



**HAL**  
open science

# La réalité virtuelle et augmentée dans l'enseignement

Laurène Perot

► **To cite this version:**

Laurène Perot. La réalité virtuelle et augmentée dans l'enseignement. Education. 2022. dumas-03899723

**HAL Id: dumas-03899723**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03899723>**

Submitted on 15 Dec 2022

**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.

Copyright



**UNIVERSITÉ D'ORLÉANS  
ET DE TOURS**

***INSPE Centre Val de Loire***

**MÉMOIRE de recherche**  
proposé par  
**Laurène PEROT**

soutenu le 29 juin 2022

pour obtenir le diplôme du  
**Master « Métiers de l'Éducation, de l'Enseignement,  
et de la Formation »**  
Discipline : Sciences du numérique

# **La réalité virtuelle et augmentée dans l'enseignement**

**Mémoire dirigé par :**

**Anthony GOUBIN**

Professeur certifié, formateur à l'INSPE CVL

**Jury :**

**Sandra JHEAN-LAROSE**

Professeure des universités,  
Université d'Orléans (composante Inspé),  
Laboratoire Ercaé

**Christine CHAUMERLHAC**

PEMF, école maternelle Mirabeau

## Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de cette année et qui m'ont aidée lors de la rédaction de ce mémoire.

Je voudrais dans un premier temps remercier, mon directeur de mémoire M. Goubin, formateur numérique et audiovisuel, pour son aide et les connaissances qu'il a su me transmettre. Je le remercie également de la qualité de ses conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion tout au long de la rédaction du mémoire.

Je remercie également toute l'équipe pédagogique de l'INSPE de Tours-Fondettes, pour la qualité des enseignements fournis tout au long du master.

Un grand merci à ma mère et mon père, pour leur amour, leurs conseils ainsi que leurs encouragements, qui m'ont permis d'accomplir le master dont la conclusion est ce mémoire.

Enfin, je souhaite remercier mon mari pour son soutien indéfectible et ses conseils avisés qui m'ont poussé à donner le meilleur de moi-même.

## **Avertissement**

Cette recherche a fait appel à des lectures, enquêtes et interviews. Tout emprunt à des contenus d'interviews, des écrits autres que strictement personnel, toute reproduction et citation, font systématiquement l'objet d'un référencement.

# Sommaire

<b>Remerciements</b> .....	<b>2</b>
<b>Avertissement</b> .....	<b>3</b>
<b>Sommaire</b> .....	<b>4</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>5</b>
<b>1. Contextualisation du sujet</b> .....	<b>7</b>
1. <i>Réalité virtuelle</i> .....	7
2. <i>Réalité augmentée</i> .....	13
3. <i>Technologies immersives et interactives</i> .....	17
4. <i>Hypothèses de recherche</i> .....	18
<b>2. Analyse des atouts et limitation des technologies immersives pour les apprentissages</b> ...	<b>19</b>
1. <i>Les atouts des technologies immersives</i> .....	19
2. <i>Spécificités de certains équipements</i> .....	23
3. <i>Les obstacles à l'utilisation des technologies immersives</i> .....	27
<b>Conclusion</b> .....	<b>33</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>35</b>
<b>Table des illustrations</b> .....	<b>39</b>
<b>Annexes</b> .....	<b>40</b>

## Introduction

La combinaison de la technologie avec le contenu éducatif permet de renforcer l'efficacité et l'attrait de l'enseignement et de l'apprentissage pour les étudiants dans des scénarios réels (Kesim, 2012 : 297). Les technologies immersives, dont les plus connues sont la réalité virtuelle (RV) et la réalité augmentée (RA), permettent tantôt de créer un univers entièrement virtuel, tantôt d'enrichir ou « augmenter » la perception du monde réel par les utilisateurs en ajoutant dynamiquement des éléments virtuels à l'environnement physique (Zhang, 2021 : 2). Cependant, les technologies immersives présentent de nombreux défis dans leur déploiement en classe, que ce soit sur le plan de la conception de contenus éducatifs ou dans la mise en œuvre de ces activités et expériences (De Freitas, 2010 : 70). Néanmoins les récentes innovations technologiques et l'évolution des pratiques éducatives sur fond de crise sanitaire et de recours à l'enseignement à distance peuvent participer à relever un certain nombre de défis posés par la RV et la RA dans l'enseignement. Il est donc primordial de requestionner l'usage de ces technologies pour les apprentissages à la lumière des recherches récentes pour connaître les potentialités et les défis actuels.

Sans compter que l'enseignement a amorcé un virage dans le sens d'une transition vers le numérique depuis plusieurs décennies et cela semble essentiel pour l'avenir personnel et professionnel des élèves. Les politiques éducatives entendent ainsi « mieux préparer les élèves à être acteurs du monde de demain » comme le promeut le Plan Numérique pour l'éducation de 2015. Pourtant de nombreuses recherches ont montré que l'usage en classe et surtout l'appropriation des outils est un processus très lent (Tricot, 2020 : 8). Si les termes de réalité virtuelle et de réalité augmentée ne figurent pas dans les programmes de l'école primaire, on peut néanmoins souligner l'intérêt de plusieurs acteurs pour les technologies immersives. Canopé, le réseau de création et d'accompagnement pédagogiques, qui est un établissement public, a publié en 2017 un rapport sur la réalité virtuelle, se faisant l'écho de nombreux avantages potentiels de la RV pour les apprentissages. Sur Eduscol on trouve également, un document sur la

réalité augmentée rédigé par la Direction du Numérique pour l'Éducation en juillet 2016 qui reprend plusieurs expérimentations menées en classe. Ainsi la RV et la RA ne sont pas des objets d'apprentissages, ils ne participent pas aux compétences du CRCN (cadre de référence des compétences numériques) mais des moyens d'acquérir des compétences. Le dossier « le numérique au service de l'école de la confiance », dont un extrait est proposé en annexe 1, reprend cette idée en présentant les simulations immersives comme « une autre perspective structurante en matière de pédagogie », le communiqué indique qu'il s'agit d'un champ « prometteur » dans lequel le ministère mène plusieurs expérimentations.

Cette recherche vise à explorer les potentialités de la RA et de la RV et à analyser les contextes d'utilisation de ces technologies en classe. Il convient ainsi de se demander : **les technologies immersives peuvent-elles améliorer les apprentissages des élèves de l'école primaire ?**

Pour répondre à cette question, la recherche fournira une analyse de l'usage de la RV et de la RA dans différents contextes éducatifs. Les questions de recherche aborderont les principaux problèmes et les étapes nécessaires pour traiter l'impact de la RA et de la RV sur les apprentissages des élèves :

- Comment définir la réalité virtuelle et augmentée ?
- Quels sont les principaux éléments qui constituent ces technologies ?
- Quels sont les apports et les défis de ces technologies au domaine de la formation et particulièrement à l'enseignement primaire ?

Dans un premier temps, il s'agira de donner du sens à ce qui se trouve derrière l'étiquette « technologies immersives », les hypothèses de recherche affinées pourront ensuite être exposées. Puis, l'analyse de la littérature actuelle sur le sujet permettra de mettre en avant les avantages et les inconvénients de ces dernières.

L'objectif de cette recherche est de comprendre le potentiel d'utilisation des technologies immersives en classe, l'hypothèse à ce stade étant que ce type d'outil a des réelles perspectives d'utilisation en classe grâce aux dernières avancées technologiques.

# 1. Contextualisation du sujet

Cette première partie s'appliquera à définir les concepts clés de la recherche et à comprendre les liens qui existent entre eux. Il s'agira de comprendre ce qu'est la réalité virtuelle et la réalité augmentée, tout en s'appliquant à comprendre les technologies immersives de façon plus globale.

## 1. *Réalité virtuelle*

La réalité virtuelle précédant l'apparition de la réalité augmentée, la définition de ces termes se fera successivement et de façon indépendante.

### **Définition théorique**

De manière générale, la RV caractérise des expériences virtuelles en représentation 3D qui inclut une forte interactivité. (Han, 2019 : 3) S'il n'existe pas de définition consensuelle de la réalité virtuelle, plusieurs critères se dégagent pour caractériser les expériences relevant de la réalité virtuelle : l'interactivité, l'immersion ou encore l'imagination ; l'imagination réfère ici à la capacité de perception des éléments qui n'existent pas en réalité (Coiffet, 2019 : 3). Des chercheurs ont travaillé sur la réalité virtuelle dès les années 2000, la définition qu'ils en donnent semble être largement acceptée dans la communauté scientifique puisqu'elle est assez large. La réalité virtuelle est selon eux :

« un domaine scientifique et technique exploitant l'informatique et des interfaces comportementales en vue de simuler dans un monde virtuel le comportement d'entités 3D, qui sont en interaction en temps réel entre elles et avec un ou des utilisateurs en immersion pseudo naturelle par l'intermédiaire de canaux sensori-moteurs » (Fuchs, 2006 : 8).



Les situations ainsi simulées peuvent se rattacher aux jeux vidéo ou des logiciels et applications dans de multiples domaines, la culture, la vente, la santé mais aussi la formation (Weber, 2019 : 5). C'est ce dernier domaine, l'application de la RV à l'enseignement, qui constitue l'approche dominante dans cette recherche, la formation en RV est alors le processus d'apprentissage dans un environnement simulé ou artificiel. La définition de la RV qui s'applique le mieux à l'utilisation à but éducatif est celle de Ouramdane, Otmane et Mallem (2009), d'après eux c'est :

« une technologie qui immerge un ou plusieurs utilisateurs dans un monde synthétique représentant un environnement réel ou imaginaire et qui permet à ces utilisateurs d'être des acteurs capables de changer les propriétés de l'environnement et d'interagir avec les différentes entités composant l'univers simulé » (Ouramdane, 2009 : 4).

Ainsi, parler de réalité virtuelle revient à évoquer un domaine technologique où l'utilisateur est immergé dans un environnement numérique virtuel dans lequel il peut interagir avec les éléments de cet environnement.

