

---

## Introduction et enjeux

---

### 1. INTRODUCTION

La réalité virtuelle oscille, dans l'esprit du grand public, entre fantasme et technologie, entre rêve et réalité. Qui n'a pas été étonné par les réalisations littéraires et cinématographiques de la science-fiction, exploitant certains aspects techniques censés être propres à la réalité virtuelle ? Si celle-ci a fourni des idées de scénarii à bien des auteurs, elle n'est pas née spontanément dans la tête des ingénieurs ! Comme toute nouvelle technique, elle a eu des antécédents qui ne s'appelaient pas «réalité virtuelle» : principalement, les simulateurs de transport, qui ont permis à des professionnels d'interagir avec un environnement partiellement virtuel<sup>1</sup>, depuis cinquante ans environ. On faisait de la réalité virtuelle sans le savoir, comme M. Jourdain faisait de la prose...

Après un quart de siècle de recherches, la réalité virtuelle est déjà exploitée depuis dix à quinze ans quotidiennement dans des applications professionnelles (marché B to B<sup>2</sup>), même si beaucoup de personnes l'ignorent. Elle est maintenant en train de se démocratiser auprès de tout public grâce à la baisse des prix des matériels. Mais pourquoi maintenant, quand on sait que depuis vingt ans des entreprises de jeux vidéo (Nintendo, Sega,...) voulaient déjà exploiter la réalité virtuelle ? À cette époque, ils ont fabriqué et vendu des gants<sup>3</sup> de données et des visiocasques<sup>4</sup>, mais sans succès commercial, les petits écrans de l'époque n'ayant pas une densité de pixels suffisante. Il y a eu bien des échecs, comme la console de jeux Virtual Boy de Nintendo, accompagnée d'un « visiocasque stéréoscopique »<sup>5</sup>, très peu vendu et abandonnée en 1996. À cette époque, avant les fêtes de fin d'année, il y eu plusieurs annonces de visiocasques pour les jeux vidéo, qui prêtaient à sourire compte tenu des faibles caractéristiques de ces dispositifs. Un peu gênés par la très faible définition des écrans, les constructeurs communiquaient sur un nombre de pixels multiplié par trois (pour les 3 couleurs RVB). Il faut bien analyser que c'est grâce au marché actuel des smartphones, générant des écrans d'assez haute

---

1 Les cabines de pilotage de l'avion, du train ou du véhicule sont réelles, seuls les environnements extérieurs sont virtuels.

2 B to B : business to business, c'est-à-dire activités commerciales entre deux entreprises, différent de B to C : business to consumer, c'est-à-dire activités commerciales entre une entreprise et un particulier.

3 Les gants de données, dont le célèbre Powerglove de Nintendo, permettent de capter les mouvements des doigts pour agir dans l'environnement virtuel.

4 Le terme « visiocasque » a été la première traduction française du terme anglais *Head Mounted Display* (HMD) début 1990, que nous avons repris dans les livres du domaine dont le « Traité de la Réalité Virtuelle ».

5 Stéréoscopique : les deux images pour les deux yeux sont différentes.

densité de pixels, que des entreprises, telles qu'Oculus et HTC associée à Valve, peuvent maintenant proposer des visiocasques avec une résolution partiellement satisfaisante et à prix relativement abordable (marché B to C). Sans l'immense marché mondial des smartphones, celui de la réalité virtuelle était et est encore très limité, n'étant pas suffisamment porteur économiquement pour investir de lui-même dans de nouvelles technologies. À noter qu'au niveau de la puissance informatique nécessaire, c'est le domaine des jeux vidéo qui a permis de fournir les ordinateurs adéquats pour les premières applications professionnelles des années 1990, après avoir abandonné les coûteuses stations de travail de Silicon Graphics<sup>6</sup>. Les développements des marchés économiques de la réalité virtuelle, de la réalité augmentée et de la réalité mixte ne sont pas aussi aisés et sûrs que les prévisions, souvent exagérées, laissent supposer. Pour s'en convaincre, il suffit de retrouver dans un moteur de recherche les annonces faites en 2014, par exemple : que de naïves exagérations ! Ce livre, sans faire une étude économique approfondie, a donc pour principal objectif de donner les connaissances suffisantes à tout lecteur pour analyser les usages présents et futurs qui répondront à de véritables besoins et qui seront économiquement viables. C'est un grand défi anthropo-technico-économique.

La communauté française, regroupée au sein de « l'Association Française de Réalité Virtuelle, augmentée et mixte », (AFRV)<sup>7</sup>, composée de chercheurs et d'entrepreneurs, a participé activement à cette réflexion, en parallèle aux premiers développements d'applications pour l'industrie, la santé, la formation, etc. Cependant la réalité virtuelle n'est pas réservée qu'aux applications professionnelles et possède de fortes potentialités dans les activités ludiques, culturelles et de la vie quotidienne. Quel sera son impact dans l'industrie du jeu vidéo et des activités ludiques connexes ? Des applications en direction des réseaux sociaux sont-elles vraiment envisageables pour des échanges avec plus d'empathie entre internautes ? Les entreprises multinationales du Web, les GAFAs et autres, ont investi des centaines de millions de dollars mais ces sommes ne sont pas une garantie de succès. Le contre-exemple des Google glasses est là pour nous le rappeler. Plus sûrement, des applications spécifiques verront leurs usages se développer.

Les chercheurs et les industriels en réalité virtuelle savent que leur domaine fait appel aux mêmes concepts et aux mêmes technologies de base, matérielles et logicielles, que celles des jeux vidéo. Les exemples sont nombreux, comme les logiciels de réalité virtuelle : Virtools et Unity qui ont été principalement développés pour les jeux vidéo et ont été (pour Virtools) ou sont encore (pour Unity) utilisés pour les applications professionnelles. En ce qui concerne le matériel, la Kinect, commercialisée par Microsoft, est une interface destinée à la console Xbox 360, permettant de contrôler des jeux vidéo mais est largement exploitée dans d'autres domaines. Bien sûr, l'évolution de ces technologies est réalisée par les entreprises des jeux vidéo qui peuvent se permettre d'investir des sommes gigantesques dans le développement de technologies innovantes.

---

6 Silicon Graphics fut dans les années 1990 l'entreprise mondiale leader des stations de travail générant des images de synthèse en temps réel, exploitées en RV. Cette entreprise périclita ensuite, en ne prenant pas assez vite le tournant des cartes graphiques sur PC.

7 [www.af-rv.fr](http://www.af-rv.fr)

Il est aisé de comprendre que les enjeux sont de grande taille en terme économique, sans besoin de rappeler l'engouement suscité par l'achat d'Oculus par Facebook.

