

Conceptualiser les Phénomènes Physiques à travers la Réalité Augmentée

Julien Da Costa, Nicolas Szilas

Université de Genève, TECFA-FPSE, Genève, Suisse.
{Julien.dacosta, Nicolas.szilas}@unige.ch

Abstract. Nous positionnons ici la RA, non en tant que technologie mais en tant que concept permettant la superposition spatiale et temporelle de représentations multiples dans un contexte sémantiquement lié. Ce positionnement permet de lier l'étude de la RA à différentes théories cognitives et constructivistes notamment issues des champs de recherche en apprentissage multimédia, changement conceptuel, usage des visualisations et modèles en science. Dans le cadre d'un projet de thèse, nous débutons le développement d'un système RA pour la conceptualisation du champ électromagnétique. La superposition sémantique d'un espace physique et numérique est une caractéristique IHM unique de la RA que nous pouvons exploiter pour concevoir des visualisations innovantes facilitant les liens cognitifs entre des représentations concrètes, abstraites, et un référentiel empirique tangible.

Keywords: Réalité augmentée · changement conceptuel · modèles mentaux · représentations multiples · visualisations · électromagnétisme · apprentissage des sciences

1 Contexte de recherche et problématique.

Au cours des trois dernières décennies le champ de recherche en changement conceptuel [1] est devenu central en enseignement des sciences et a démontré dans une pluralité de domaines scientifiques que les apprenants arrivent en classe avec des conceptions initiales, identifiables, résistantes à l'instruction et pas nécessairement en accord avec la vision scientifique. En physique, l'enseignement de l'électromagnétisme ne fait pas exception et de très nombreux travaux indiquent que les étudiants disposent de connaissances parcellaires sur les concepts de base de l'électromagnétisme, abordent l'apprentissage des phénomènes avec des représentations alternatives aux modèles scientifiques et utilisent des définitions et des formules mathématiques routinières sans réelle compréhension conceptuelle [2], [3]. Les concepts en électromagnétisme sont complexes et impliquent des relations abstraites dans un monde où toutes les quantités sont invisibles. Les étudiants ont des difficultés à aborder ces phénomènes de manière intuitive, tant les mécanismes en jeu au niveau microscopique peuvent différer de leur expérience sensible au niveau macroscopique. Un des grands défis de l'enseignement de la physique consiste dès lors à aider les étudiants à construire des modèles mentaux (les plus proches possible du savoir scientifique) qu'ils pourront utiliser pour aborder

et comprendre ces phénomènes naturels. Dans ce processus, l'importance du rôle des représentations visuelles dans la conceptualisation est aujourd'hui bien établie [4]. Les représentations visuelles ne servent pas simplement à former des images mentales pour accompagner des concepts abstraits mais sont aussi des outils pour « penser » les phénomènes, faire des inférences, résoudre des problèmes [5]. Pour autant ces représentations ne sont pas une « panacée » car une compréhension conceptuelle profonde des phénomènes physiques doit permettre de lier cognitivement différentes représentations visuelles, entre elles, mais aussi avec d'autres formes de représentations verbales (orales ou écrites), symboliques (notamment mathématique) et concrètes (maquettes, expériences).

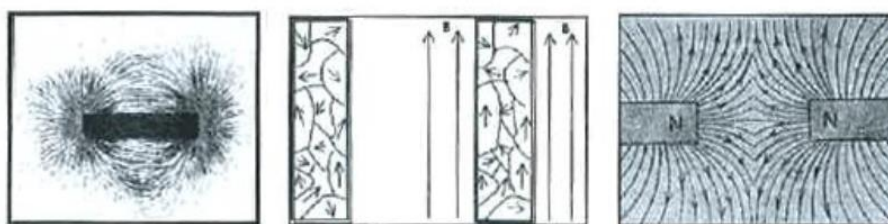


Fig. 1. Représentations du champ magnétique basées sur l'expérience sensorielle, l'imagination pure ou un formalisme mathématique.[6]

Un nombre croissant de travaux mettent en évidence les difficultés des étudiants à coordonner et intégrer de multiples représentations externes efficacement¹ et la nécessité de soutenir les étudiants dans ce processus cognitif de cohérence [7], [8].