Il semble important de clarifier un point d'usage du terme de RV, il n'est pas rare en effet d'entendre que celle-ci se résume à l'utilisation d'un casque de réalité virtuelle. Or il faut distinguer les moyens de faire l'expérience de la réalité virtuelle et les expériences offertes par la RV. Les casques de réalité virtuelle ne sont d'ailleurs qu'un des outils qui permettent de faire des expériences en RV, s'y ajoutent les environnements générés par ordinateur simulant des expériences réalistes. Ces expériences recréent des stimuli de différentes natures, auditifs et visuels (Han, 2019 : 3). Les casques font partie des dispositifs immersifs de RV, ils comprennent un écran placé devant les yeux de l'utilisateur visible au travers de deux lentilles. Les ordinateurs font partie des dispositifs non-immersifs de RV, l'environnement virtuel s'affiche alors sur un écran, le haut-parleur transmet le son et l'interaction est permise par la souris de l'ordinateur. Des casques hautement immersifs suivent les mouvements de la tête de l'utilisateur et permettent de regarder dans un environnement à 360°. (Angel-Urdinola, 2021 : 4)

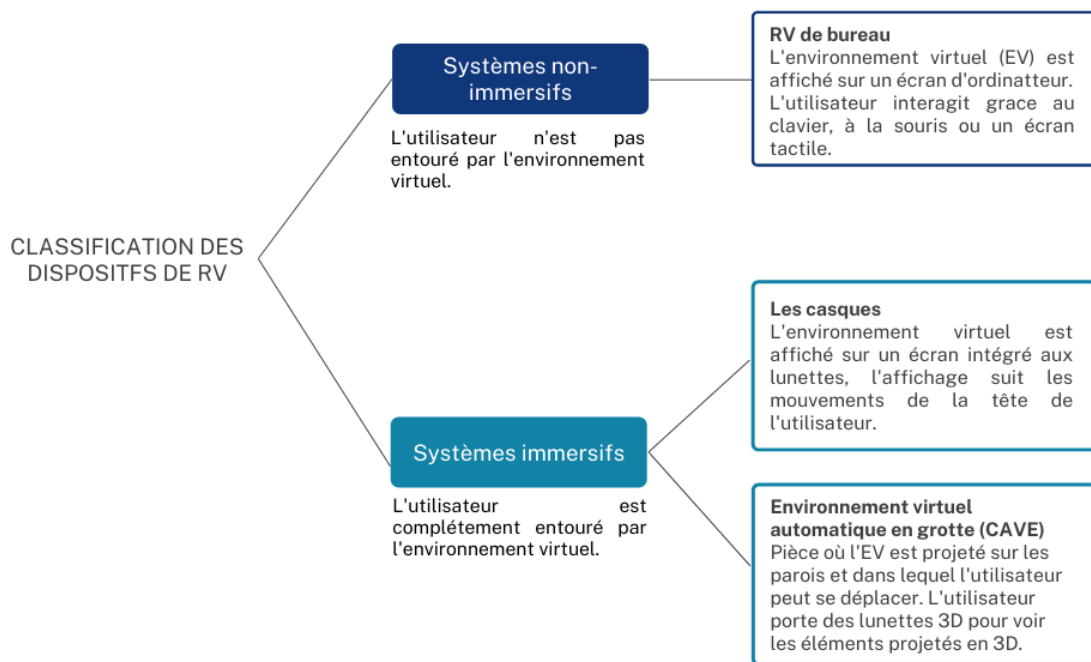


Figure 1 Classification des dispositifs permettant de faire l'expérience de la réalité virtuelle en fonction de leur degré d'immersivité (d'après Makransky et Lilleholt, 2018)

Les environnements virtuels automatiques en grotte (Figure 2), en anglais « *Cave Automatique Virtual Environnement (CAVE)* », ont deux inconvénients qui les rendent incompatibles avec une utilisation en classe ; ils font partie des solutions de RV qui restent encore de celles qui sont coûteuses et nécessitent un espace spécifique pour être installés (Freina, 2014 : 2). La réalité virtuelle non-immersive ou RV de bureau (Figure 3) utilise l'écran comme une fenêtre vers l'univers virtuel, celui-ci peut permettre de faire une conférence virtuelle, une classe virtuelle ou d'autres simulation comme une sortie au musée ou des expériences basées sur le jeu. L'avantage de ce dispositif est que le matériel nécessaire est majoritairement déjà présent dans les écoles (ordinateurs, claviers, souris ou tablettes) (Dubovi, 2017 : 18).



Figure 2 Exemple d'un dispositif CAVE

(Source : <https://www.realite-virtuelle.com/compte-rendu-laval-virtual-2016> [consulté le 15 mai 2022])

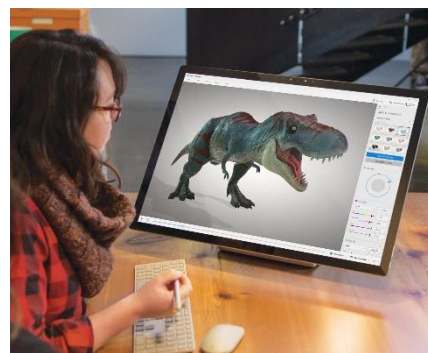


Figure 3 Exemple d'un dispositif RV de bureau

(Source : <https://apps.microsoft.com/store/detail/visor-3d/9NBLGGH42THS?hl=es-es&q=ES> [consulté le 15 mai 2022])

Le dernier type de dispositif qui retient notre attention dans cette recherche est le casque, qui a l'avantage d'être transportable. En termes de fonctionnement il existe deux types de casque de RV, les casque dit « autonomes » (Figure 4), le boîtier comporte un microprocesseur permettant à ce dernier de fonctionner sans avoir besoin d'être branché à un ordinateur et les casques fonctionnant avec un smartphone. Dans ce second cas il s'agit d'un boîtier comportant deux lentilles derrière lesquelles l'utilisateur place un téléphone portable, l'écran du téléphone doit au préalable être paramétré pour afficher le contenu en deux sphères, reproduisant la vision naturelle. Un des dispositifs de ce type est le Google Cardboard, un casque en carton (Figure 5).



Figure 4 Exemple de casque de réalité virtuelle autonome

(Source : <https://www.celside-magazine.com/fr-fr/encore-trop-tot-doter-casque-vr/> [consulté le 15 mai 2022])



Figure 5 Casque de réalité virtuelle Google Cardboard

(Source : <https://www.heraldic.cloud/> [consulté le 15 mai 2022])

La RV existe depuis les années 1950-1960, mais a connu un développement récent au cours des 15 dernières années avec l'évolution des simulateurs de RV, moins coûteux et de plus en plus réalistes (Angel-Urdinola, 2021 : 4). La démocratisation de la RV est également liée à l'apparition de la portabilité des outils. Il fallait ainsi compter 100 000 dollars en 2002 pour un système de réalité virtuelle fixe quand aujourd'hui on peut se procurer un casque de réalité virtuelle dans les grandes enseignes de vente de produits électronique pour 600 dollars (Vacaflor, 2020 : 122-123). Cette évolution technologique

permet une plus grande accessibilité à la RV et crée des possibilités plus grandes de contextes d'utilisation, notamment en classe.

## **Notions fondamentales en réalité virtuelle : la présence, le réalisme et l'immersion**

On trouve dans la littérature les dimensions clés de la RV comme étant la présence, le réalisme et l'immersion, ces dimensions sont incluses les unes dans les autres et leur réunion permet d'apporter un éclairage sur les apports de la RV à l'inverse d'un environnement virtuel sur ordinateur classique (Burkhardt, 2003 : 69).

### *La présence*

L'un des concepts clés dans la recherche sur la RV est la "présence". Il s'agit de la sensation d'être présents dans l'environnement virtuel alors qu'on est physiquement présent dans un autre (Han, 2020 : 3). Cela s'apparente à une illusion perceptive, se croire dans un environnement qui n'existe que virtuellement mais qui est perçu par l'utilisateur comme l'environnement réel dans lequel il évolue, cela étant malgré le fait que l'utilisateur soit conscient qu'il s'agisse d'un environnement virtuel. Il semble important de noter que la sensation de présence en réalité virtuelle, au contraire de l'écran fixe de l'ordinateur, d'une télévision ou d'un vidéoprojecteur est permise par la présence de composants spécifiques : le gyroscope et l'accéléromètre. Dans le cas d'un casque autonome de RV ils sont intégrés à ce dernier, s'il s'agit d'un casque fonctionnant avec un smartphone, ils en contiennent eux aussi. Le gyroscope permet de connaître l'inclinaison du casque et ainsi de savoir où regarde l'utilisateur, l'accéléromètre quant à lui permet de connaître les mouvements de la tête de l'utilisateur (Moreau, 2016 : 70). Les informations transmises par ces capteurs permettent d'ajuster le contenu sur l'écran pour recréer la sensation visuelle naturelle, où lorsque nous tournons la tête nous voyons de nouvelles informations, de même lorsqu'on lève la tête.

### *Le réalisme*

L'impression de présence est extrêmement liée à un autre concept, le réalisme (Burkhardt, 2003 : 70). Le caractère réel a deux acceptions, la première fait référence à la mesure dans laquelle les stimuli virtuels sont perçus comme réels (Han, 2020 : 3) L'environnement virtuel peut ainsi en plus des stimuli visuels avoir des stimuli sonores ou haptiques, si les casques permettent en très grande majorité d'avoir accès à des

informations visuelles et sonores, l'utilisation du toucher l'est moins. (Coiffet, 2017 : 116). De plus les casques permettant un retour haptique ont un coût très élevé, incompatible avec une utilisation en classe. Pour les stimuli visuels il s'agit de percevoir les informations affichées sur l'écran comme réelles, ainsi la résolution de l'écran entre en compte au même titre que le type de contenu visualisé. On peut distinguer deux types de contenus : les images de synthèse et les prises de vues à 360°. La deuxième acception du réalisme en RV définit les liens entre l'espace virtuel et certains aspects du monde réel. Il s'agit alors plutôt de « fidélité » : ainsi le réalisme de l'EV dépend de sa fidélité aux propriétés physiques et fonctionnelles de la situation de référence, du point de vue perceptif mais également sur le plan psychologique (Burkhardt, 2003 : 71).

### *L'immersion*

Avec un EV réaliste le sentiment de présence est intensifié, mais cela soutient aussi l'adhésion des participants et la sensation d'immersion (Ciekanski, 2019 : 3). Si la présence en RV a pu être mise en avant comme un facteur d'apprentissage (Makransky, 2018 : 16), les recherches lient la qualité de l'apprentissage davantage à l'interactivité et la représentation 3D (Merchant, 2014 : 37). Cela peut aisément être rapproché de la composante « immersion » comme prégnante pour les apprentissages. En effet Jean-Marie Burkhardt définit l'immersion comme le degré d'interactivité entre le contenu et l'utilisateur, c'est-à-dire les modalités de perception et d'action dans l'EV (Burkhardt, 2003 : 72). L'utilisateur exerce une action, la modalité d'entrée d'information est alors motrice, elle est transmise par des capteurs, des joysticks, dans certains cas des gants au dispositif. Grace à ces données, l'appareil adapte les informations visuelles et, dans une certaine mesure, auditives, ce sont ces deux modalités qui sont réellement exploitées dans la RV en sortie ; la qualité de l'immersion est alors liée à la cohérence et aux réactions du système, à la concomitance des informations de sortie avec celle d'entrée (Burkhardt, 2003 : 72). Des casques hautement immersifs peuvent néanmoins repousser les limites de la rétroaction haptique, les mouvements réels observés de l'utilisateur sont transférés dans l'environnement virtuel (Reiners, 2014 : 172). Pour certains modèles de casques de RV, il est possible de connecter des capteurs de mouvement, ces derniers permettent de recréer les mouvements réels et les déplacements de l'utilisateur en RV (Borglund, 2021 : 3). Il est possible pour certains appareils de placer le capteur sur des objets, par exemple une raquette de tennis, les mouvements de celle-ci pourront alors être intégrés à l'EV.