La réalité virtuelle implique par essence de nombreuses sciences :

- l'informatique permet la création d'environnements virtuels, maitrisables et modifiables en temps réel ;
- la mécanique, l'optique, l'électronique et l'acoustique sont exploitées dans la réalisation des interfaces matérielles et pour les modélisations numériques des phénomènes physiques ;
- les sciences humaines et du vivant car l'utilisateur est placé au cœur de l'application, ce qui implique une forte synergie avec de nombreuses disciplines : les neurosciences, la physiologie, la psychologie cognitive, l'ergonomie, etc.

À ce titre, la réalité virtuelle occupe, par le couplage des sciences humaines et des sciences de l'ingénieur, une position particulière dans le schéma scientifique habituel. Cette position représente un avantage par l'interdisciplinarité intrinsèque du domaine qui est en même temps une difficulté à surmonter pour la formation des acteurs du domaine. Il serait réducteur de considérer la réalité virtuelle comme une simple branche de l'informatique car, comme nous allons le préciser, il ne s'agit plus fondamentalement de *traiter de l'information* mais de percevoir et *d'agir* dans un environnement artificiel<sup>8</sup>. Si les ordinateurs permettent effectivement de programmer et de simuler des mondes virtuels, l'interaction de l'homme avec ceux-ci n'est possible qu'au travers de logiciels et de dispositifs techniques compatibles avec les processus cognitifs, perceptifs et sociaux humains. Si la réalité virtuelle s'appuie aujourd'hui sur l'informatique pour son essor, notre opinion est que le domaine de la réalité virtuelle est maintenant un secteur de recherches et d'activités indépendant de l'informatique.

## 2. FINALITÉ ET DÉFINITIONS DES RÉALITÉS VIRTUELLE, AUGMENTÉE OU MIXTE

### 2.1. Finalité de la réalité virtuelle

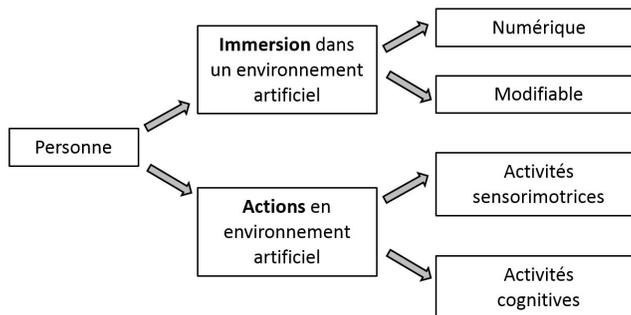
Définir la réalité virtuelle est une tâche indispensable. On trouve encore dans la littérature et dans les médias des définitions qui mélangent malencontreusement la finalité de la réalité virtuelle, ses fonctions, ses applications et les techniques sur lesquelles elle repose, tel que le visiocasque. Il faut rejeter ces approches, à la fois parce qu'elles sont trop centrées sur une technologie particulière et, à la fois, parce qu'elles sont trop fortement restrictive quant aux enjeux scientifiques et commerciaux. Nous proposons des définitions à plusieurs niveaux pour clarifier le domaine de la réalité virtuelle.

Il faut prendre du recul par rapport à tous les domaines d'activités qui revendiquent d'exploiter la réalité virtuelle. Après réflexion faite au début des années 90,

---

<sup>8</sup> Artificiel dans le sens « créé par l'homme ».

indépendamment des technologies exploitées, il est apparu que dans tous les domaines la finalité de la réalité virtuelle est de permettre à un usager d’agir physiquement dans un environnement artificiel, ce dernier étant créé numériquement pour être modifiable. Pour y agir physiquement, il faut déjà que l’usager y soit **immersé**, ce qui se fait via certains de ses sens. Et son activité physique se réalise par ses actions motrices (musculaires). Donc, en termes plus précis, plus scientifiques, nous parlerons **d’activités sensorimotrices**, au lieu d’activités physiques. Evidemment, si concrètement, techniquement, il s’agit de proposer une activité sensorimotrice à une personne, il en découle aussi des **activités cognitives** (mentales) qui peuvent être le but recherché de l’application, les activités sensorimotrices n’étant alors qu’un moyen (Figure 1.1).



**Figure 1.1** : Les notions essentielles de la réalité virtuelle

Concernant l’environnement, artificiel au niveau sensorimoteur, celui-ci peut être totalement virtuel ou, dans les cas de la réalité augmentée et de la réalité mixte, partiellement virtuel. Depuis quelles années, la création de l’environnement artificiel peut se réaliser autrement que par images de synthèse. C’est une évolution importante : jusqu’en 2010 environ, le monde artificiel était presque exclusivement créé par des images de synthèse dans les applications de réalité virtuelle. La question d’une autre possibilité ne se posait même pas. Mais celle-ci vient d’apparaître, via un autre secteur d’activités qui revendique d’exploiter aussi la réalité virtuelle et les réalités augmentée et mixte, initiée par les professionnels du cinéma et de l’audiovisuel. En France, ils sont regroupés dans l’association UNI-XR<sup>9</sup>. Le passage technologique au numérique du cinéma a permis complémentaiement l’exploitation de caméras 360<sup>o10</sup>, en traitant leurs images numériquement par « stitching » (couture ; assemblage adéquat des images) pour les visualiser dans un visiocasque. Sans la numérisation du cinéma, il n’y aurait pas eu de caméra 360<sup>o</sup> et d’engouement des professionnels du cinéma pour la réalité virtuelle. Ceux-ci peuvent maintenant exploiter les visiocasques pour immerger tout spectateur dans un monde qui est créé *à partir d’images issues de caméra 360<sup>o</sup> filmant le monde réel*. Ils parlent de « film en réalité virtuelle »<sup>11</sup>, expression bien

9 [www.uni-xr.com](http://www.uni-xr.com).

10 Une caméra 360 est un ensemble de caméras, de 3 à plus d’une dizaine, filmant une scène réelle dans toutes les directions de l’espace environnant.

11 Le livre de François Klein « réaliser son premier film en réalité virtuelle », éditeur Editions Génération numérique, présente spécifiquement ce domaine, ouvrage intéressant à consulter.

surprenante pour les spécialistes RV, voire choquante pour certains. L'environnement, dans lequel on immerge l'utilisateur, est toujours artificiel, même s'il est issu d'une copie visuelle et sonore d'un monde réel. Nous en reparlerons en faisant le point sur les problématiques communes et spécifiques.