Dans cette perspective, la réalité augmentée (RA) possède des caractéristiques uniques en permettant de superposer de multiples représentations à un phénomène physique observable. Pourtant, l'impact cognitif de cette superposition et notamment la manière avec laquelle elle peut soutenir la compréhension et le changement conceptuel est encore mal connu. Dans le cadre d'un projet de thèse mené au sein de l'unité TECFA à l'université de Genève, nous débutons la conception d'un dispositif de RA pour l'apprentissage des concepts de champ magnétique et électrique qui sera testé sur des étudiants de 1^{ère} année universitaire. Nos recherches visent à évaluer l'usage et les potentialités de la RA pour la compréhension conceptuelle des phénomènes physiques.

2 Une vision de la RA pour l'apprentissage conceptuel

Du casque HMD de Yvan Sutherland (1965) à l'essor de la problématique dans les années 90. On retrouve dans la littérature de nombreuses définitions de la réalité augmentée, plus ou moins génériques, aptes à décrire ses nouveaux modes de mise en œuvre, ou pertinentes pour le contexte spécifique de l'éducation. De manière synthétique nous pouvons distinguer cinq groupes de définitions classiquement utilisées dans

¹ Pouvant parfois donner lieu à des conceptions erronées (« misconceptions ») durablement ancrées dans l'esprit de l'étudiant.

la littérature² :

- **Définitions en tant que technologie.** RA définie via les spécificités techniques de son interface d’affichage et système de reconnaissance de l’environnement pour la juxtaposition d’entités numériques et physiques. [10]
- **Définitions en tant que mode de perception:** RA définit par ses propriétés de perception visuelle mettant en œuvre le recalage contextuel d’objet numérique 3D de manière à simuler aux yeux de l’utilisateur la « coexistence » de ces objets avec les entités physique. [11]
- **Définitions en tant que mode d’interaction :** Définitions IHM centrés sur les interfaces comportementales, l’interaction naturelle de l’utilisateur avec des objets numériques dans un espace physique.[12]
- **Définitions en tant que sous-concept de réalité mixte :** RA définit au sein d’un continuum entre réel et virtuel et par comparaison/opposition avec d’autres modalités d’interaction mixte. [13]
- **Définitions ontologiques.** Définition de la RA plus conceptuelle s’interrogeant sur l’essence de la notion de réalité, sa finalité pour l’utilisateur et la manière avec laquelle l’information numérique entre en interaction. [14]

Nous argumentons que cette dernière approche est la plus fructueuse pour l’étude des apprentissages, en ne restreignant pas la RA à des considérations de l’ordre du dispositif technique et mettant l’accent sur la dimension sémio-cognitive de cette dernière. En nous basant sur la notion de contexte sémantique [15] nous proposons de définir la RA comme :«une interface *énactive* permettant la *superposition sémantique, spatiale et temporelle de représentations multiples à un contexte physique réel*». Cette définition est assez générique pour englober une grande variété de mode de mise en œuvre de la RA tout en restreignant son champ d’application³. Nous postulons également via cette approche que la RA ne relève pas simplement d’un principe de guidage ou d’étayage du réel (comme trop souvent observé dans la littérature). Elle s’insère dans un système plus complexe de représentations externes (visuelles) et internes (mentales) de ce dernier [16]. Les recherches dans le champ de l’apprentissage multimédia [17] ont permis d’identifier une série de principes cadres pour la conception d’environnement pédagogique intégrant de multiples représentations. Pour autant les considérations relatives aux spécificités de l’usage de la RA restent à étudier. Dans le contexte des sciences, l’opportunité de lier dynamiquement des représentations concrètes, symbolique, abstraite à un contexte expérimental (référentiel empirique tangible) offre des perspectives nouvelles pour favoriser la compréhension (cohérence des représentations) et le changement conceptuel (révision des conceptions initiales). En électromagnétisme, cela est particulièrement riche d’enjeu tant il est crucial d’associer les propriétés d’algèbre linéaire aux représentations des champs de forces dans un contexte expérimental faisant sens pour l’apprenant.