## **2. Réalité augmentée**

La réalité augmentée a été introduite dans les années 1990 et s'inscrit dans la continuité de la réalité virtuelle (Chen, 2017 : 13). Elle a été développée pour la formation des électriciens d'avion où ont été mélangés des éléments virtuels avec l'affichage d'un environnement réel pour aider à assembler des câbles (Zhang & Wang, 2021 : 2).

### **Définition théorique**

La RA fait référence à la superposition d'objets virtuels ou d'informations sur un objet ou un environnement physique. Il en résulte une réalité mixte avec des objets virtuels et un environnement réel qui augmente les expériences d'apprentissage (Chen, 2017 : 13). Chen (2017) met en avant le caractère significatif de la superposition des deux réalités. L'aspect significatif fait référence aux liens de sens qui existent entre les éléments réels et virtuels, les éléments virtuels notamment prennent leur sens dans le contexte de la réalité. De même, par RA peut être entendue toute technologie qui mélange des informations réelles et virtuelles de manière significative (Wu, 2013 : 42). Mais il semble, comme pour la RV, réducteur de limiter la RA à une technologie, ainsi on peut définir la RA comme « *a situation in which a real world context is dynamically overlaid with coherent location or context sensitive virtual information* » ce qui signifie qu'il s'agit d'une situation dans laquelle un contexte du monde réel est superposé de manière dynamique à des informations virtuelles cohérentes et sensibles à l'emplacement ou au contexte (Klopfer & Squire, 2008 : 205). D'après les mêmes auteurs l'utilisation de la réalité augmentée permet d'enrichir l'expérience de la réalité chez les apprenants en ajoutant des informations supplémentaires et contextuelles au monde réel. La RA se caractérise donc par une superposition de deux environnements, réel et virtuel, ayant entre eux un ancrage contextuel et des liens sémantiques.

Les outils de visualisation de la RA sont de différentes natures. Les premiers appareils capables de prendre en charge la RA étaient des casques (Wu, 2019 : 43). L'évolution des appareils mobiles a permis d'en faire de nouveaux outils de RA, cette extension de la RA à tous les dispositifs munis d'une technologie de localisation comme le GPS

(système de positionnement global) créent une sous-famille, la RA mobile (Klopfers & Squire, 2008 : 205).

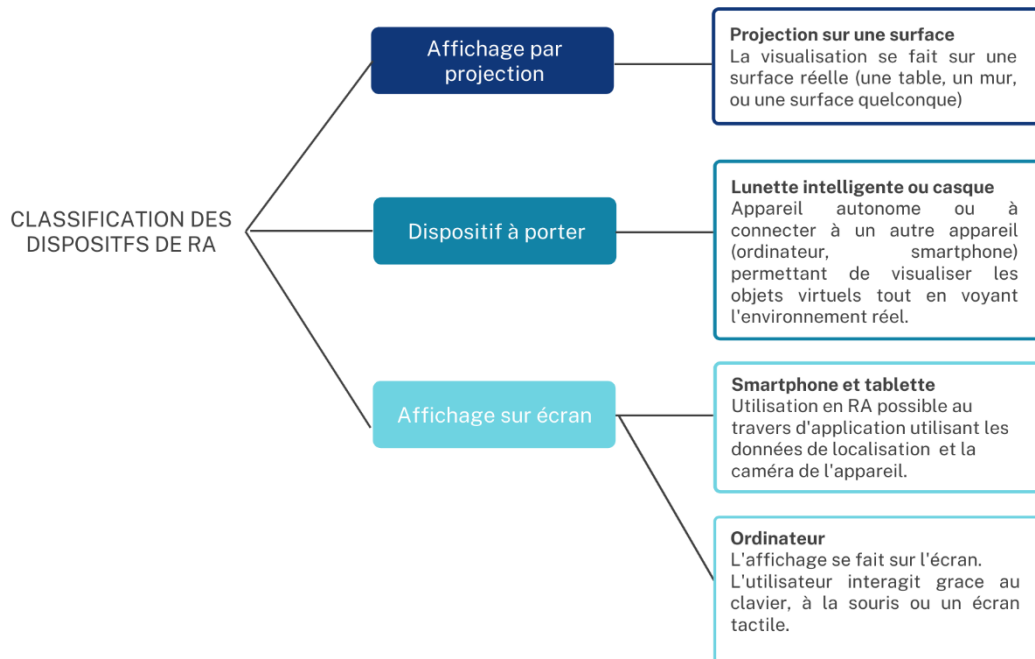


Figure 6 Récapitulatif des dispositifs permettant de faire l'expérience de la réalité augmentée (d'après Wang et al., 2018)

Les technologies de projection en réalité augmentée (Figure 7) sont, à l'instar du dispositif CAVE en RV, des solutions complexes à mettre en œuvre par les coûts engendrés et les contraintes techniques : calibration des projecteurs, aménagement de l'espace, compétences techniques pointues requises. Les lunettes de RA (Figure 8) sont portables, l'avantage étant que l'utilisateur a les mains libres. Leur coût est encore relativement élevé au contraire des casques de RV. Concernant les écrans pour faire de la réalité augmentée, les smartphones et tablettes (Figure 9), notamment les plus récents, sont suffisamment puissants pour utiliser des applications de RA, leur prix est inférieur à celui des lunettes et ils sont déjà largement présents dans les classes (Wang, 2018 : 3).



Figure 7 Exemple de projection en RA  
(Source : <https://img.phonandroid.com/2016/03/sony-projecteur-sxsw-2016.gif> [consulté le 15 mai 2022])



Figure 8 Lunettes de RA ThinkReality A3  
(Source : <https://www.lenovo.com/us/en/thinkrealitya3> [consulté le 15 mai 2022])

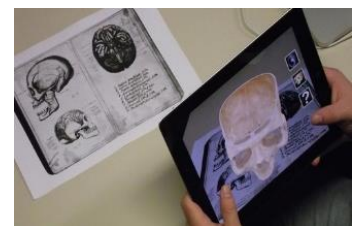


Figure 9 Exemple de RA avec tablette (Source : <https://blog.iakaa.com/quest-ce-que-la-realite-augmentee> [consulté le 15 mai 2022])

Il est intéressant de noter qu'au contraire de la RV, les technologies utilisées pour la RA ne se substituent pas au monde réel en en créant une analogie virtuelle mais s'additionne au monde réel. (Anastassova, 2007 : 99). L'utilisation de la RA dans l'enseignement fait partie des domaines d'applications privilégiés de la RA. En effet les deux domaines principaux sont la formation, l'autre étant l'assistance au suivi de procédures (Anastassova, 2007 : 99).

### **Notions fondamentales en réalité augmentée : intégration, interactivité et recalage**

Un auteur phare dans le domaine de la RA, Ronald T. Azuma (1997), a théorisé les caractéristiques de la réalité augmentée comme étant :

- la combinaison du réel et du virtuel,
- l'interactivité en temps réel, et
- l'inscription en trois dimensions.

Bien que les publications de R. T. Azuma (1997) datent du siècle dernier, dans un domaine technologique qui s'est développé très récemment, elles n'ont pas perdu de leur caractère « de référence » pour le domaine de la réalité augmentée.

#### *L'intégration*

La combinaison du réel et du virtuel s'apparente à l'intégration de façon « transparente » des éléments virtuels en 3D dans le monde réel (Anastassova, 2017 : 7). Les éléments réels et virtuels sont alors présents dans un même environnement du point de vue de l'utilisateur, alors que les « couches » du réel et du virtuel sont sur des plans différents sur le plan technique. En ce sens l'idée de la transparence, proposée par Anastassova, est porteuse de sens. A noter que l'intégration se fait techniquement de façon différente selon les types de dispositifs, pour les appareils mobiles, l'ajout du virtuel est réalisé sur les données de l'appareil photo alors que pour les dispositifs type lunette de RA, l'ajout du virtuel se fait grâce à des écrans semi-transparents (Broll, 2008 : 41).

#### *L'interactivité*

Lorsque Azuma évoque une interactivité en temps réel, il fait référence à l'opportunité donnée à l'utilisateur de pouvoir manipuler les éléments virtuels. En effet, avec les différents types de dispositifs de RA, il est possible de déplacer des objets virtuels et de



façon plus générale d'agir sur ces objets, cette interaction avec les objets virtuels présents en réalité augmentée permet notamment de renforcer le sentiment de présence de ces objets pour l'utilisateur (Neumann, 1998 : 3). L'interface permettant l'interactivité dépend du type de dispositifs (voir Figure 3). Les dispositifs semi-transparents comme les casques ou les lunettes permettent la voir directement l'environnement réel et l'interaction se fait par des capteurs suivant les mouvements de la main, les appareils portables utilisent la « magic window », la fenêtre magique correspond à l'affichage de la caméra sur l'écran, les interactions se font avec l'écran tactile. (ANSES, 2021 : 103)

### *Le recalage*

L'inscription en trois dimensions renvoie à la cohérence de la disposition des éléments virtuels et réel les uns par rapport aux autres, l'auteur utilise le terme de « recalage » (Anastassova, 2017 : 7). Le recalage permet de faire correspondre l'environnement réel et les éléments virtuels sur le plan visuel, haptique et auditif (Anastassova, 2017 : 7). C'est-à-dire que le temps de latence doit être minimal, par exemple, entre le moment où l'utilisateur « prend » un objet virtuel et le moment où la préhension est prise en compte sur l'interface. De très nombreuses variables entrent également dans le recalage comme la cohérence de l'éclairage, avec la présence d'ombres sur les objets virtuels (Broll, 2008 : 47). Pour réduire les décalages, plusieurs composants techniques doivent être pris en compte, les fréquences auxquelles les mouvements sont mesurés, le temps de transmission au processeur et les temps de calcul (Mestre, 2004 : 208). Les appareils mobiles utilisés comme dispositifs de RA doivent être assez performants pour permettre le recalage et les dispositifs spécifique de RA comme les casques ou les lunettes se doivent alors d'embarquer des composants de pointe tout en minimisant leur poids et leur taille puisque ces dispositifs sont destinés à être porté sur la tête. Le recalage est d'autant plus important que la tâche à effectuer en RA inclut une dimension de vitesse, il doit alors coïncider avec la boucle sensomotrice de l'utilisateur (Mestre, 2004 : 209). Pourtant, le recalage ne semble pas fondamental pour un certain nombre d'autres tâches, de même le recours à des objets virtuels en 3D n'est pas une composante inhérente à la RA, qui peut recourir également à des objets en 2D (Anastassova, 2017 : 7). Ces objets en 2D peuvent être différents médias : du texte, de l'audio, des images... (Broll, 2008 : 41).

