using augmented reality games to teach histories* [mémoire de maîtrise, Massachusetts Institute of Technology, États-Unis. DSpace@MIT. <http://hdl.handle.net/1721.1/39186>
- Shelton, B. E. et Stevens, R. R. (2004). Using coordination classes to interpret conceptual change in astronomical thinking [affiche]. Dans Y. B. Kafai, W. A. Sandoval, N. Enyedy, A. S. Nixon et F. Herrera (dir.), *Proceedings of the 6th International Conference on Learning Sciences (ICLS '04)* (p. 634). International Society of the Learning Sciences. [https://dl.acm.org/...](https://dl.acm.org/)
- Sin, A. K. et Zaman, H. B. (2010). Live Solar System (LSS): Evaluation of an augmented reality book-based educational tool. Dans A. K. Mahmood, H. B. Zaman, P. Robinson, S. Eliot, P. Haddawy, S. Olariu et Z. Awanyg (dir.), *Proceedings of the 2010 International Symposium on Information Technology*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ITSIM.2010.5561320>
- Sommerauer, P. et Müller, O. (2014). Augmented reality in informal learning environments: A field experiment in a mathematics exhibition. *Computers & Education*, 79, 59-68. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.07.013>
- Support en méthodologie et calcul statistique. (s.d.). *Service enquête*. Université catholique de Louvain. [http://uclouvain.be/...](http://uclouvain.be/)
- Tomi, A. B. et Rambli, D. R. A. (2013). An interactive mobile augmented reality magical playbook: Learning number with the thirsty crow. *Procedia Computer Science*, 25, 123-130. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.11.015>
- Traxler, J. (2007). Defining, discussing and evaluating mobile learning: The moving finger writes and having writ... *International Review on Research in Open and Distance Learning (IRRODL)*, 8(2), <https://doi.org/10.19173/irrodl.v8i2.346>
- Turan, Z., Meral, E. et Sahin, I. F. (2018). The impact of mobile augmented reality in geography education: Achievements, cognitive loads and views of university students. *Journal of Geography in Higher Education*, 42(3), 427-441. <https://doi.org/10.1080/03098265.2018.1455174>
- Ucelli, G., Conti, G., De Amicis, R. et Servidio, R. (2005). Learning using augmented reality technology: Multiple means of interaction for teaching children the theory of colours. Dans M. Maybury, O. Stock et W. Wahlster (dir.), *Intelligent Technologies for Interactive Entertainment. First international conference INTETAIN 2005* (p. 192-202). Springer. https://doi.org/10.1007/11590323_20
- Vroom, V. H. (1964). *Work and motivation*. Wiley.
- Wu, H.-K., Lee, S. W.-Y., Chang, H.-Y. et Liang, J.-C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, 62, 41-49. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.024>

Annexe A – Plan quasi expérimental adopté



Annexe B – Questionnaire sur l'attitude de l'apprenant vis-à-vis de l'usage de la réalité augmentée

Tableau B.1

Axe 1 – Attitude personnelle de l'apprenant vis-à-vis de l'usage de la réalité augmentée

N°	Item
1	J'ai une sensation de plaisir quand le cours est assuré en RA
2	Je me sens heureux quand la technique de RA est utilisé dans l'explication du cours
3	L'apprentissage par utilisation de la RA est pénible (fatigant)
4	La technique de RA améliore ma motivation à apprendre
5	Je sens que la technique de RA est inutile
6	La technique de RA a augmenté mon enthousiasme pour le cours des techniques boursières
7	L'apprentissage par usage des RA est facile
8	Je ne souhaite pas voir appliquer la technique de la RA à d'autres matières du programme
9	Je pense que l'apprentissage par usage de la RA est une nouvelle approche pédagogique
10	Je veux en savoir plus sur la technique de la RA
11	Je sens de l'ennui quand on utilise la technique de la RA en apprentissage
12	Je ne souhaite pas utiliser la technique de la RA à l'avenir

Tableau B.2

Axe 2 – Attitude pédagogique de l'apprenant vis-à-vis de l'usage pédagogique de la réalité augmentée

N°	Item
13	La technique de la RA ne m'a pas aidé à approfondir la compréhension des informations
14	La technique de la RA n'aide pas à la clarification du contenu du cours de techniques boursières
15	Quand j'utilise la technique de la RA en apprentissage je sens que suis en train d'apprendre dans des situations réelles
16	Je sens des difficultés à comprendre le cours quand j'utilise la technique de la réalité augmentée
17	Je peux acquérir plus de compétences quand j'utilise la RA que quand j'utilise l'approche classique en apprentissage
18	La technique de la RA me permet de revoir le cours chaque fois que je le souhaite
19	La technique de la RA ne permet pas de rendre les concepts abstraits plus concrets
20	La technique de la RA joue un rôle complémentaire à celui du manuel de cours classique
21	La technique de la RA m'a aidé à rectifier certains concepts erronés que j'avais au niveau des techniques boursières
22	La technique de la RA ne permet pas une meilleure interaction entre les apprenants et le manuel scolaire
23	La technique de la RA m'a aidé à assimiler le côté pratique des techniques boursières
24	La technique de la RA permet d'améliorer la rétention des informations à long terme
25	La technique de la RA ne tient pas compte des différences individuelles entre les apprenants