² Références suivantes données à titre d’exemple.

³ A titre illustratif, pouvoir observer un atome de potassium en lévitation sur un bureau via la médiation d’une tablette et d’un QR code est un dispositif mixte courant ne relevant pas, selon nous, d’un principe de réalité augmentée, car aucune relation sémantique n’existe.

Références

- [1] S. Vosniadou, *International handbook of research on conceptual change*. New York: Routledge/Taylor & Francis Group, 2013.
- [2] S. Törnkvist, "Confusion by representation: On student's comprehension of the electric field concept," *Am. J. Phys.*, vol. 61, no. 4, p. 335, Apr. 1993.
- [3] P. Venturini and V. Albe, "Interprétation des similitudes et différences dans la maîtrise conceptuelle d'étudiants en électromagnétisme à partir de leur(s) rapport(s) au(x) savoir(s).," *Aster (Paris. En Ligne)*, no. 35, pp. 165–188, 2002.
- [4] Y. J. Dori and J. Belcher, "Learning Electromagnetism with Visualizations and Active Learning," in *Visualization in Science Education*, vol. 1, Dordrecht: Springer Netherlands, 2005, pp. 187–216.
- [5] M. Suwa and B. Tversky, "External Representations Contribute to the Dynamic Construction of Ideas," Springer Berlin Heidelberg, 2002, pp. 341–343.
- [6] G. Botzer and M. Reiner, "Imagery in physics learning - from physicists' practice to naive students' understanding," in *Visualization in science education*, 2005, pp. 147–168.
- [7] T. Seufert, "Supporting coherence formation in learning from multiple representations," *Learn. Instr.*, vol. 13, no. 2, pp. 227–237, Apr. 2003.
- [8] S. Ainsworth, "The Educational Value of Multiple-representations when Learning Complex Scientific Concepts," in *Visualization: Theory and Practice in Science Education*, J. K. Gilbert, M. Reiner, and M. Nakhleh, Eds. Dordrecht: Springer Netherlands, 2008, pp. 191–208.
- [9] I. E. Sutherland, "The ultimate display," *Proc. Congr. Int. Fed. Inf. Process.*, vol. 21, no. 3, pp. 506–508, 1965.
- [10] M. Dunleavy, "Design Principles for Augmented Reality Learning," *TechTrends*, vol. 58, no. 1, pp. 28–34, 2014.
- [11] R. Azuma, "A survey of augmented reality," *Presence Teleoperators Virtual Environ.*, vol. 6, no. 4, pp. 355–385, 1997.
- [12] O. Hugues, "Réalité augmentée pour l'aide à la navigation. SIGMA : Système d'information Géographique Maritime Augmentée." Université Sciences et Technologies - Bordeaux I, 12-Dec-2011.
- [13] P. Milgram and F. Kishino, "Taxonomy of mixed reality visual displays," *IEICE Trans. Inf. Syst.*, vol. E77–D, no. 12, pp. 1321–1329, 1994.
- [14] P. Fuchs, O. Hugues, and O. Nannipieri, "Proposition d'une Taxonomie Fonctionnelle des Environnements de Réalité Augmentée," in *AFRV2010. Cinquième Journées de l'Association Française de Réalité Virtuelle et de l'Interaction 3D.*, 2010.
- [15] S. Bottecchia, "Système TAC : Télé-Assistance Collaborative. Réalité augmentée et NTIC au service des opérateurs et des experts dans le cadre d'une tâche de maintenance industrielle supervisée," 2010.
- [16] J. K. Gilbert, "Visualization: Theory and Practice in Science Education," *Vis. Sci. Educ.*, vol. 3, pp. 9–27, 2008.
- [17] R. E. Mayer, *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge University Press, 2014.