### 3. Technologies immersives et interactives

Si les définitions de la RV et la RA comportent des éléments divergents et laissent penser qu'il s'agit de deux concepts distincts, les points communs ne sont pas inexistantes. Toutes les deux partagent les concepts clés dans leur définition, l'immersion, l'utilisateur est dans un univers qui n'est pas réel mais dans lequel il sent présent, et l'interaction, l'utilisateur a des moyens d'agir sur cet environnement en temps réel (Moreau, 2018 : 53). Les travaux de Milgram et Kishino (1994) ont d'ailleurs mis en avant l'existence d'un continuum entre l'environnement réel d'une part et l'environnement virtuel de l'autre. Entre ces deux pôles se trouvent la réalité mixte (RM) qui comprend différents niveaux de « virtuality », en français de virtualité. Ainsi la RV et la RA peuvent être placées à différents endroits du continuum selon le degré d'immersion du dispositif et le degré d'interaction que l'utilisateur a avec le contenu (Milgram & Kishino, 1994 : 3).

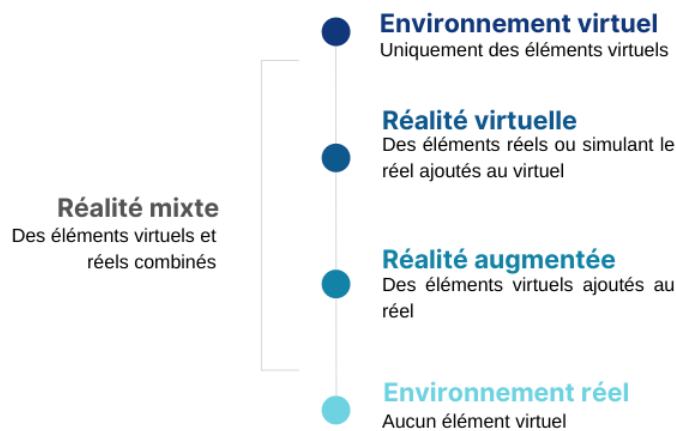


Figure 10 Spectre de la virtualité (d'après Milgram & Kishino)

La conception en continuum permet d'englober toutes les technologies qui modifient la réalité par le recours à des images générées par ordinateur. Elles sont ainsi toutes regroupées sous la bannière de « réalité mixte » qui correspond finalement à l'ensemble du continuum hormis les deux extrêmes. Ainsi, sous le terme "réalité mixte" se retrouve tout environnement où les objets réels et virtuels sont combinés dans un seul écran. Ce continuum est construit sur l'aspect visuel des technologies il ne prend pas en compte

les technologies immersives utilisant les autres sens (odorat, ouïe, toucher, goût). De plus, il a été avancé que l'extrême virtuel du spectre est purement théorique, car on ne pourra jamais se défaire des contraintes de l'environnement physique réel même dans un environnement virtuel totalement immersif, présence d'un mur réel en face de l'utilisateur par exemple (Sharbez, 2021 : 2).

Toutefois, ce continuum bien qu'ayant quelques limites, et malgré sa relative ancienneté dans le domaine des sciences numérique, a encore toute sa crédibilité. Il permet de comprendre en quoi la RV et la RA, qui peuvent apparaître comme deux entités distinctes, ne sont finalement que deux points singuliers d'un unique continuum. Nous allons par la suite pouvoir traiter des deux technologies immersives séparément ou parallèlement selon l'angle sous lequel on se place, mais il est important de garder à l'esprit qu'il s'agit d'une même entité qui se décline en RV ou en RA.

#### ***4. Hypothèses de recherche***

A l'aune de la définition des concepts clés de la recherche effectuée, des hypothèses de recherches claires se dessinent. Il semble que, à ce stade, les technologies immersives sont une plus-value pour les apprentissages des élèves. Cela restant à démontrer, la seconde partie de la recherche s'appliquera à définir les avantages et les inconvénients de la RA et la RV. Néanmoins une deuxième hypothèse s'esquisse, nourrie par le constat de l'absence des technologies immersives dans les pratiques courantes de l'enseignement en primaire, au contraire d'autres technologies comme les tablettes, les ordinateurs ou dans une moindre mesure les robots éducatifs. Il apparaît ainsi que les technologies immersives ne soit pas encore assez matures pour s'adapter au contexte de la classe. Finalement, nous aurions des outils en plein développement avec un fort potentiel mais dont l'utilisation est très largement déficitaire.

## **2. Analyse des atouts et limitation des technologies immersives pour les apprentissages**

Les technologies immersives présentent sur le plan théorique des intérêts, cette partie s'appliquera à analyser leurs avantages et inconvénients pour l'éducation. L'utilisation de la réalité virtuelle et augmentée dans un contexte éducatif a fait l'objet de recherches depuis plusieurs années, mais le rythme s'accélère avec l'arrivée de nouveaux casques, plus abordables, plus faciles d'utilisation et le développement des usages de ces technologies de façon générale. Quelles sont les raisons qui font des technologies immersives des outils potentiels pour les apprentissages ?

### ***1. Les atouts des technologies immersives***

Les avantages des technologies immersives qui sont proposés dans cette partie ont été relevés dans plusieurs recherches, il s'agit de caractéristiques générales, elles sont communes à la RA et à la RV. Néanmoins, les résultats proposés ici sont encore à nuancer puisque l'attrait pour ces sujets de recherches est relativement récent et l'environnement très changeant (nouveaux appareils, nouvelles fonctionnalités, ...). Ainsi pour la RA, les recherches ont commencé à se multiplier de façon significative à partir de 2013 (Chen, 2017 : 17).

#### *L'environnement virtuel*

Qu'il s'agisse de la RV ou de la RA, le recours à un environnement virtuel (EV) permet à l'apprenant d'évoluer dans un environnement où l'erreur n'a pas de conséquence réelle. Cet aspect est plus spécifique à la RV, car l'environnement est complètement virtuel et est une simulation du réel. L'opportunité de répétition de la tâche, ainsi que la possibilité de se corriger en plus de l'échec non dangereux sont autant d'avantages à recourir à un environnement virtuel pour l'apprentissage (Jensen, 2018 : 2). L'accès des espaces lointains ou pour lesquels l'accès est coûteux est rendu possible par les technologies immersives, en y ajoutant la possibilité d'interagir avec cet environnement (Jensen, 2018 : 2). L'environnement virtuel place l'apprenant dans un cadre plus

crédible qu'une simulation traditionnelle, grâce à la mise en jeu du corps et des émotions (Ciekanski, 2019 : 2). Cet aspect est lié au sentiment de présence et à l'immersion de l'apprenant dans les dispositifs immersifs.

### *La motivation des apprenants*

La motivation est régulièrement l'objet de recherche avec la RV et la RA. Un aperçu de l'utilisation de la réalité augmentée dans l'éducation de 2011 à 2016 analyse 55 publications et rapporte l'augmentation de la motivation des élèves comme principal atout de la RA (Chen, 2017 : 16). L'effet de nouveauté peut participer à l'engagement des utilisateurs et ainsi augmenter la motivation, mais les raisons avancées dans les recherches sont plutôt liées aux notions fondamentales des technologies immersives comme « l'intuitivité de l'interaction » ou encore la sensation d'immersion (Bozec, 2017 : 57).

Le fait de plonger l'utilisateur dans un monde virtuel qu'il perçoit comme le monde réel est un vecteur de motivation. C'est d'ailleurs ce que soulignent les auteurs d'une méta-analyse, les environnements virtuels et les objets créés par la RV/RA offrent aux étudiants des expériences qui peuvent se substituer à l'environnement réel et offrent des opportunités d'apprentissage basé sur l'investigation (Zhang, 2021 : 11). Il s'agit d'après les mêmes auteurs d'une motivation intrinsèque, c'est-à-dire lié à l'apprenant lui-même, les tâches sont accomplies par désir, plaisir ou intérêt personnel, cette forme de motivation est beaucoup plus forte qu'une motivation extrinsèque, elle liée à des facteurs externes comme la récompense, l'éloge ou la punition (Zhang, 2021 : 11). L'augmentation de la motivation chez les apprenants pourrait développer les compétences d'investigation (Wang, 2018 : 10), un engagement plus marqué des étudiants (Chen, 2017 : 16), et des attitudes positives chez les apprenants (Chen, 2017 : 16 ; Bozec, 2017 : 57).

Néanmoins toutes les recherches ne sont pas unanimes quant à l'effet motivant des technologies immersives, celles où la motivation baisse avec la RA ou la RV par rapport aux utilisateurs sans technologies immersives seraient liées à deux facteurs : le manque d'informations sur l'utilisation de l'appareil et la tâche à accomplir, et, de façon connexe la familiarité avec le matériel. L'utilité perçue par les utilisateurs de la RA/RV diminue avec l'âge et entraîne une baisse de la motivation (Zhang, 2021 : 11). Il s'agit d'une

notion du champ de l'ergonomie, être utile revient à répondre à un besoin de l'utilisateur, ce besoin pouvant être de nature diverse : besoins fonctionnels, sociaux, symbolique (comme le succès), émotionnel, cognitif (Barcelilla, 2009 : 314).

### *La visualisation*

Par la RA et la RV, les apprenants ont accès à des simulations du monde réel habituellement inaccessibles en classe traditionnelle. Des phénomènes inaccessibles par leur dangerosité, leur impraticabilité ou leur impossibilité d'accès (utilisation de produits chimiques, découverte d'œuvres d'arts éloignées, de ruines...) deviennent visualisables avec les technologies immersives qui créent la sensation pour l'utilisateur d'être physiquement présent (Wang, 2018 : 9). Le réalisme de la RV permet ainsi d'utiliser des simulations du réel pour réduire les risques, les coûts et offrir plus de flexibilité (Bozec, 2017 : 71). L'accès à des environnements difficilement modélisables comme l'espace et les systèmes planétaires est également rendu possible (Anastossava, 2007 : 106). Aussi, l'opportunité est de facilement visualiser des concepts abstraits et des relations spatiales complexes, comme les liaisons chimiques en 3D, l'intérieur du corps humain ou les mécanismes internes invisibles des ordinateurs. (Wang, 2018 : 9). L'utilisation des technologies immersives, et notamment de la RA, peut-être est conçue dans ce sens d'outil de visualisation comme une base de travail pour développer les capacités de réflexion et la compréhension conceptuelle (Wu, 2013 : 46).

