



**HAL**  
open science

# Une pédagogie active basée sur l'utilisation de la Réalité Augmentée Observations et expérimentations scientifiques et technologiques, Apprentissages technologiques

Jean-Marc Cieutat, Olivier Hugues, Nehla Ghouaiel, Sébastien Bottecchia

## ► To cite this version:

Jean-Marc Cieutat, Olivier Hugues, Nehla Ghouaiel, Sébastien Bottecchia. Une pédagogie active basée sur l'utilisation de la Réalité Augmentée Observations et expérimentations scientifiques et technologiques, Apprentissages technologiques. Journées de l'Association Française de Réalité Virtuelle, Augmentée et Mixte et d'Interaction 3D, Oct 2011, Bidart, France. hal-00651583

**HAL Id: hal-00651583**

**<https://hal.science/hal-00651583>**

Submitted on 13 Dec 2011

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

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

# Une pédagogie active basée sur l'utilisation de la Réalité Augmentée Observations et expérimentations scientifiques et technologiques, Apprentissages technologiques

Jean-Marc Cieutat, Olivier Hugues, Nehla Ghouaiel, et Sébastien Bottecchia

## ABSTRACT

Nous nous intéressons dans ce papier à la réalité augmentée comme support de la pédagogie active. Trois catégories d'application y sont particulièrement étudiées : les jeux sérieux, expérimentation scientifique et entraînement à la réalisation d'un geste technique.

**Keywords:** Réalité mixte, Pédagogie active, Apprentissage.

## 1 INTRODUCTION

La pédagogie active, en y incluant toutes les méthodes associées à la démarche, a pour objectif principal de rendre l'apprenant acteur de ses apprentissages dans l'optique qu'il construise ses savoirs au cours de mises en situation, de confrontations à des problèmes à résoudre, aux antipodes d'une transmission littéraire du savoir. A ce propos, Freinet écrivait en 1964 dans ses invariants pédagogiques que d'une part " La voie normale de l'acquisition n'est nullement l'observation, l'explication et la démonstration, processus essentiel de l'école, mais le tâtonnement expérimental, démarche naturelle et universelle." et que, d'autre part, " Les acquisitions ne se font pas comme l'on croit parfois, par l'étude des règles et des lois, mais par l'expérience. Étudier d'abord ces règles et ces lois, en français, en art, en mathématiques, en sciences, c'est placer la charrue devant les bœufs."

Dans le premier chapitre de ce papier, nous mettons en pratique le principe de pédagogie active en s'appuyant sur un nouveau concept qui commence à faire son chemin, celui des " serious games ". Afin de dépasser l'univers purement numérique des jeux vidéo, nous explorons les apports pédagogiques d'un nouveau genre de " serious games ", plus ancrés dans la réalité au moyen de l'utilisation de la Réalité Augmentée. Nous obtenons alors des systèmes hybrides, se situant entre la réalité et la virtualité, difficiles à étiqueter comme étant une application de réalité augmentée ou une application de virtualité augmentée. Le premier cadre d'application pédagogique que nous avons choisi est la compréhension des phénomènes électromagnétiques et de leurs applications en électrotechnique. Un démonstrateur y est présenté.

Dans un même ordre d'idées, le programme la " main à la pâte " d' " alphabétisation scientifique ", créé par le physicien et prix Nobel de physique Georges Charpak, l'astrophysicien Pierre Léna et le physicien Yves Quéré, avec le soutien de l'Académie des Sciences, prône une démarche pédagogique d'enseignement des sciences à l'école fondée sur l'expérimentation concrète des phénomènes scientifiques. Le programme met, avant tout, l'accent sur la démarche d'investigation et l'approche expérimentale, plutôt que sur la transmission d'un savoir théorique.