Le terme «réalité virtuelle» est employé depuis vingt-cinq ans en France<sup>12</sup>. Ce terme est discutable et a été discuté par bien des auteurs. Cet oxymoron vient de l'expression anglaise *virtual reality*, introduite aux États-Unis dans les années 80 par Jaron Lanier. Cette appellation étant maintenant courante, il est vain de vouloir la modifier. Cependant, comme le rappelait Jean-Paul Papin<sup>13</sup>, en anglais, *virtual* signifie «de fait», «pratiquement». La traduction française ne rend donc pas compte de cette signification. Il aurait fallu parler de tenant lieu de réalité ou de réalité vicariante ou mieux encore d'environnement vicariant. Le mot vicariant est utilisé en psychologie et en physiologie, où il désigne respectivement un processus, une fonction ou un organe qui se supplée à un autre. Par ailleurs, la traduction officielle, très peu connue en France, est «réalité de synthèse», voir le site de «France Terme», consacré aux termes publiés au Journal officiel de la République française par la Commission d'enrichissement de la langue française. Il est mentionné néanmoins que l'expression «réalité virtuelle» est d'un usage courant. Cette traduction n'ayant été proposée qu'en 2007 au journal officiel, elle n'a jamais été utilisée. Une expression plus neutre aurait pu être employée d'après nous : «réalité artificielle». L'adjectif «virtuel», ayant une signification philosophique différente que celle véhiculée dans l'expression «réalité virtuelle», a créé la confusion auprès de certains philosophes qui n'ont pas analysé spécifiquement ce domaine scientifique. Un autre étonnement est de voir certains préférer maintenant l'usage de l'abréviation VR au lieu de RV depuis quelques années, dans le but de faire plus innovant... Il est surtout plus important de noter que la RV n'est pas fondamentalement un nième moyen de «communication» mais un nouveau concept dans les univers numériques : proposer une activité physique, c'est-à-dire sensorimotrice, dans un environnement artificiel.

Depuis des millénaires, l'homme a voulu créer des mondes artificiels, qu'ils soient imaginaires ou réalistes : par la parole des conteurs, par les écrits des auteurs avec l'invention du livre et par les réalisations artistiques exploitant principalement deux sens humains, la vision et l'ouïe (théâtre, peinture, photographie, cinéma, etc.). Avec la révolution numérique, l'être humain peut maintenant agir en exploitant plusieurs de ses sens dans des environnements artificiels contrôlables et modifiables. La finalité de la réalité virtuelle, que partagent depuis longtemps<sup>14</sup> tous les acteurs travaillant dans ce domaine, est en conséquence [Fuchs P., 1996] :

*La finalité de la réalité virtuelle est de permettre à une personne, ou à plusieurs, des activités sensorimotrices et cognitives dans un environnement artificiel, créé numériquement, qui peut être imaginaire, symbolique ou une simulation de certains aspects du monde réel.*

---

12 Le premier livre en français : traduction en 1993 du livre de Howard Rheingold «La réalité virtuelle : Quand l'illusion a toutes les apparences de la réalité».

13 Jean-Paul Papin fut un des trois auteurs de la première édition du «Traité de la réalité virtuelle», 2001.

14 La finalité a été précisée dans les trois éditions du «Traité de la réalité virtuelle», de 2001 à 2006, Presses des Mines.

Il y a trois types principaux d'environnement artificiel. Celui-ci peut être :

**Une simulation de certains aspects du monde réel** : ceux-ci sont à déterminer lors de la conception de l'application. Nous verrons que cette phase initiale de conception est fondamentale et doit être analysée explicitement. L'erreur, souvent rencontrée, est celle du concepteur qui recherche le plus grand « degré de réalisme ». Cette approche erronée est entreprise sans se soucier de savoir précisément quels sont les aspects de la réalité que l'application exige. L'idée naïve de vouloir, si possible, le comportement du monde virtuel entièrement identique à celui du monde réel est absurde. Si on veut faire une réalité « virtuelle », c'est bien dans le but de modifier des aspects de la « vraie » réalité : par exemple, évaluer l'ergonomie de la conduite d'une voiture dans un environnement virtuel (Figure 1.2). Une autre idée fautive, qui circule dans certains médias, est de croire naïvement que les techniques permettront un jour d'avoir un monde artificiel exacte copie du monde réel. Nous en reparlerons. Ce n'est donc pas seulement à cause de difficultés techniques que la simulation virtuelle est différente de la réalité. Réciproquement, la réalité virtuelle permet aussi de simuler différemment des phénomènes, la simulation « allant au-delà » du réel. Nous obtenons ainsi une simulation du monde réel, qui est augmentée par des représentations plus adéquates, quoiqu'irréelles, d'objets ou de phénomènes physiques. Par exemple, des objets dont on voit la structure interne ou des observations de phénomènes physiques invisibles (radioactivité, infrarouges, etc.) représentés visuellement.

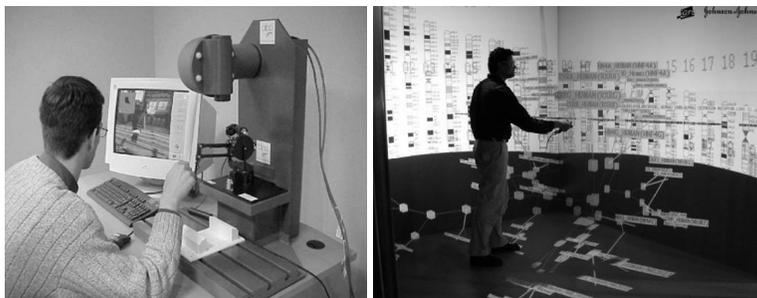


Figure 1.2 : Simulation de certains aspects du monde réel

**Un monde symbolique** : on peut aussi exploiter des représentations symboliques pour améliorer la compréhension du monde simulé. La réalité virtuelle est alors exploitée soit pour représenter un phénomène, (structure de molécules, écoulement de fluides, perception d'efforts dans une machine-outil, ressentis par l'apprenant, Figure 1.3, soit pour ajouter au monde réel simulé des concepts symboliques (informations schématiques, planification d'une tâche, visualisation de structures de données, Figure 1.3). Le monde symbolique permet à l'utilisateur de se faire une meilleure représentation mentale de son environnement.

**Un monde imaginaire** : la virtualité est employée pour créer un monde irréel, sorti de l'imagination de l'artiste ou de l'auteur de science-fiction. Dans ce cas, le monde créé n'a même pas l'obligation que l'utilisateur soit immergé avec un comportement

sensorimoteur réaliste, comme voler dans les airs ou expérimenter un monde ayant une géométrie ou une topologie irréalistes (Figure 1.4). Ces mondes imaginaires ont été exploités en premier par les artistes des « arts numériques interactifs » ou « arts interactifs » dès la fin des années 80 (Chapitre 14). Nous utilisons la première expression dans cet ouvrage.