### *L'individualisation*

L'exploration du contenu en RV se fait individuellement, l'apprenant interagit dans un univers dans lequel il s'approprie les informations au rythme qu'il souhaite, avec la possibilité de recommencer, cette dimension permet une individualisation de la formation (Bozec, 2017 : 71). De même, une étude s'intéressant aux recherches menées sur l'utilisation de la RA en contexte scolaire entre 2010 et 2018 montre une propension de la RA à permettre un apprentissage centré sur l'apprenant et également de meilleurs résultats pour les élèves moins performants (Wang, 2018 : 10). Le fonctionnement par exploration avec les technologies immersives permet de proposer un enseignement répondant aux besoins des élèves, notamment lorsqu'on se place sur le modèle de style d'apprentissage de Felder-Silverman (Bell, 1995 : 3). Le graphique ci-après compare de façon synthétique les modalités de l'apprentissage traditionnel

(cours magistral) et de l'apprentissage via les technologies immersives selon les cinq dimensions du modèle de Felder-Silverman.

Dimension du modèle Felder- Silverman	Apprentissage traditionnel	Apprentissage avec technologies immersives
Perception : sensoriel - intuitif	Intuitif (concept)	Sensoriel (expérimentation)
Réception : visuel -verbal	Verbal	Visuel mais également verbal
Organisation : inductif - déductif	Déductif	Inductif (apprentissage par l'observation)
Traitement : actif - réfléchi	Réfléchi	Actif
Compréhension : séquentiel - global	Séquentiel	Global (vue d'ensemble et interrelations)

Figure 11 Comparaison du modèle d'apprentissage traditionnel avec les technologies immersives selon le modèle de Felder-Silverman (Bell, 1995 : 3)

L'analyse faite par Bell et Fogler (1995) est néanmoins caricaturale et dénote une vision de l'enseignement traditionnel purement tournée vers une approche descendante et magistrale. L'intérêt des technologies immersives ressortant de cette comparaison est l'opportunité de toucher des profils d'élèves pour lesquels les outils de l'enseignant ne sont pas toujours suffisants (apprenants actifs, visuels, inductifs et globaux).

Le réel atout des technologies immersives pour individualiser les apprentissages se trouvent du côté de l'enseignant qui a accès aux données des élèves, l'avantage étant que celles-ci sont collectées automatiquement, elles permettent alors de suivre l'avancement de l'élève, d'analyser les difficultés et de programmer le parcours à venir (Bozec, 2017 : 71). Dans le cadre d'une expérimentation avec un système en RV, l'enseignant pouvait même interagir directement avec les élèves en gérant le contenu d'apprentissage proposé dans le casque de RV et ainsi renforcer l'efficacité des dispositifs selon les élèves (Liu, 2020 : 11).

### *Le transfert des compétences*

Un paradoxe mis en lumière dans le système éducatif est lié aux difficultés de transfert des compétences ou connaissances acquises, notamment lors de l'exécution d'exercices que les élèves réussissent mais qui n'arrivent pas à appliquer dans un autre contexte, et particulièrement un contexte plus proche de la réalité. L'intérêt des

technologies immersives dans ce cas permet un développement de compétences dans un environnement proche du réel, s'agissant d'une simulation immersive, les apprenants peuvent effectuer un transfert de compétences entre l'environnement virtuel et le monde réel plus facilement puisqu'il s'agit d'un transfert proche (Bozec, 2017 : 70). Cependant toutes les études ne sont pas concordantes sur ce point, le transfert des apprentissages effectués avec les technologies immersives semblent être aisé puisque les études montrent de façon générale une amélioration de résultats des élèves avec le recours aux technologies immersives mais cet aspect requiert davantage de recherches et de méthode, la plupart des études arrivant à cette conclusion ayant une méthodologie peu rigoureuse ne permettant pas de conclure (Anastassova, 2007 : 20).

## ***2. Spécificités de certains équipements***

Par souci de pertinence, les dispositifs qui seront analysés sont les casques de RV, les casques ou lunettes de RA et les applications sur tablettes et mobiles de RA. Les dispositifs CAVE en RV, les projecteurs sur surface en RA sont complexes à mettre en place en classe et font l'objet de recherche beaucoup plus sporadiques. Également, est exclu d'une analyse approfondie, la RV de bureau (sur un écran d'ordinateur) et la RA via un casque ou des lunettes, qui sont assez peu étudiées bien qu'elles soient tout à fait compatibles avec le contexte scolaire. Si la RA sur smartphones et tablettes est majoritaire, les chercheurs pensent que les lunettes ou casques de RA vont devenir très important dans les années à venir (Chen, 2017 : 16).

### *Casques de réalité virtuelle*

Les étudiants préfèrent ainsi utiliser un casque de réalité virtuelle qu'une simulation sur un écran d'ordinateur notamment grâce à la présence qu'ils ressentent (Makransky, 2018, p. 16). Les chercheurs mettent également en avant une motivation, un plaisir et une immédiateté de contrôle accrus. La combinaison de ces différents éléments a mené à une augmentation des intentions comportementales chez des étudiants d'université de 23 ans d'âge moyen. Pourtant le lien entre l'augmentation de la présence et les apprentissages ne fait pas consensus, dans une étude avec des élèves de primaire, la présence perçue des élèves est effectivement plus forte avec un casque de RV qu'avec un écran de télévision mais les élèves n'ont pas l'impression d'apprendre plus avec le casque (Han, 2020 : 12). Les résultats montrent même le contraire, la présence accrue



n'est pas toujours positivement liée à leur apprentissage perçu. Certains élèves ont conclu que le contenu visionné avec un casque de RV était facile à comprendre mais pour d'autres il est trop complexe à comprendre (Han, 2020 : 12). Les raisons avancées par les auteurs sont vraisemblablement la charge cognitive trop forte et probablement le manque de familiarité avec les dispositifs de RV immersifs en tant qu'outils éducatifs (Han, 2020 : 12). La charge cognitive est un concept développé par J. Sweller, elle est liée aux limitations de la mémoire de travail qui a une capacité de « stockage » d'informations limitée (Tricot, 1998 : 39). Dans le cas de l'expérience de Han, il s'agirait d'une surcharge cognitive liée au traitement des informations (celles qui sont pertinentes, interférentes...), autrement dit une surcharge cognitive extrinsèque puisqu'il s'agit d'un manque de ressources disponibles pour inférer et trier les informations pertinentes et non pertinentes (Bara, 2017 : 8).

Une autre particularité des casques de RV étant l'isolement des apprenants dans l'univers virtuel, une concentration accrue sur les stimuli, entraînant une augmentation de la présence, est envisagée (Witmer, 1998). Une étude avec une classe de primaire confirme cette hypothèse, les élèves ont la sensation que la situation en RV est réelle « c'était tellement réaliste et le requin semblait vraiment m'atteindre » (Han, 2021 : 11). Pourtant la même étude fait état d'un aspect négatif à cette forte immersion, les élèves, pour 6% d'entre eux, se sentent seuls « lorsqu'on porte le casque, on ne peut pas parler à un camarade », « je me sens tout seul dans l'espace virtuel » et « je ne peux pas poser de question à l'enseignant » (Han, 2021 : 12). Le constat d'isolement est aussi partagé par l'enseignant de la classe, les élèves n'étaient pas très attentifs à ses questions lorsqu'ils avaient le casque de RV (Han, 2021 : 12).

L'utilisation d'un casque par les élèves modifie les relations et les modalités d'échange entre pairs et avec l'enseignant, les activités avec le casque se font en autonomie par les élèves, l'enseignant a, à l'inverse, un rôle important dans la gestion du temps de visualisation, l'organisation d'échanges en amont et en aval du temps passé avec le casque. Les choix d'organisation spatiale de la classe sont également fondamentaux, l'enseignant se doit de s'assurer que tous les élèves disposent d'un espace suffisant pour éviter les collisions entre les élèves qui portent un casque. De plus, la RV offre une augmentation de l'engagement de l'utilisateur, le rapport de Canopé conclut que cela est vrai malgré la diversité des élèves, malgré des niveaux de connaissances différents

(Bozec, 2017 : 68). Cet aspect est important puisque la mise en activité d'élèves avec des niveaux hétérogènes est une mission complexe à mettre en place dans l'enseignement.

#### *Application de RA pour mobiles et tablettes*

Un des avantages de la RA au contraire de la RV, c'est la capacité de transition entre le réel et le virtuel (Kesim, 2012 : 301). En effet l'appareil mobile permet de garder une vision périphérique sur l'environnement réel autour, la collaboration et le travail en groupe est alors aisé. Un seul appareil peut être utilisé par un petit groupe d'élèves.

La RA est particulièrement plébiscitée pour la compréhension de modèles dynamiques et de notions complexes grâce à la sensation d'authenticité (Wu, 2013 : 46). Il s'agit d'une aide à la visualisation pour des phénomènes inobservables ou invisibles qui permet aux élèves de corriger leurs conceptions erronées (Wu, 2013 : 46).

Au-delà de la visualisation, l'élève peut également manipuler les objets virtuels, ce qui en fait une méthode d'apprentissage active (Anastassova, 2007 : 106). Les auteurs notent néanmoins que les applications donnent une place d'acteur limitée aux élèves, les actions qu'il est possible de réaliser sur l'objet virtuel sont limitées : visualiser, sélectionner, effectuer des rotations de l'objet virtuel sont celles que l'on retrouve majoritairement ; il semble ainsi que le qualificatif d'apprentissage « actif » soit inadapté, puisque l'élève peut seulement « être acteur » des clics sur l'appareil mobile (Anastassova, 2007 : 106). Si l'utilisation de la RA mobile présente des atouts pour l'apprentissage, les limitations techniques sont à considérer comme la taille de l'écran de l'appareil qui donne un accès très réduit lorsque celui-ci est petit, on pense ainsi aux écrans de téléphone portable qui permettent de visualiser un objet virtuel soit petit, soit simplifié (Wang, 2018 : 3).