Dans le deuxième chapitre du papier, après avoir exploré l'univers des " serious games ", nous montrons comment la Réalité Augmentée peut être un outil précieux pour soutenir la démarche d'investigation et l'approche expérimentale : mieux visualiser et mieux comprendre les phénomènes physiques en présence grâce à la Réalité Augmentée pour, par exemple, mieux comprendre lors

du phénomène électromagnétique précédemment étudié que c'est une variation de l'intensité d'un champ magnétique qui finalement crée un courant induit, mais surtout pour mieux évaluer et quantifier les phénomènes physiques en présence. Pour cela, nous revisitons, avec les nouvelles possibilités qui s'offrent à nous grâce à l'évolution de la technologie, les célèbres expériences du physicien français Jean Bernard Léon Foucault, et notamment la célèbre expérience du pendule de Foucault dont la première démonstration publique, qui permit de démontrer la rotation de la terre, date de 1851. L'idée sous-jacente est que les phénomènes physiques restent connus de tout un chacun, mais que leurs explications et leurs quantifications, avec la complexité croissante des systèmes technologiques, le sont déjà beaucoup moins.

L'originalité de la démarche pédagogique laisse même envisager de redonner goût à l'apprentissage des sciences à l'école : les sciences expérimentales et les technologies ont pour objectifs de comprendre et de décrire le monde réel, celui de la nature et celui construit par l'Homme, d'agir sur lui. Mais, derrière ces premiers résultats, il se cache aussi de réels enjeux de sociétés, comme celui de la qualification. Nous apprenons sans cesse, et certaines qualifications requièrent des connaissances mais également beaucoup d'habileté. Dans un troisième chapitre, nous intéressons à l'entraînement par la réalité augmentée, en l'occurrence l'apprentissage d'un geste technique (soudure, découpe, ...).

## 2 UN DÉMONSTRATEUR DE SERIOUS GAMES POUR LA COMPRÉHENSION DES PHÉNOMÈNES ÉLECTROMAGNÉTIQUES ET DE LEURS APPLICATIONS EN ÉLECTROTECHNIQUE

Un jeu sérieux selon J. Alvarez [12] est une application informatique, dont l'objectif est de combiner à la fois les aspects sérieux (" Serious ") tels que, de manière non exhaustive, l'enseignement, l'apprentissage, la communication, ou encore l'information, avec des ressorts ludiques issus du jeu vidéo (" Game "). Une telle association a donc pour but de s'écarter du simple divertissement. Sim City et Civilization [10] sont des simulations qui proposent de pratiquer une série de tests ou d'expériences sur un espace mis en image, en plaçant le joueur en position d'acteur. Le jeu Sim City est utilisé en sixième comme un outil pédagogique, en géographie, autour du thème des paysages urbains des grandes métropoles d'Amérique du Nord. Civilization passe du carton à l'informatique en 1991 grâce à Sid Meier. Il est à la fois un jeu de stratégie et de gestion : le joueur doit mener son peuple de l'âge de pierre à la conquête spatiale. Il est aussi à l'origine d'une série, avec Civilization II en 1997, Civilization III en 2000 et Civilization IV en 2005. En plus de l'exploration, la pratique et l'observation des mécanismes est mise à l'œuvre dans ces jeux.

Le but du jeu schématisé dans la figure 1 de ce papier est de totaliser le plus grand nombre de points. Le jeu aura pu être développé grâce au concours précieux de l'outil Virtools de Dassault Systèmes [1]. On y gagne des points lorsque l'on parvient à reproduire un phénomène électromagnétique. C'est Faraday qui fut le premier scientifique à remarquer en 1821 que la variation d'un champ magnétique pouvait faire apparaître un courant électrique,

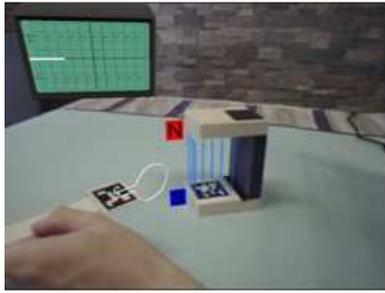


Figure 1: Un instrument de mesure s'affiche

appelé courant induit.

En début de partie, on peut visualiser le phénomène à reproduire sur un instrument de mesure : l'intensité et le sens du courant sur un ampèremètre, les variations (tension constante, signal carré, signal sinusoïdal et les grandeurs (valeur maximale ou amplitude de la tension, période, fréquence, ) d'une tension électrique sur un oscilloscope. On peut visualiser sur la figure 1 l'affichage de l'instrument de mesure qu'est l'oscilloscope.