**Figure 1.3 :** Simulation d'un monde symbolique d'efforts dans une machine-outil, réalisée par Clarté<sup>15</sup>, ou de structures de données, réalisée par le LIMSI<sup>16</sup>

**Un monde imaginaire :** la virtualité est employée pour créer un monde irréel, sorti de l'imagination de l'artiste ou de l'auteur de science-fiction. Dans ce cas, le monde créé n'a même pas l'obligation que l'utilisateur soit immergé avec un comportement sensorimoteur réaliste, comme voler dans les airs ou expérimenter un monde ayant une géométrie ou une topologie irréalistes (Figure 1.4). Ces mondes imaginaires ont été exploités en premier par les artistes des « arts numériques interactifs » ou « arts interactifs » dès la fin des années 80 (Chapitre 14). Nous utilisons la première expression dans cet ouvrage.



**Figure 1.4 :** Monde à géométrie irréaliste de Lab'Surd de l'artiste Judith Guez

Etant donné la finalité de la réalité virtuelle, les jeux vidéo en font partie, même si l'activité sensorimotrice (physique) du joueur est faible jusqu'à présent et va devenir

<sup>15</sup> Clarté, centre de ressources technologiques de Laval, pionnière dans le domaine de la réalité virtuelle.

<sup>16</sup> LIMSI : Laboratoire d'informatique pour la mécanique et les sciences de l'ingénieur de l'Université d'Orsay.

plus importante avec l'introduction des visiocasques et des dispositifs associés. Cette évolution explique pourquoi l'industrie des jeux vidéo vient de s'accaparer l'expression «réalité virtuelle» si porteuse auprès du public. Celui-ci ignore très souvent que depuis un quart de siècle des chercheurs et des entreprises exploitent la réalité virtuelle. L'industrie des jeux vidéo va parler de «jeu vidéo en réalité virtuelle» ou de «jeu vidéo immersif», bien que ce terme ne soit pas très approprié, le joueur étant déjà immergé cognitivement dans tout jeu vidéo. Il faut comprendre l'expression «jeu vidéo immersif» dans le sens d'une immersion visuelle globale et, surtout, d'une immersion corporelle, c'est-à-dire *immersion proprioceptive*, dans l'environnement artificiel. Cette immersion se différencie de l'*immersion extéroceptive* du jeu vidéo classique. Nous expliciterons en détail ces deux notions importantes dans les chapitres suivants.

Parler de réalité virtuelle lorsque l'on propose des vidéos à 360 degrés (en abrégé «vidéo 360°») d'environnement réels filmés, observées avec un visiocasque, est exagéré puisque l'utilisateur reste un spectateur, sans activité sensorimotrice et même s'il ressent une immersion corporelle intense. Certains peuvent penser que le fait de tourner la tête, en portant un visiocasque, est déjà une activité sensorimotrice. Mais au cinéma, vos yeux bougent constamment et inconsciemment pour scruter les images du film : l'utilisateur reste donc un spectateur du monde qui lui est proposé et est traité ainsi par le réalisateur de la vidéo 360°. Nous préciserons cette notion au paragraphe 2.6. On ne pourra guère empêcher les entreprises de ce nouveau secteur d'employer le terme «réalité virtuelle», tellement porteur commercialement. Les récentes évolutions technologiques ont eu aussi une influence sur le nom même du domaine, dont le terme est aujourd'hui fortement restreint par certains. En effet, la réalité virtuelle est souvent réduite à l'utilisation d'un matériel : le visiocasque, appelé également «casque immersif» ou «casque de réalité virtuelle». Cette dernière appellation, trop vite interprétée, insinuerait que l'utilisation d'un tel matériel est *nécessaire et suffisante* pour mettre en œuvre une application de réalité virtuelle. Il n'en est rien et, pour éviter toute confusion, nous lui préférons le terme neutre de visiocasque, car il s'agit intrinsèquement d'un nouveau dispositif d'affichage pour *voir* des images.

## 2.2. Définition technique de la réalité virtuelle

Pour l'être humain, nous parlons d'agir en environnement artificiel, donc d'action. Pour une approche technique, le terme utilisé est interaction et non action, car l'utilisateur va interagir par l'intermédiaire de dispositifs et d'un ordinateur. La culture informatique, particulièrement celle de la communauté des chercheurs en IHM (Interaction Homme Machine) est bien présente et a imposé ce terme qui est plus explicite techniquement bien que pour l'utilisateur il ne fera que des actions dans un monde artificiel. Une définition plus technique de la réalité virtuelle a été proposée pour caractériser le domaine. Deux mots sont donc la clef de voûte de la réalité virtuelle : **l'immersion et l'interaction**. La définition technique de la réalité virtuelle est donc [Arnaldi B., Fuchs P., 2003] :

*La réalité virtuelle est 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 une personne en **immersion pseudo-naturelle**.*

Cette définition introduit une terminologie nécessitant quelques explications permettant de la situer par rapport aux arguments développés dans l'introduction :

Nous exploitons des interfaces matérielles de la réalité virtuelle, que nous appelons « **interfaces comportementales** » car exploitant des comportements humains. Elles sont composées « **d'interfaces sensorielles** », « **d'interfaces motrices** » et « **d'interfaces sensori-motrices** ». Les interfaces sensorielles (visuelles, tactiles, sonores, etc.) informent l'utilisateur par ses sens de l'évolution du monde virtuel. Nécessairement, une interface visuelle est presque toujours exploitée<sup>17</sup> : un visiocasque, un CAVE<sup>18</sup> ou un simple écran, etc. Les interfaces motrices informent l'ordinateur des actions motrices de l'homme sur le monde virtuel (manettes, gants de données, tapis de marche, etc.). Les interfaces sensorimotrices informent dans les deux sens. Par exemple, les interfaces à retour d'effort permettent de manipuler des objets virtuels en ressentant leurs poids ou leurs inerties (voir Chapitre 4). Le nombre et le choix de ces interfaces dépendent de l'objectif poursuivi de l'application.

L'**interaction en temps réel** est obtenue si l'utilisateur ne perçoit pas de décalage temporel, appelé temps de latence ou « latence », entre son action, via les interfaces motrices, sur l'environnement virtuel et la réponse sensorielle de ce dernier via les interfaces sensorielles. En exemple, si l'utilisateur manipule une manette de commande, il ne doit pas percevoir de décalage temporel, qui existe mais qui est très faible, entre son action musculaire de son bras et le mouvement de la manette vue dans le visiocasque. Cette contrainte peut être difficile à satisfaire et nous en reparlerons en détail au Chapitre 6.