#### *Casque ou lunette de RA*

La différence majeure avec la RA mobile réside dans l'implication des compétences psychomotrices, les indices visuels et haptiques améliorent l'expérience des utilisateurs, et permettent une collecte de données ainsi qu'un retour visuel, auditif ou haptique (Wu, 2013 : 46). L'utilisation d'un outil individuel offre la possibilité, comme sur les casques de VR, d'avoir des données individualisées et ainsi de créer des parcours d'apprentissages personnalisés (Wang, 2018 : 10). Le recalage des objets virtuels avec

l'environnement réel permet, lui, d'envisager un feed-back quant à l'avancement de la tâche de l'utilisateur (Anastassova, 2007 : 106).

On notera une utilisation de la RA sur un plan différent, pour une utilisation par l'enseignant. La RA permet ici à l'enseignant une gestion facilitée de la classe, il contrôle d'autres outils technologiques grâce à la RA (vidéoprojecteur, logiciels, éclairage...) grâce à des capteurs de mouvement intégrés (Anastassova, 2007 : 106).

La question du choix de l'équipement se pose même au-delà de ces grandes catégories, il convient donc de regarder les fonctionnalités des appareils aujourd'hui disponibles sur le marché.

### *Choix des équipements*

Des équipements mixtes, utilisables pour la RV et la RA, commencent à être mis au point. Néanmoins les dispositifs supportant les deux technologies sont encore rares et coûteux, il faut donc choisir un équipement pour la RV et un autre pour la RA, dans chacun des domaines une grande diversité d'appareils est disponible, à des prix et avec des fonctionnalités très diverses.

La physionomie des casques (RA/RV) diffère principalement au niveau de leur degré de réalisme (résolution de l'écran, fréquence de rafraîchissement, angle du champ de vision). Les récentes évolutions des casques vont vers un degré d'immersion accru, notamment grâce à des capteurs de mouvements qui permettent de retranscrire les mouvements du corps, mais aussi les mouvements du visage ou d'objets dans l'environnement virtuel. L'immersion semble être un atout pour les apprentissages puisque qu'une majorité d'études ont montré une corrélation positive entre l'augmentation de l'immersion et les résultats d'apprentissages (Jensen et Konradsen, 2018, p. 7). Lors de l'utilisation d'un dispositif de RV plus immersif, les participants prennent la situation virtuelle plus au sérieux, ils prennent ainsi davantage garde à ne pas se « cogner » dans l'environnement virtuel (EV) et ont une approche des dangers plus précautionneuse, l'immersion des participants dans l'EV se reflète également sur leur corps (battement de cœur ou encore transpiration) (Reiners, 2014 : 178). Le temps passé sur la tâche d'apprentissage augmente avec des dispositifs plus immersifs, les participants répétant la tâche davantage et d'autant plus avec des dispositifs plus immersifs (Alhalabi, 2016 : 6).

Un effet négatif a été observé dans le cas de dispositifs très immersifs, où les participants pouvaient voir leurs mains en temps réels dans l'EV. Ces derniers passaient beaucoup de temps à regarder leurs mains, jusqu'à être distraits du but de l'expérience (Fernandes, 2016 : 913). Si l'obtention d'un haut niveau de fidélité est parfois souhaitable, il n'existe pas de lien direct entre le niveau de fidélité et le niveau de performance ni même la validité psychologique de l'EV. Les caractéristiques de fidélité intrinsèques d'un EV ne sont d'ailleurs pas seules responsables du niveau de fidélité psychologique puisque viennent s'ajouter l'effet des caractéristiques de l'utilisateur ainsi que la tâche choisie dans le cadre des objectifs assignés à l'usage de l'EV. » (Burkhardt, 2003, p. 71). De plus ces dispositifs à l'immersion très forte ne sont pas compatibles avec l'enseignement dans le premier degré à cause du rapport utilité/prix.

### ***3. Les obstacles à l'utilisation des technologies immersives***

Si jusqu'à présent le bilan des technologies immersives pour favoriser les apprentissages est très positif, il n'en reste pas moins que des points négatifs viennent s'ajouter au tableau. Deux axes principaux mettent en lumière les défis à relever lors de l'utilisation de la RV et la RA dans un contexte scolaire : l'axe des risques pour la santé et l'axe de difficultés de mise en place.

#### **Effets sur la santé des utilisateurs**

Un rapport de l'ANSES (agence nationale sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) publié en juin 2021 fait état des risques qui sont liées à l'utilisation de la réalité augmentée et de la réalité virtuelle. Un des effets délétères est la cybercinétose, terme copié de l'anglais *cybersickness*. Celle-ci semble être moins présente en RA, en revanche l'exposition à la lumière bleue ou encore l'ergonomie des dispositifs sont communs à la RV et la RA.

#### *La cybercinétose, ou le mal du simulateur*

Derrière le terme de cybercinétose se cache un ensemble de symptômes qui vont de la sensation de malaise, aux maux de tête en passant par des vertiges, des vomissements ou encore de la tachycardie (ANSES, 2021 : 10). Cet ensemble de désagréments est

causé par un délai entre les mouvements de l'utilisateur et l'affichage sur l'écran du casque. Les informations motrices et visuelles reçues par le cerveau sont alors contradictoires et donnent lieu à des perturbations neurophysiologiques conduisant aux symptômes décrits précédemment (Bardy, 2017). Ainsi l'amélioration des technologies sur le plan du taux de rafraîchissement, de la capacité à suivre les mouvements des yeux ou encore de la résolution de l'écran peuvent pallier les effets de la cybercinétose (Bardy, 2017). L'appellation « mal du simulateur » fait référence au mal des transports qui résulte du même décalage entre les pôles moteur et visuel. Il semble que d'autres sens soient liés, puisque l'incongruence entre des stimuli auditifs et les mouvements (notamment un son de mouvement quand l'utilisateur est statique) peut provoquer une cybercinétose (ANSES, 2021 : 10).

La fréquence de ces symptômes selon les études oscille entre très rare à presque tous les participants, l'une des variables démontrées étant l'âge, plus les participants sont âgés plus les symptômes sont fréquents (Jensen, 2018 : 9). Les recherches montrent un effet négatif de la cybercinétose sur l'apprentissage pouvant entraîner un abandon du dispositif et entraînant des résultats d'apprentissages affaiblis (Jensen, 2018 : 9). Les symptômes du mal du simulateur disparaissent en général dans les minutes qui suivent la fin de l'utilisation d'un dispositif de RV. Il est important de noter qu'il existe une forme d'habituation, puisque plus les utilisations sont répétées, plus les symptômes disparaissent. Les modalités qui accentuent l'apparition de symptômes sont le type de contenu (des montagnes russes au contraire d'un paysage calme ...), les personnes sujettes aux migraines, au mal des transports, ou encore le temps d'exposition, la hausse de la durée d'exposition augmentant l'apparition de la cybercinétose (ANSES, 2021 : 9).

Les lunettes ou casques de RA peuvent aussi déformer la perception de l'utilisateur, particulièrement la perception de la profondeur en lien avec des problèmes de recalage ou le champ de vision limité, cet aspect tend à se résorber avec l'évolution des technologies (Anastassova, 2007 : 109). Le second problème, lui plus durable, est lié à la sensibilité des dispositifs aux variations de luminosité, en effet les lieux très lumineux ne permettent pas ou rendent difficile l'utilisation des casques ou lunettes de RA (Anastassova, 2007 : 109).

### *L'ergonomie des dispositifs de RA et RV*

Qu'il s'agisse de visiocasques, de lunettes ou d'appareils mobiles, leurs écrans émettent beaucoup de lumière bleue, or cette dernière est responsable d'une perturbation de l'horloge interne, d'autant plus dans le cas de dispositifs où l'écran se trouve à quelques centimètres des yeux. Il a été prouvé que les changements rapides de lumière de ces dispositifs peuvent provoquer des crises d'épilepsie chez les personnes qui y sont sujettes (ANSES, 2021 : 10).

Des inconforts divers sont liés au design des dispositifs : leur poids, si celui-ci est mal réparti il peut conduire à des déséquilibres notamment vers l'avant (Anastassova, 2007 : 109), les caractéristiques des zones de contact (la pression exercée sur la tête de l'utilisateur ou encore les matériaux utilisés), aussi l'existence de câbles ou la possibilité d'ajuster à l'anatomie de l'utilisateur (ANSES, 2021 : 103).

Le rapport de l'ANSES recommande, afin de limiter les effets négatifs des technologies immersives, d'arrêter l'exposition dès les premiers symptômes d'inconfort, de prévoir un temps de repos avec l'exposition et de ne pas s'exposer à la lumière bleue des écrans dans les 2 heures précédant le coucher. L'utilisation de ces technologies est fortement déconseillée pour les personnes épileptiques (ANSES, 2021 : 15).

### **Problématiques de mise en place**

L'autre faisceau de défis lors de l'utilisation des technologies immersives en classe concerne la mise en place concrète.

#### *Aménagement de la classe et équipement nécessaire*

L'une des contraintes techniques pour l'utilisation des technologies immersives est la nécessité dans bon nombre de cas d'une connexion Wi-Fi. Il semble intéressant de fractionner le groupe classe pour éviter qu'un trop grand nombre de casques soit connectés simultanément au réseau Wi-Fi, celui-ci pouvant rapidement être saturé (Han, 2021 : 6). L'accès au Wi-Fi est également essentiel pour assurer les mises à jour des appareils, sans compter qu'il faut savoir qui est responsable de la maintenance et de l'entretien de ces appareils et définir à quel moment cet entretien est effectué (Jensen, 2018 : 11).

L'organisation de l'espace classe doit être pensée et aménagée en conséquence lors d'activités avec des technologies immersives, d'autant plus lors de l'utilisation de visiocasque. Les élèves ont besoin d'espace pour se déplacer, il faut une configuration particulière avec un grand espace sans table, ni chaises pour permettre aux élèves un confort de mouvement sans risques de se heurter (Han, 2021 : 5). Il peut ainsi être compliqué de trouver l'espace nécessaire pour organiser une situation en RV avec un casque pour un groupe d'élèves dans une salle de classe traditionnelle. Il semble important que l'enseignant prévoie un temps de manipulation et de familiarisation avec le matériel pour les élèves afin de réduire le temps de mise en place (allumer l'appareil...) lors des prochaines sessions et l'effet de nouveauté qui peut nuire aux apprentissages (Han, 2020 : 6).

De façon générale, la gestion des appareils nécessite de l'enseignant une planification claire et un suivi des élèves utilisant les appareils qui peut être compliqué dans la pratique. L'une des solutions proposées pour faciliter la gestion pratique de la RV dans la classe est l'utilisation de casques dans lequel l'élève place son smartphone, cela repose sur le dispositif « bring-your-own-device » (BYOD) qui signifie « apporte ton propre appareil ». Néanmoins d'autres défis apparaissent : réduction de l'immersion, perte de fonctionnalités comme la manipulation d'objets en RV ou encore problématique d'égalité entre les élèves qui n'ont pas tous un appareil capable de supporter la RV (Jensen, 2018 : 11).