Pour y parvenir, l'élève dispose de deux interfaces tangibles : deux fils conducteurs à l'extrémité desquels est plaqué un marqueur permettant d'afficher plusieurs types de spires (spire circulaire ou spire rectangulaire) et un aimant sur la base duquel est plaqué un marqueur permettant de sélectionner différentes configurations d'aimant (aimant à champ magnétique constant ou aimant à champ magnétique variable). On peut visualiser sur la figure 2 une spire circulaire et un aimant à champ magnétique constant :

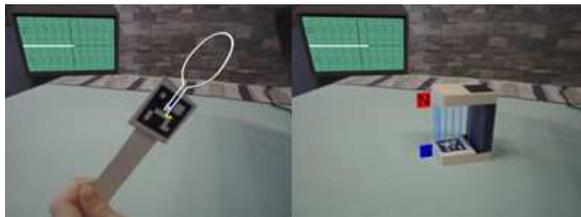


Figure 2: Nos interfaces tangibles

L'élève choisit une spire, la positionne à l'intérieur du champ magnétique, en lui faisant subir un mouvement bien précis (déplacement horizontal, déplacement vertical, rotation de la spire dans le sens trigonométrique ou dans le sens des aiguilles d'une montre) afin d'exercer une variation du champ magnétique sur la spire. Il choisit également l'aimant, et dans le cas d'un aimant à champ magnétique variable il peut en faire varier l'intensité.

On peut visualiser ci-dessous sur la figure 3 un exercice réussi. L'élève crée un courant dont le sens est positif et reproduit une tension sinusoïdale en effectuant des rotations de la spire dans le sens des aiguilles d'une montre.

Comme autre exercice réussi, il avait été demandé à l'élève de produire des valeurs différentes de tension (amplitudes variables). Il parvient à le faire en faisant varier l'intensité du champ magnétique et en réglant la sensibilité de l'oscilloscope sans avoir à déplacer la spire.

L'exercice de la figure 5 ne pourra aboutir. Pour parvenir à générer un signal carré, l'élève aurait dû choisir une spire rectangulaire, la présenter devant le champ magnétique en y appliquant un déplacement horizontal d'avant en arrière.

A noter que le nouveau style de jeu que nous aurons pu créer se situe entre la réalité et la virtualité, difficile à étiqueter comme étant une application de réalité augmentée ou une application de

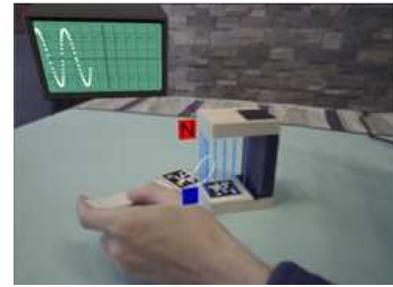


Figure 3: Exercice réussi

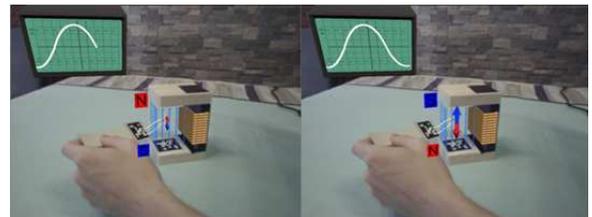


Figure 4: Autre exercice réussi

virtualité augmentée. Ce genre de rapport entre la réalité et la réalité virtuelle est vu par O. Nannipieri et P.Fuchs [15] comme une troisième voie : celle d'un monde hybride où le virtuel est immanent au réel, ou encore le réel et le virtuel s'entre-produisent pour créer de nouvelles réalités. Il est question de compossibilité entre réalité et virtualité. Dans le même ordre d'idées que les réflexions menées pour mieux définir le sentiment de présence dans un environnement virtuel [8] [9] [19] [16] [18] [17], force est de constater que nous parvenons ici sans grande difficulté à nous sentir présent dans les deux univers et à y évoluer simultanément.

### 3 L'EXPÉRIMENTATION SCIENTIFIQUE ET LA RÉALITÉ AUGMENTÉE

Dans un deuxième temps, nous avons cherché à mettre la réalité augmentée au service de l'expérimentation scientifique. Pour cela, nous avons revisité, avec les nouvelles possibilités qui s'offrent à nous grâce à l'évolution de la technologie, les célèbres expériences du physicien français Jean Bernard Léon Foucault.