L'utilisateur doit être en « **immersion pseudo-naturelle** » la plus efficace possible dans le monde virtuel. Cette sensation est une notion en partie subjective qui dépend de l'application et du dispositif utilisé (interfaces, logiciels, etc.). Nous parlerons en détail des concepts d'immersion et d'interaction qui doivent être bien définis et analysés à plusieurs niveaux.

Il résulte de cette analyse globale un concept fondamental de la réalité virtuelle. Celui-ci est contenu dans la boucle de la Figure 1.5. L'utilisateur agit sur l'environnement virtuel grâce à l'usage d'interfaces motrices qui captent ses actions (gestes, déplacements, voix, etc.). Ces activités sont transmises à l'ordinateur qui les interprète comme une demande de modification de l'environnement. Conformément à cette sollicitation de modification, l'ordinateur évalue les transformations à apporter à l'environnement virtuel et réalise les restitutions sensorielles (images, son, efforts, etc.) via les interfaces sensorielles. Cette boucle en environnement virtuel interactif n'est que la transposition de la boucle « perception, décision, action » du comportement de l'homme dans un mode réel. Mais une contrainte majeure, inhérente aux techniques, va perturber la boucle « perception, décision, action » et en conséquence le comportement du sujet : les

---

17 L'application d'Aurasens « The voyager » est réalisée sans stimulation visuelle, exploitant seulement un fauteuil audio-tactile.

18 Un CAVE (Cave Automatic Virtual Environment) est un ensemble d'écrans plats de quelques mètres de côté (de 3 à 6) entourant l'utilisateur.

**incohérences sensorimotrices**, dont le cas spécifique des temps de latence. Le temps de latence (ou latence) est un fait technique inhérent aux environnements virtuels interactifs et va influencer la qualité de toute application de réalité virtuelle. Quel que soit le nombre de canaux sensoriels exploités dans une application, quel que soit le nombre d'interactions à la disposition du sujet, il y a presque toujours des incohérences sensorimotrices par rapport au comportement sensorimoteur du sujet dans le monde réel. Ces incohérences, dont les temps de latence, perturberont-elles le comportement de l'utilisateur ? Nous traiterons cette problématique au Chapitre 6.

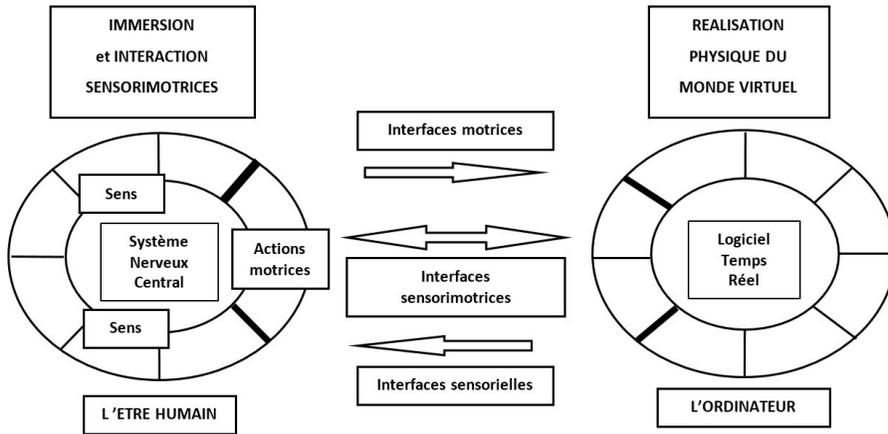


Figure 1.5: Niveau sensorimoteur de l'immersion et de l'interaction

### 2.3. Définition fonctionnelle de la réalité virtuelle

Nous avons aussi proposé une taxonomie des applications, basée sur les « fonctionnalités théoriques » de la réalité virtuelle en regard des concepts spatiotemporels du monde réel [Fuchs P., 1996] : face à sa propre perception de la réalité, l'homme a conceptualisé les notions de temps et d'espace sur lequel il ne peut interagir que suivant des lois physiques immuables. À l'opposé :

*La réalité virtuelle va lui permettre de s'extraire de la réalité physique pour changer virtuellement de temps, de lieu et(ou) de type d'interaction : interaction avec un environnement simulant la réalité ou interaction avec un monde imaginaire ou symbolique.*

Cette définition fait allusion à l'exigence inverse des auteurs des tragédies littéraires du XVII<sup>e</sup> siècle prônant la règle des trois unités de temps, de lieu et d'action. Une réflexion sur cette approche sera exposée au Chapitre 10.

## 2.4. Définition technique de la réalité augmentée et de la réalité mixte

Comme nous l'avons indiqué au sujet de la « finalité de la réalité virtuelle », l'environnement artificiel, dans lequel l'utilisateur va pouvoir agir, peut être totalement virtuel ou, dans les cas de la Réalité Augmentée (RA) et de la Réalité Mixte (RM), partiellement virtuel. Certaines problématiques fondamentales sont les mêmes en RV, RA et RM, tandis que d'autres sont spécifiques à chaque domaine. Nous expliciterons ces spécificités par la suite. Au niveau des notations, nous utilisons l'acronyme **RV**<sup>+</sup> quand les trois domaines RV, RA et RM sont concernés.

Les définitions de la réalité augmentée et de la réalité mixte ont évolué depuis vingt-cinq ans. Plusieurs classifications de la réalité augmentée et de la réalité mixte peuvent être envisagées selon les approches technique, fonctionnelle ou tournée vers les applications. Une classification est donnée par le professeur Milgram, de l'université de Toronto, qui privilégie un continuum entre réel et virtuel, en fonction des différentes techniques exploitées [Milgram P., 1994]. C'est une approche partiellement discutable : si on se place au niveau de l'utilisateur, *il n'y a pas de continuum* : l'utilisateur est soit *immergé corporellement dans l'environnement artificiel*, soit il ne l'est pas et, dans ce cas, *il se situe toujours corporellement dans le monde réel* ! Nous précisons cette notion de basculement d'immersion corporelle ou proprioceptive dans le Chapitre 7.

Vu l'usage actuel des termes RA et RM, nous proposons une définition basée sur l'usage fonctionnel de l'association du monde réel avec des entités virtuelles (informations textuelles, objets virtuels, personnages virtuels, etc.) : quels types d'association peut-on réaliser, sans s'occuper particulièrement des techniques d'affichage ?