#### *Processus de création de contenu*

Le recours aux environnements virtuels de synthèse exclu grandement que l'enseignant ait pu le concevoir, car le processus de création est long et demande des compétences spécifiques et techniques. Les compétences numériques requises pour concevoir une activité en RV ou en RA nécessitent beaucoup d'efforts et de temps de la part de l'enseignant (Lui, 2020 : 12-13). L'autre alternative peut alors être de recourir à des environnements virtuels créés par des tiers, ces contenus sont alors proposés à titre commercial, il est donc difficile de s'en procurer à faible coût. Néanmoins la problématique réelle dans ce cas c'est inflexibilité du contenu, l'enseignant ne peut pas modifier le contenu et le déroulement puisque ceux-ci sont fixes, ne permettant pas d'adaptations aux élèves et aux objectifs (Wu, 2013 : 46). La liberté et l'expertise de

l'enseignant se trouvent alors limitées par le cadre fixé par les développeurs de l'application.

Aussi, les coûts élevés ne favorisent pas la diffusion des contenus en RA ou RV (Wang, 2018 : 3). Concernant la RA, les mêmes problématiques concernant la création des contenus se posent avec un visiocasque ou une application mobile, puisque dans les deux cas il s'agit d'objets créés par images de synthèse. La RV se présente sous le même format, mais il est également possible d'utiliser des contenus vidéos filmés à 360°. Les caméras à 360° étant relativement abordables et faciles à prendre en main, le potentiel d'adoption en classe de la RV est meilleur dans le cadre de l'utilisation des casques pour la visualisation de contenus 360° plus qu'avec des images de synthèse (Jensen et Konradsen, 2018 : 11). L'expérience RV peut alors être conçue comme une base menant à des activités complémentaires (discussions orales, analyses écrites, travaux de groupe) (Jensen et Konradsen, 2018 : 11).

La création d'équipes pluridisciplinaires entre enseignants et concepteurs de RV/RA est une des conditions nécessaires pour avoir des contenus optimisant les apprentissages (Wang, 2018 : 10).





## Conclusion

L'analyse de la littérature scientifique révèle des opportunités intéressantes d'utilisation des technologies immersives pour favoriser les apprentissages des élèves. Les atouts pédagogiques de la RV et de la RA sont l'augmentation de la motivation des élèves, l'environnement virtuel (EV) qui démythifie l'erreur de son statut négatif et lui donne un rôle constructif ou encore le potentiel de visualisation de concepts, d'objets complexes ou inaccessibles. Comme mentionné dans la recherche, un autre point essentiel avec les technologies immersives c'est l'opportunité de collecter des données sur les élèves qui permettent l'individualisation du parcours d'apprentissage. Les compétences acquises par les élèves en RV ou en RA sont plus facilement transférables au réel grâce à la proximité entre l'EV et le réel et au statut de l'apprenant qui est acteur de ses apprentissages en RV ou en RA. Les technologies immersives apparaissent alors comme un outil dont l'enseignant peut se saisir pour faire varier les modalités d'apprentissage et dont la plus-value réside dans la capacité offerte à l'élève de voir, interagir et manipuler des objets qui sont d'ordinaire inaccessibles en classe.

Les dispositifs permettant d'exploiter la RA et la RV sont nombreux (RV de bureau, RA par projection, visiocasque, lunettes de RA, applications sur mobile ou tablette...) mais l'une des premières limitations pour l'utilisation en classe, reste le coût élevé de beaucoup de ses dispositifs, seule l'utilisation du matériel déjà existant dans les classes (smartphones, tablettes, ordinateurs) semble objectivement possible à l'heure actuelle. D'autres défis se posent dans la mise en pratique, notamment l'aménagement de la classe, la connexion à un réseau Wi-Fi haut débit permettant l'accès à des contenus sur plusieurs appareils simultanément, également les problématiques de maintenance, de réparabilité et d'accès à l'installation des nouveaux programmes ou applications. Sans compter que les dispositifs immersifs doivent suivre des règles strictes pour protéger la santé des utilisateurs et éviter les risques de cybercinétose. Cependant, la limitation majeure pour l'utilisation de la RA et de la RV est liée au processus de création des contenus. Ces derniers sont produits par des tiers et ne sont donc ni ajustables aux objectifs de l'enseignant, ni adaptables aux profils des élèves. Cette impossibilité de

modifier les expériences de RA et RV par l'enseignant lui-même crée un cadre figé qui annihile une partie des avantages décrits plus haut. Ainsi, tant que les solutions technologiques seront créées hors des salles des classes et que l'enseignant n'a pas accès au scénario d'apprentissage des élèves, les technologies immersives comme la RA et la RV resteront des outils très minoritaires en classe car leur valeur ajoutée ne justifie pas un tel investissement.

Il semble ainsi nécessaire pour approfondir cette recherche de questionner les savoirs techno-pédagogiques à maîtriser par l'enseignant et d'identifier des structures et des partenaires pouvant être des référents au bon emploi des technologies immersives en classe. Une fois les défis de conception et de mise en place résolus, une dimension qui n'a pas été développée dans cette recherche nécessite une attention particulière, il s'agit des méthodes collaboratives en RV et RA, les dispositifs tels que les visiocasques peuvent être connectés entre eux et permettre aux élèves utilisant un visiocasque de collaborer dans l'environnement virtuel.

## Bibliographie

- Alhalabi, W. S. (2016). *Virtual reality systems enhance students' achievements in engineering education*. 8.
- Alvarez, J. (2007). *DU JEU VIDÉO AU SERIOUS GAME* [Theses, Université Toulouse].
- Alves Fernandes, L. M., Cruz Matos, G., Azevedo, D., Rodrigues Nunes, R., Paredes, H., Morgado, L., Barbosa, L. F., Martins, P., Fonseca, B., Cristóvão, P., de Carvalho, F., & Cardoso, B. (2016). Exploring educational immersive videogames: An empirical study with a 3D multimodal interaction prototype. *Behaviour & Information Technology*, 35(11), 907-918.
- Anastassova, M., Burkhardt, J.-M., Mégard, C., & Ehanno, P. (2007). L'ergonomie de la réalité augmentée pour l'apprentissage : Une revue. *Le travail humain*, 70(2), 97.
- Angel-Urdinola, D. F., Castillo-Castro, C., & Hoyos, A. (2021). *Meta-Analysis Assessing the Effects of Virtual Reality Training on Student Learning and Skills Development*. The World Bank.
- ANSES. (2021). *Effets sanitaires liés à une exposition aux technologies de réalité virtuelle et/ou augmentée* (Rapport d'expertise collective Saisine n° « 2017-SA-0076 »; p. 314). Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. <https://www.anses.fr/fr/system/files/AP2017SA0076Ra.pdf>
- Arnaldi, B., Guitton, P., & Moreau, G. (2018). *Réalité virtuelle et réalité augmentée : Mythes et réalités*. ISTE Group.
- Azuma, R. T., & Malibu, I. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence*, No. 4, 355-385.
- Bachy, S. (2014). Un modèle-outil pour représenter le savoir technopédagogique disciplinaire des enseignants. *Revue internationale de pédagogie de l'enseignement supérieur*, 30(2), Article 2.
- Bara, F., & Tricot, A. (2017). Le rôle du corps dans les apprentissages symboliques : Apports des théories de la cognition incarnée et de la charge cognitive. *Recherches sur la philosophie et le langage*, 33, 219-249.
- Barcenilla, J. & Bastien, J. (2009). L'acceptabilité des nouvelles technologies : quelles relations avec l'ergonomie, l'utilisabilité et l'expérience utilisateur ?. *Le travail humain*, 72, 311-331.
- Bardy, B. (2017). *La cybercinétose, ou le mal des casques de réalité virtuelle*. The Conversation.
- Bell, J. T., & Fogler, H. S. (1995). *The Investigation and Application of Virtual Reality as an Educational Tool*. 11.

- Borglund, F., Young, M., Eriksson, J., & Rasmussen, A. (2021). Feedback from HTC Vive Sensors Results in Transient Performance Enhancements on a Juggling Task in Virtual Reality. *Sensors*, 21(9), 2966.
- Bozec, Y. (2017). *L'APPRENTISSAGE À TRAVERS LA RÉALITÉ VIRTUELLE*. 97.
- Broll, W., Lindt, I., Herbst, I., Ohlenburg, J., Braun, A.-K., & Wetzell, R. (2008). Toward Next-Gen Mobile AR Games. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 28(4), 40-48. <https://doi.org/10.1109/MCG.2008.85>
- Burkhardt, J.-M. (2003). Some relationships between virtual reality and ergonomics. *Le travail humain*, 66(1), 65-91.
- Casarin, J., Bechmann, D., & Keller, M. (2017). *Un Modèle Unifié de l'Interaction en Environnement 3D*. 8.
- Chen, P., Liu, X., Cheng, W., & Huang, R. (2017). A review of using Augmented Reality in Education from 2011 to 2016. In E. Popescu, Kinshuk, M. K. Khribi, R. Huang, M. Jemni, N.-S. Chen, & D. G. Sampson (Éds.), *Innovations in Smart Learning* (p. 13-18). Springer Singapore.
- Ciekanski, M. (2020). *Pratiques immersives à l'ère du numérique : Enjeux et perspectives pour l'apprentissage des langues*.
- Ciekanski, M., & Privas-Bréauté, V. (2019). *La réalité virtuelle 3D en soutien des apprentissages de langues : Le rôle du contexte de communication dans les environnements immersifs*. 11.
- Coiffet, P., & Burdea, G. C. (2017). *Virtual Reality Technology*. John Wiley & Sons.
- Dubovi, I., Levy, S. T., & Dagan, E. (2017). Now I know how! The learning process of medication administration among nursing students with non-immersive desktop virtual reality simulation. *Computers & Education*, 113, 16-27.
- Freina, L., Ott, M. (2014). A Literature Review on Immersive Virtual Reality in Education: State Of The Art and Perspectives.
- De Freitas, S., Rebolledo-Mendez, G., Liarakapis, F., Magoulas, G., & Poulouvassilis, A. (2010). Learning as immersive experiences : Using the four-dimensional framework for designing and evaluating immersive learning experiences in a virtual world: Learning as immersive experiences. *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 69-85.
- Fiévez, A. (2017). *L'intégration des TIC en contexte éducatif : Modèles, réalités et enjeux*. PUQ.
- Fuchs, P., Moreau, G., Berthoz, A., & Vercher, J.-L. (2006). *Le traité de la réalité virtuelle—Volume 1 : L'homme et l'environnement virtuel* (Presses des mines, Vol. 1).
- Han, I. (2020). Immersive virtual field trips in education : A mixed-methods study on elementary students' presence and perceived learning. *British Journal of Educational Technology*, 51(2), 420-435.
- Han, I. (2021). Immersive virtual field trips and elementary students' perceptions. *British Journal of Educational Technology*, 52(1), 179-195.