L'expérience la plus connue est le célèbre pendule de Foucault. Nous utilisons la réalité augmentée pour visualiser la rotation des oscillations du pendule autour de l'axe que forme le pendule au repos avec le centre de la terre mais également les forces en présence qui s'exercent sur le pendule et qui auront permis de mettre en évidence en 1851 la rotation de la terre.

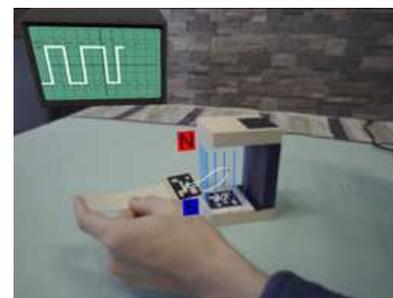


Figure 5: Exercice raté

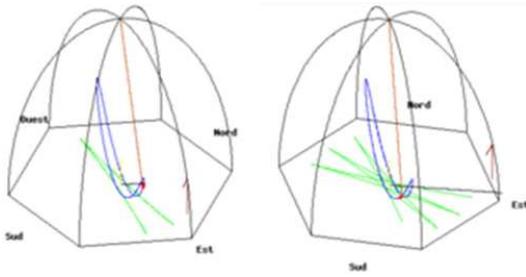


Figure 6: Le pendule de Foucault

Le pendule décrit des ellipses aplaties dont on peut visualiser les trajectoires grâce à la réalité augmentée. Les forces en présence peuvent être représentées ; ce sont la gravité, la tension du fil et la force de Coriolis. Cette dernière est dirigée vers la droite dans l'hémisphère nord et vers la gauche dans l'hémisphère sud, ce qui explique le sens de rotation vers la droite du pendule autour de son axe de repos dans l'hémisphère nord et vers la gauche dans l'hémisphère sud.

En 1862, Foucault a pu également calculer la vitesse de la lumière grâce à un miroir tournant. Nous utilisons alors la réalité augmentée pour visualiser la rotation du miroir d'un angle de valeur  $\theta$  et la déviation du rayon de lumière égale à deux fois la valeur de l'angle  $\theta$  pour comprendre comment la valeur de la vitesse de la lumière a pu être calculée par un simple calcul trigonométrique.

#### 4 L'APPRENTISSAGE D'UN GESTE TECHNIQUE EN RÉALITÉ AUGMENTÉE

Enfin, la qualification est un enjeu important de nos sociétés actuelles, raison pour laquelle nous avons ciblé comme dernier cadre d'application de pédagogie active les simulateurs d'apprentissage de gestes techniques réputés comme étant délicats à apprendre (soudure, découpe, ...). Beaucoup de travaux [5] auront été menés sur l'exécution d'un geste en réalité virtuelle : geste médical, geste technique, tche de maintenance, geste sportif ... Concernant l'apprentissage d'un geste technique comme la soudure, des produits industriels existent d'ailleurs sur le marché comme la plate-forme de soudage virtuel CS WAVE (figure 7) qui est le fruit d'une étroite collaboration entre le Département Sectoriel Industrie de l'Afpa, l'Association nationale pour la formation professionnelle des adultes, et la société Immersion [2]. C'est un exemple d'une technologie de réalité virtuelle mise au service d'un réel projet pédagogique [7] [14] [13].



Figure 7: L'apprentissage du geste de soudage. CS WAVE.

Peut-on désormais imaginer un apprentissage au moyen de la

réalité augmentée ? Nous remarquons que, par mesure de sécurité, toute intervention usuelle de ce type requiert déjà le port d'un masque ou de lunettes. Nous pourrions déjà assimiler les lunettes ou le masque de protection à un dispositif de vision de type "Optical See Through" afin de pouvoir simultanément apporter des augmentations tout en protégeant les yeux.