Une première question fondamentale est de savoir si cette augmentation d'entités virtuelles est réalisée pour permettre seulement une meilleure **observation** par l'utilisateur du monde réel (Réalité Augmentée) ou si elle permet de créer un nouvel environnement composé du monde réel avec des entités virtuelles : un « **monde mixte** ». Une deuxième question fondamentale est de savoir si l'utilisateur va pouvoir (**inter**)**agir** avec ces entités virtuelles. Si la réponse est positive, on parle de Réalité Mixte<sup>19</sup>. L'expression « Réalité Augmentée » doit être interprétée comme étant une « *augmentation de la perception de la réalité* ». Le monde réel reste le même (il n'est pas « augmenté ») et ce n'est que par l'intermédiaire de techniques que l'utilisateur perçoit mieux le monde réel. Comme l'a précisé Kant, la Réalité absolue n'est jamais observable totalement (le noumène) et nous n'en percevons que des phénomènes par nos sens. Les techniques RA permettent donc seulement une observation augmentée. Cette différenciation entre RA et RM est fonctionnelle et aussi subjective pour l'utilisateur. Précisons ces notions avec des exemples :

<sup>19</sup> La Réalité Mixte a été auparavant définie comme l'association d'objets réels manipulables par l'utilisateur et qui interagissent en temps réel avec un environnement virtuel.

### 2.4.1. Réalité Augmentée : « Réalité documentée »

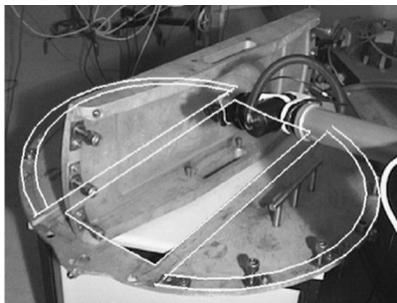
C'est la fonctionnalité minimum de la réalité augmentée où les entités virtuelles sont des textes ou des symboles qui sont positionnés visuellement proches de zones ou d'objets réels (Figure 1.6). Il s'agit dans ce cas de l'augmentation de la *compréhension* des images de la scène réelle par incrustation d'informations sémantiques. Les titres, légendes ou symboles, plus ou moins proches visuellement des objets réels, donnent des informations complémentaires sur ces derniers (fonctions, références...).



**Figure 1.6 :** Indication de l'axe de perçage en téléopération

Un exemple d'usage particulier est proposé par l'entreprise Blipar qui a créé un moteur de recherche sur Internet basé sur la reconnaissance d'images. En montrant à la caméra d'un smartphone tout objet, il indique des informations en rapport avec l'objet reconnu : pour une paire de lunettes, par exemple, obtention d'adresses d'opticiens proches de son domicile ; pour un légume, obtention de recettes de cuisine, etc.

### 2.4.2. Réalité augmentée : « réalité à visibilité augmentée »



**Figure 1.7 :** Pièce aux contours surlignés, visibles ou non sur l'image, pour être mieux perçue par le téléopérateur

Il s'agit dans ce cas de l'augmentation de la *visibilité* des images de la scène réelle. Les entités virtuelles (les représentations des contours d'objets) sont en correspondance géométrique précise avec les contours des objets réels. Ils permettent de surligner les objets pour mieux les voir. Cela n'est bien sûr possible que si l'on connaît les modèles

des objets et que l'on peut établir une correspondance géométrique correcte entre le monde virtuel et le monde réel. On peut distinguer deux cas :

- On améliore la netteté des images en surlignant les contours apparents des objets pour mieux les percevoir ;
- On améliore la compréhension des objets en représentant virtuellement les contours visibles et les contours invisibles (Figure 1.7).

#### 2.4.3. Réalité mixte : « Association visuelle du réel et du virtuel »

Dans cette fonctionnalité, on ajoute de nouvelles entités virtuelles (objets virtuels, personnages virtuels, etc.) à la scène réelle. L'utilisateur perçoit et peut agir sur un monde mixte : le monde réel avec entités virtuelles. On peut faire la différence entre deux cas, selon le niveau d'intégration des objets ou personnages virtuels dans la scène réelle :

- Ils sont incrustés (*overlay*) par-devant les objets réels, donc sans aucune occultation des objets ou des personnages virtuels par les objets réels (Figure 1.8)
- Les objets ou personnages virtuels sont intégrés avec les objets réels (Figure 1.9). Ces derniers occultent les entités virtuelles qui sont positionnées derrière eux. Mais l'intégration avec occultation en temps réel reste encore un verrou technologique important car il faut connaître la modélisation géométrique 3D, si possible en temps réel. Cette modélisation peut se faire par exemple par un scanner 3D inclus dans le visiocasque, le smartphone ou la tablette.



**Figure 1.8 :** Incrustation d'un objet sur une carte de visite via un smartphone



**Figure 1.9 :** Intégration de pièces virtuelles avec les pièces réelles d'un moteur

#### 2.4.4. Réalité mixte : « Association comportementale du réel et du virtuel »

En plus des conditions de la fonctionnalité précédente, on modélise sémantiquement les objets virtuels en tenant compte de leurs propriétés physiques suivant les lois de gravité, de contact, d'élasticité, de fluidité, etc., ceci pour enrichir la scène. On utilise les connaissances *a priori* sur la scène réelle et sur ses objets. Cette fonctionnalité définit les interactions géométriques et physiques entre les objets réels et les objets virtuels. En exemple, voir la vidéo<sup>20</sup> des démonstrations de l'entreprise pionnière française en réalités augmentée et mixte, Total Immersion.

<sup>20</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=Xi1biFeD-50>

### 2.4.5. Réalité mixte : « interaction avec les entités virtuelles »

Dans ce cas, l'utilisateur peut (inter)agir sur les objets virtuels, voire avec les personnages virtuels. En exemple, voir la vidéo<sup>21</sup> d'une démonstration faite par l'entreprise ON-X. Ce dernier cas est évidemment plus difficile à réaliser actuellement car il faut une modélisation géométrique, biomécanique et comportementale du personnage virtuel.

Remarque : on n'emploie guère actuellement le terme de « Réalité Mixte » dans le cas où l'utilisateur perçoit, via un écran, un monde virtuel sur lequel l'utilisateur interagit avec un objet réel. Par exemple, avec le dispositif de formation à la soudure Wave, réalisé par l'AFPA et Diginext, l'utilisateur soude virtuellement une pièce en tenant en main sa torche de soudeur qui est réelle (Figure 1.10). C'est un dispositif de réalité virtuelle puisque l'environnement qui intéresse l'utilisateur est la pièce à souder sur laquelle il va agir.