- Janssen, D., Tummel, C., Richert, A., & Isenhardt, I. (2016). Virtual Environments in Higher Education – Immersion as a Key Construct for Learning 4.0. *International Journal of Advanced Corporate Learning (IJAC)*, 9(2), 20.
- Jensen, L., & Konradsen, F. (2018). A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. *Education and Information Technologies*, 23(4), 1515-1529.
- Kesim, M., & Ozarslan, Y. (2012). Augmented Reality in Education : Current Technologies and the Potential for Education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 47, 297-302.
- Kishino, F. (1994). *A TAXONOMY OF MIXED REALITY VISUAL DISPLAYS*. 16.
- Liu, R., Wang, L., Lei, J., Wang, Q., & Ren, Y. (2020). Effects of an immersive virtual reality-based classroom on students' learning performance in science lessons. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 2034-2049.
- Madden, J., Pandita, S., Schuldt, J. P., Kim, B., S. Won, A., & Holmes, N. G. (2020). Ready student one : Exploring the predictors of student learning in virtual reality. *PLOS ONE*, 15(3).
- Makransky, G., & Lilleholt, L. (2018). A structural equation modeling investigation of the emotional value of immersive virtual reality in education. *Educational Technology Research and Development*, 66(5), 1141-1164.
- Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education : A meta-analysis. *Computers & Education*, 70, 29-40.
- Mestre, D. (2004). *Chapitre 9. Activités sensori-motrices : Apports de la réalité virtuelle à la psychologie ergonomique*. Presses Universitaires de France.
- Moreau, G., Coquillart, S., & Burkhardt, J.-M. (2006). *Le traité de la réalité virtuelle* (Vol. 2). Presses des MINES.
- Moreau, G., & Normand, J.-M. (2018). *Voir l'invisible : De la vision par ordinateur aux réalités augmentée et Virtuelle*. 30, 22.
- Neumann, U., & Majoros, A. (1998). Cognitive, performance, and systems issues for augmented reality applications in manufacturing and maintenance. *Proceedings. IEEE 1998 Virtual Reality Annual International Symposium (Cat. No.98CB36180)*, 4-11.
- Ouramdane, N., Otmane, S., & Mallem, M. (2009). Interaction 3D en Réalité Virtuelle—Etat de l'art. *Revue des Sciences et Technologies de l'Information - Série TSI: Technique et Science Informatiques*, 28(8), 1017-1049.
- Queiroz, A. C. M., Nascimento, A. M., Tori, R., & da Silva Leme, M. I. (2018). Using HMD-Based Immersive Virtual Environments in Primary/K-12 Education. In D. Beck, C. Allison, L. Morgado, J. Pirker, A. Peña-Rios, T. Ogle, J. Richter, & C. Gütl (Éds.), *Immersive Learning Research Network* (Vol. 840, p. 160-173). Springer International Publishing.
- Reiners, T., Wood, L. C., & Gregory, S. (2014). *Experimental study on consumer-technology supported authentic immersion in virtual environments for education and vocational training*. 11.

- Skarbez, R., Smith, M., & Whitton, M. C. (2021). Revisiting Milgram and Kishino's Reality-Virtuality Continuum. *Frontiers in Virtual Reality*, 2, 647997.
- Sun, J., Li, H., Liu, Z., Cai, S., & Li, X. (2017). *An Empirical Case on Integration of Immersive Virtual Environment into Primary School Science Class*. 10.
- Tricot, A. (1998). *Charge cognitive et apprentissage. Une présentation des travaux de John Sweller*. 29.
- Tricot, A., & Chesné, J.-F. (2020). *Numérique et apprentissages scolaires : Rapport de synthèse*. Cnesco.
- Vacaflor, N., & Lima, F. (2020). L'usage de la réalité virtuelle au service du changement du comportement humain : Entretien avec Géraldine Fauville et Anna Carolina Muller Queiroz, Virtual Human Interaction Lab, Stanford University, Californie, USA. *Communication et organisation*, 58, 121-126.
- Wang, M., Callaghan, V., Bernhardt, J., White, K., & Peña-Rios, A. (2018). Augmented reality in education and training : Pedagogical approaches and illustrative case studies. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 9(5), 1391-1402.
- Weber, M.-L., Rodhain, F., & Fallery, B. (2019). Usage de la réalité virtuelle et développement individuel des enseignants-chercheurs. Une approche par la didactique professionnelle. *Management & Avenir*, N°112(6), 37.
- Witmer, B. G., & Singer, M. J. (1998). Measuring Presence in Virtual Environments : A Presence Questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7(3), 225-240.
- Wu, B., Yu, X., & Gu, X. (2020). Effectiveness of immersive virtual reality using head-mounted displays on learning performance : A meta-analysis. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 1991-2005.
- Wu, H.-K., Lee, S. W.-Y., Chang, H.-Y., & Liang, J.-C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, 62, 41-49.
- Zhang, W., & Wang, Z. (2021). Theory and Practice of VR/AR in K-12 Science Education—A Systematic Review. *Sustainability*, 13(22), 12646.

## Table des illustrations

Figure 1 Classification des dispositifs permettant de faire l'expérience de la réalité virtuelle en fonction de leur degré d'immersivité (d'après Makransky et Lilleholt, 2018)	9
Figure 2 Exemple d'un dispositif CAVE .....	9
Figure 3 Exemple d'un dispositif RV de bureau .....	9
Figure 4 Exemple de casque de réalité virtuelle autonome .....	10
Figure 5 Casque de réalité virtuelle Google Cardboard.....	10
Figure 6 Récapitulatif des dispositifs permettant de faire l'expérience de la réalité augmentée.....	14
Figure 7 Exemple de projection en RA .....	14
Figure 8 Lunettes de RA ThinkReality A3.....	14
Figure 9 Exemple de RA avec tablette .....	14
Figure 10 Spectre de la virtualité (d'après Milgram & Kishino) .....	17
Figure 11 Comparaison du modèle d'apprentissage traditionnel avec les technologies immersives selon le modèle de Felder-Silverman (Bell, 1995 : 3).....	22



# **Annexes**

**Annexe I : Extrait du dossier « le numérique au service de l'Ecole de la confiance » .....41**

## Annexe I : Extrait du dossier « le numérique au service de l'École de la confiance »

Disponible sur le site : <https://www.education.gouv.fr/le-numerique-au-service-de-l-ecole-de-la-confiance-308365#edugouv-summary-item-3> (Consulté le 10 juin 2022).

« Le numérique peut offrir des outils et méthodes pour répondre à la question "Qu'est-ce qu'enseigner au XXI<sup>e</sup> siècle ?", libérant progressivement les professeurs d'un certain nombre de tâches apparaissant secondaires au regard des enjeux pédagogiques actuels. Cette question interroge également la forme scolaire dans toutes ses composantes notamment l'architecture scolaire. C'est dans cet esprit que le ministère, en s'appuyant sur les innovations technologiques (intelligence artificielle, objets connectés, simulations immersives, blockchain, etc.) accompagnera le développement de solutions numériques qui aideront les professeurs dans leur quotidien (entraînement, remédiation, auto-positionnement, activités d'évaluation, etc.) dans un environnement renouvelé pour favoriser l'équité territoriale et les enjeux de l'école inclusive. [...]

Le déploiement progressif des **objets connectés** dans tous les domaines de la vie sociale incite à mettre ces différents produits interactifs et communicants au service des apprentissages. Demain, les écrans ne seront très probablement plus l'interface dominante entre les individus et les machines. Qu'il s'agisse de suivre ses progressions (avec des bracelets dédiés à l'éducation physique et sportive), de récupérer des données sur des capteurs de toute nature (lunettes, drones, objets domotiques, etc.) ou encore d'apprendre à programmer (des robots par exemple), les objets connectés vont enrichir et renouveler considérablement les modalités d'apprentissage.

**Les simulations immersives** (réalité augmentée, réalité virtuelle) permettant aux élèves d'entrer dans des expériences à partir de situations authentiques constituent une autre perspective structurante en matière de pédagogie. Ce champ apparaît en effet particulièrement prometteur pour parvenir à un apprentissage par compétences, notamment dans les voies professionnelles et technologiques. En lien avec le **Lab110bis** et plusieurs partenaires dont l'**INS HEA** (l'Institut national supérieur de formation et de recherche pour l'éducation des jeunes handicapés et les enseignements adaptés), le ministère teste actuellement sur plusieurs territoires la pertinence de la réalité virtuelle immersive. Il s'agit de mettre les enseignants dans le rôle d'un élève

porteur de dyslexie pour créer de l'empathie et conduire les enseignants vers les formations existantes.

Les robots, objets connectés et simulation immersives donnent lieu à de nombreuses expérimentations en cours dans les territoires via les **projets e-Fran** financés par le Programme d'Investissement d'Avenir (les résultats et réalisations des 22 projets seront présentés au cours d'un colloque scientifique fin 2019) ou via des initiatives spécifiques. Les possibilités offertes par la **technologie blockchain** génèrent également de nouvelles opportunités pour l'éducation nationale, s'agissant notamment de la dématérialisation des diplômes, de la certification des compétences et de la valorisation de ressources libres et ouvertes créées par les professeurs. »

Laurène PEROT

## **La réalité virtuelle et augmentée dans l'enseignement**

Résumé :

Les technologies immersives comme la réalité virtuelle et la réalité augmentée sont parfois présentées comme le futur de l'éducation. L'analyse de la littérature scientifique sur les apports des technologies immersives pour l'apprentissage des élèves permettra d'exposer les avantages qui ont été prouvés par la recherche. Les défis posés par l'intégration de ces technologies à une classe primaire viendront nuancer les atouts et questionner la possibilité de l'utilisation en classe. L'objectif est de déterminer dans quelles mesures les technologies immersives peuvent participer à l'amélioration des apprentissages.

Mots clés : réalité virtuelle, réalité augmentée, apprentissage

## **Virtual and augmented reality in education**

Abstract :

Immersive technologies such as virtual reality and augmented reality are sometimes presented as the future of education. A review of the scientific literature on the contribution of immersive technologies to student learning will expose the benefits that have been proven by research. The challenges posed by the integration of these technologies in the primary education will be discussed to nuance the advantages and question the possibility of using them in the classroom. The goal is to determine the extent to which immersive technologies can be used to enhance learning.

Keywords : virtual reality, augmented reality, learning