Les HeadWorn Display (HWD) ou Head Mounted Display (HMD) sont tous des dispositifs de type casque ou lunettes qui sont portés par l'utilisateur. Ces casques sont étiquetés comme See-Through pour permettre à l'utilisateur de percevoir le monde réel, soit en vision directe, soit indirecte. Ils sont portés sur la tête de l'utilisateur, les augmentations étant présentées soit sur un œil (système monoculaire) soit sur les deux (système bi-oculaire si les images présentées aux deux yeux sont identiques, système binoculaire si elles sont différentes et forment une paire stéréoscopique). Les HWD sont classés suivant la façon dont ils combinent la vue du réel et du virtuel. Certains dispositifs sont moins intrusifs que d'autres. Les dispositifs de type "Optical-See-Through" (OST) apportent une vision directe du monde réel sur laquelle est surimprimé le contenu virtuel. Certains masques sont déjà à l'étude par les éditeurs de dispositifs d'affichage [3]. La figure ci-dessous illustre un simulateur de réalité augmentée de soudure :



Figure 8: Simulateur de soudure

Des augmentations sont ajoutées pour montrer où les soudures doivent être effectuées, à l'intersection du composant à souder et du cuivre, et comment les soudures doivent être faites (soudure incurvée et non bombée, inclinaison concave et non convexe).

Pour concevoir nos applications de réalité augmentée, nous sommes repartis de l'approche mise en avant par Hugues lors de la réalisation de son système SIGMA. L'approche consiste à coupler la méthode d'analyse de situations de Sebillotte avec la méthode de spécification et de conception de logiciels UML ("Unified Modeling Language") [4]. La première méthode s'avère être très adaptée à l'analyse d'une activité humaine en vue d'en extraire les caractéristiques pertinentes à prendre en compte dans un système, tandis que l'approche orientée objet s'est toujours montrée particulièrement adaptée à la conception de logiciel de simulation (famille de logiciel à laquelle appartiennent les simulateurs d'entraînement). En effet, bien que la méthode de Sebillotte propose une représentation graphique de la modélisation relativement proche de celle qui est proposée dans les diagrammes UML [6], il s'avère complexe et dans tous les cas encore inhabituel de développer les briques d'un logiciel sans l'aide de la formalisation UML. Les grandes étapes de l'analyse de situations sont dans l'ordre :

1. Définition des situations à observer ;
2. Observation et entretiens de ces situations ;
  - (a) Observations en situation des tâches réelles ;
  - (b) Verbalisation des tâches par entretiens hors situations ;
3. Analyse de ces observations et des entretiens ;
4. Réalisation d'un modèle par l'utilisation d'une méthode analytique de description (MAD) ;

5. Détermination des informations nécessaires pour la complétion des tâches ;

6. Développement de la fonctionnalité permettant de fournir les informations identifiées à l'étape précédente aidé par une analyse UML des cas d'utilisateurs ;

7. Phase de test basée sur les retours utilisateurs.

L'analyse des situations est une approche essentiellement fonctionnelle. Les modèles de tâches sont très ressemblant des diagrammes d'activités de la méthode UML. Nous repartons des modèles de tâches et des informations nécessaires à la complétion des tâches pour décrire les objets en présence et les cas d'utilisation d'un logiciel de simulation d'entraînement au geste technique.

## 5 CONCLUSION

De manière générale, nous avons voulu savoir dans ce papier si la Réalité Augmentée pouvait s'inscrire dans une démarche de pédagogie active. Pour y répondre, nous avons alors proposé plusieurs systèmes de réalité augmentée pour un apprentissage qui se veut plus efficient au travers de situations de jeux, d'expérimentations scientifiques et de gestes qui, dans leur exécution, requièrent une grande habileté. Nous pensons en avoir démontré la pertinence.