**Figure 1.10 :** Simulateur de soudage Wave de l'AFPA et de Diginext

## 2.5. Les trois procédés d'observation de l'association du monde réel avec des entités virtuelles

### 2.5.1. En vision directe

L'observateur voit directement l'environnement réel à travers un visiocasque semi-transparent (ou lunettes RA), dans lequel les entités virtuelles sont affichées en superposition de la vision de l'environnement réel (Figure 1.11).



**Figure 1.11 :** Réalité augmentée en vision directe via le visiocasque HoloLens de Microsoft

21 <https://vimeo.com/77583984>

### 2.5.2. En vision indirecte

Dans ce cas, la scène réelle est filmée par une caméra et restituée sur l'écran d'un smartphone ou d'une tablette après incrustation des entités virtuelles sur les images de la caméra. Nous nous limitons aux images vidéo de la scène réelle qui sont transmises en temps réel (Figure 1.8). En contre-exemple, les films avec effets spéciaux en images de synthèse ne font pas partie de la classification RA ou RM. Remarque : avec un smartphone ou une tablette, les mains sont occupées à l'inverse de l'usage d'un visiocasque RA ou de lunettes RA. Cette contrainte rend plus difficile l'interaction avec les entités virtuelles car il n'est pas possible d'interagir naturellement avec les mains. Un cas particulier est l'exploitation d'un écran plat, avec une caméra incluse, en tant que miroir, permettant à la personne de se voir et, par exemple, de faire l'essayage virtuel de nouveaux vêtements, voir la vidéo<sup>22</sup>.

### 2.5.3. En projection sur des objets réels



**Figure 1.12 :** Présentation de tee-shirts sur un buste blanc par projection d'images, de Smartpixels<sup>23</sup>

C'est un cas particulier où, grâce à un ou des vidéoprojecteurs, des images sont affichées sur des objets, souvent blancs, pour présenter un produit en couleur. Il faut évidemment connaître la position de l'objet et sa géométrie 3D. C'est soit un simple objet commercialisé (produits de mode tels que bouteilles, chaussures, tee-shirts, etc.), soit à l'opposé une façade de bâtiment que l'on veut visualiser avec des couleurs dans un but artistique (Figure 1.12).

## 2.6. Vidéo 360° et expériences interactives

Comme nous l'avons indiqué précédemment, parler de réalité virtuelle lorsque l'on propose des vidéos à 360 degrés d'environnements réels filmés, observées avec un visiocasque, est exagéré puisque l'utilisateur reste un spectateur. Si l'utilisateur peut interagir, donc agir, dans l'environnement artificiel, on parle globalement d'« expériences interactives » ou, pour être plus précis : d'« expériences artistiques interactives »

<sup>22</sup> <https://vimeo.com/116120605>

<sup>23</sup> [www.smartpixels.fr](http://www.smartpixels.fr)

pour bien différencier avec les « applications RV » professionnelles. Actuellement, cette expression « **expériences interactives** » peut regrouper les œuvres des « **arts numériques interactifs** » et les « **films VR** », terme ambigu mais souvent employé, que nous utilisons dans cet ouvrage. À la place de « film VR », certains emploient le terme « VR vidéo ». Pour correctement différencier les deux termes « vidéo 360° » et « film VR », il faut préciser ce que l'on présuppose par activité ou interaction, sous l'aspect technique et sensorimoteur. Certains prétendent que l'utilisateur, regardant une « vidéo 360° », interagit en partie puisqu'il tourne de lui-même la tête. Mais si la seule possibilité de ce spectateur est d'observer autour de lui, il n'est guère actif. S'il ne peut pas se déplacer librement dans cet environnement, s'il ne peut pas (inter)agir avec les objets, les personnages ou le scénario, il reste un spectateur, un observateur passif. Ses mouvements de tête sont exécutés *inconsciemment* (sous la condition que le fonctionnement du visiocasque ne le perturbe pas), de même que chacun de ses yeux se déplace d'une zone de l'image à une autre, toujours *inconsciemment*. Il faut rappeler que, même au cinéma, les yeux du spectateur sont également en activité permanente, se déplaçant par saccades entre différentes régions de l'image, toujours exécutées inconsciemment. Car la vision, comme tous les sens humains, est un sens actif, même si cette activité est inconsciente :

- **En réalité virtuelle**, il faut donc bien faire la différence, concernant le comportement de l'utilisateur, entre son **activité sensorimotrice consciente et intentionnelle** et les **activités inconscientes de tous ses sens** ;
- **Au cinéma et en vidéo 360°**, l'utilisateur n'a **pas d'activité sensorimotrice consciente et intentionnelle**, mais néanmoins ses **sens sont en activité inconsciente**, dont la vision, car le système visuel a besoin de scruter en toutes directions pour construire une perception tridimensionnelle (3D) de l'environnement réel (la différence de perception consciente et inconsciente est explicitée aux Chapitres 5 et 7).

En résumé, la vision d'un environnement artificiel, simulé à partir de deux images plates (2D) d'un visiocasque observées par les yeux, est donc un sens dynamique : inconsciemment, les mouvements permanents des yeux et ceux occasionnels de la tête participent à la captation par les deux rétines des rayons lumineux issus des images 2D, et non issus directement du monde réel 3D, comme dans le cas de la vision naturelle. À partir de cette considération que la vision est un sens actif, dynamique, nous détaillerons dans le Chapitre 3 les processus neurologiques cérébraux nécessaires pour « voir ».

L'augmentation de l'immersion visuelle via un visiocasque rend possible les mouvements de la tête du spectateur, en plus des mouvements des yeux, lorsqu'il regarde une vidéo 360°. Mais ces mêmes mouvements sont aussi exécutés dans les salles de cinéma immersives du type Géode ou IMAX, avec des mouvements de tête plus restreints. On ne parle pourtant pas de réalité virtuelle dans cette situation ! Comment alors faire correctement la distinction entre une « vidéo 360° » et un « film VR » ? La différence essentielle est dans l'approche du réalisateur : considère-t-il l'utilisateur comme **un usager passif, spectateur**, ou comme **un usager partiellement actif** (nommé par le néologisme « spect-acteur ») ? Dans le premier cas, on reste dans le domaine cinématographique. Dans le deuxième cas, on est dans le domaine

de la réalité virtuelle. La différence n'est pas donc dans les dispositifs techniques employés, mais dans la possibilité offerte à l'utilisateur. S'il peut se déplacer librement dans l'environnement virtuel ou, au moins avoir un choix de trajectoires différentes, s'il peut manipuler des objets, s'il peut dialoguer avec des personnages ou s'il peut influencer le déroulement du scénario ou de l'application, il est un spect-acteur d'un film VR. Et même dans le cas le plus modeste techniquement où l'utilisateur avec un simple mouvement de tête peut (inter)agir sur son déplacement ou sur le déroulement du scénario, il est encore un spect-acteur d'un film VR. Mais s'il ne tourne la tête que pour mieux observer le spectacle créé par le réalisateur, en restant immobile ou en se déplaçant sur des trajectoires imposées par le réalisateur, il est le spectateur d'une vidéo 360°.