L'enseignement scientifique et technologique, l'apprentissage sont des domaines extrêmement vastes et l'objet de cet article n'était pas d'en proposer un aperçu exhaustif. Nous pouvons cependant préciser que, comme le fait remarquer [11], le problème récurrent dans les systèmes d'aide à l'apprentissage est le caractère déterministe de ces derniers. Ces systèmes s'avèrent être soit "rigides" (tout est prévu d'avance) ou "simplistes" (le raisonnement est pauvre). En effet, s'il paraissait intéressant de remplacer le formateur par l'outil informatique il y a quelques années à l'aube de l'informatique "interactive", nos ambitions d'aujourd'hui en terme de qualité et d'efficacité d'apprentissage nous amènent à développer des systèmes intelligents souvent très lourds et difficiles à mettre en place lorsqu'il s'agit de formations collectives comme le sont les travaux pratiques scolaires ou universitaires. En ce sens, les systèmes utilisant la réalité augmentée peuvent justement apporter un caractère semi-déterministe pour lesquels la technologie est plus aisée à mettre en œuvre d'un point de vue logiciel et matériel comme nous l'avons présenté en première partie de cet article. Nous constatons d'autre part que cette catégorie de systèmes se situe entre la réalité et la virtualité, difficile à étiqueter réalité augmentée ou virtualité augmentée, créant plutôt des univers hybrides.

Enfin, nous avons mis en avant une méthode de développement de systèmes de réalité augmentée qui consiste à coupler la méthode d'analyse de situations de Sebillotte avec la méthode de spécification et de conception de logiciels UML.

## REFERENCES

- [1] [www.3ds.com/fr/products/3dvia/3dvia-virttools/](http://www.3ds.com/fr/products/3dvia/3dvia-virttools/), 2011.
- [2] [www.immersion.fr](http://www.immersion.fr), 2011.
- [3] [www.laster.fr](http://www.laster.fr), 2011.
- [4] [www.uml.org](http://www.uml.org), 2011.
- [5] M.-d. D. Burkhardt J.M., Lourdeaux D. and. La réalité virtuelle pour l'apprentissage humain. *les applications de la Ralit Virtuelle, du trait de la Ralit Virtuelle*, 10, 2006.
- [6] S. Caffiau, D. Scapin, P. Girard, M. Baron, and F. Jambon. Increasing the expressive power of task analysis: Systematic comparison and empirical assessment of tool-supported task models. *Interact. Comput.*, 22:569–593, November 2010.
- [7] L. D. Steib and D. Mellet-dHuart. Apprendre le geste du soudage avec cs-wave : l'expérimentation de lafpa. *First International VR-Learning Seminare*, pages 20–21, April 2005.
- [8] C. Hendrix and W. Barfield. Presence within virtual environments as a function of visual display parameters. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 5:274–289, 1996.
- [9] C. Hendrix and W. Barfield. The sense of presence within auditory environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 5:290–301, 1996.
- [10] M. Hovig, Ter and R. Samuel. Et si les jeux vidéo servaient comprendre la géographie ? *Cybergeog : European Journal of Geography*, 2008.
- [11] Indira, Thouvenin. *Interaction et connaissance : construction d'une expérience dans le monde virtuel*. Habilitation à diriger des recherches, Université de Technologie de Compiègne, France, May 2009.
- [12] Julian Alvarez. *Du Jeu vidéo au Serious Game : approches culturelle, pragmatique et formelle*. Phd thesis, Université de Toulouse III (Paul Sabatier), France, Décembre 2007.
- [13] J. D. L. Dalto, O. Balet and D. Mellet-dHuart. Cs wave : Virtual reality for welders. *Workshop on Virtuality Structure*, pages 12–16.
- [14] D. Mellet-dHuart and G. Michel. Faciliter les apprentissages avec la réalité virtuelle. *P. Pastré, editor, Approche par la simulation : de l'analyse du travail aux apprentissages professionnels*, 2005.
- [15] N. Olivier and F. Philippe. Pour en finir avec la réalité : une approche "socio-constructivisme" de la réalité virtuelle. *Revue des Interactions Humaines Médiatisées*, 10:83–100, 2009.
- [16] T. B. Sheridan. Musings on telepresence and virtual presence. *Presence: Teleoper. Virtual Environ.*, 1:120–126, January 1992.
- [17] M. Slater. Measuring presence: A response to the witmer and singer presence questionnaire. *Presence: Teleoper. Virtual Environ.*, 8:560–565, October 1999.
- [18] M. Slater, M. Usoh, and A. Steed. Steps and ladders in virtual reality. In *Proceedings of the conference on Virtual reality software and technology*, pages 45–54. World Scientific Publishing Co., Inc., 1994.
- [19] B. G. Witmer and M. J. Singer. Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. *Presence: Teleoper. Virtual Environ.*, 7:225–240, June 1998.