En conséquence, la différence entre « vidéo 360° » et « film VR » n'est pas technique mais fonctionnelle. Elle est fondamentale dans la démarche du réalisateur : crée-t-il une œuvre artistique immuable pour un spectateur ou une œuvre variant suivant les actions et(ou) le comportement d'un usager partiellement acteur, un « spect-acteur » ? Les deux démarches artistiques sont proches techniquement mais offrent chacune des potentialités spécifiques, sans jugement de valeur de notre part entre elles.

En résumé, au niveau du vocabulaire, nous employons :

- Applications seulement immersives : « **vidéo 360°** » ou « **VR cinématique** »
- Applications exploitant la réalité virtuelle :
  - Les « **applications RV** » (professionnelles)
  - Les « **expériences interactives (artistiques)** »
    - « **film VR** »
    - « **arts numériques interactifs** »
    - « **jeu vidéo en réalité virtuelle**<sup>24</sup> »,

## 2.7. Remarques sur ces définitions

Si depuis vingt-cinq ans, les expressions réalité virtuelle et réalité augmentée étaient clairement définies et stables, depuis quelques années, pour des questions de marketing ou de pseudo-innovations, ces expressions ont été rediscutées, voire transformées, et de nouvelles expressions sont apparues. On a eu même l'expression « réalité virtuelle interactive », un pléonasme utilisé par certains pour signifier que les vidéo 360°, qui sont sans interaction, seraient alors aussi dans le domaine de la réalité virtuelle « passive » ! Dans le même ordre d'idée, Steven LaValle, dans son livre très intéressant « Virtual Reality » édité à Cambridge University Press, parle de Virtual Reality « open loop » et « closed-loop », (en boucles ouverte ou fermée) en référence à la boucle « Perception, Décision, Action » : la boucle est fermée lorsqu'il y a action de l'utilisateur et qui a une perception de son action en retour. Une autre expression employée est

<sup>24</sup> L'expression « jeu en réalité virtuelle » est un peu plus usitée que « jeu vidéo VR » actuellement sur Internet. Nous ne savons pas quelle expression sera employée dans le futur.

«Réalité virtuelle mobile» quand on utilise des mobiles (portables ou smartphones), qui imposent presque toujours à l'utilisateur de rester immobile pour observer sur un siège des vidéos 360° ! De toute façon, les visiocasques avec insertion de smartphones n'ont pas un grand avenir : un smartphone n'est pas conçu pour cela et est donc une mauvaise solution qui est juste temporaire... de même que l'on utilise parfois un couteau pour dévisser une vis au lieu d'employer un tournevis ! Un trop grand nombre d'expressions fantaisistes ont aussi fleuri dans un but commercial pour faire croire à de nouvelles innovations. Voici une liste non-exhaustive de ces expressions : Réalité Distincte ; Réalité Transformée ; Réalité Alternative ; Réalité Holographique ; Réalité de Substitution ; Réalité Virtualisée ; Réalité Diminuée ; Réalité Superposée... sans oublier l'expression officielle : Réalité de synthèse.

### 3. DISCOURS VÉHICULÉS DANS LES MÉDIAS

Au début du développement des techniques RV<sup>+</sup> dans les années 90, il était difficile de trouver des informations précises sur ce nouveau domaine. À l'inverse actuellement, on est inondé d'une multitude d'informations qui proviennent de journaux et de sites surfant sur le regain d'intérêt de la RV<sup>+</sup>. Mais, hélas, beaucoup trop de ces informations sont erronées, voire même certaines très fantaisistes, mélangeant les fantasmes de science-fiction avec les possibilités présentes et futures des technique RV<sup>+</sup>. Ces fausses informations circulent de site en site, propagées sans discernement par leurs auteurs. Les spécialistes RV sont étonnés devant tant de «VR Fake News» :

- «Demain les écrans des smartphones, des téléviseurs et des ordinateurs vont disparaître, remplacés par des visiocasques»... Les écrans plats ne seraient-ils pas satisfaisants, mal adaptés et moins confortables comparativement aux visiocasques ? Seuls peuvent y croire ceux qui ne connaissent pas les caractéristiques et les contraintes de la vision humaine et de la proprioception, que nous présentons au Chapitre 2 ;
- «La réalité virtuelle attaque la chimie du cerveau», «visiocasques : danger !»... Titres racoleurs pour capter le lecteur, mais sans fondement, juste pour faire peur. La problématique des impacts sanitaires des visiocasques et de la réalité virtuelle sera analysée sérieusement au Chapitre 10 ;
- «La technologie va de plus en plus vite»... Mais qui aurait démontré ou constaté cette loi ? À ne pas confondre avec la loi de Moore (en fait une conjecture), qui concerne seulement l'évolution rapide de la puissance des microprocesseurs et donc des ordinateurs<sup>25</sup>. Rappelons que cela fait plus de vingt ans que des entreprises ont voulu fabriquer des visiocasques low-cost et qu'il faudra encore bien des années avant d'avoir des visiocasques ayant des caractéristiques comparables à celles de la vision humaine (voir Chapitre 4). À noter aussi qu'il a fallu plus de cinquante ans pour avoir des téléviseurs 4K HDRI à la hauteur de l'acuité visuelle humaine, peu encore utilisés à ce jour ;
- «L'avenir de la réalité virtuelle passe par la réussite commerciale des visiocasques lors des fêtes de fin d'année 2016»... Affirmation bien prématurée

25 [https://fr.wikipedia.org/wiki/Loi\\_de\\_Moore](https://fr.wikipedia.org/wiki/Loi_de_Moore)

lorsque l'on sait que la conception et la fabrication des visiocasques bas coût sont très complexes techniquement, en particulier pour la partie optique. Et les usages de la réalité virtuelle ne se mettront en place que lentement auprès du public ;

- « L'avenir de la réalité virtuelle est la VR 4D »... Effet d'annonce dans une conférence de 2017, juste pour indiquer qu'en rajoutant une plate-forme ou un siège mobile, on a une simulation sensorielle plus importante (les mouvements du corps de l'utilisateur), réalisée avec des dispositifs existants depuis vingt ans dans les parcs d'attractions et depuis cinquante ans dans les simulateurs de transport... C'est donc « le passé » de la réalité virtuelle, et sans rapport avec une pseudo-quatrième dimension ;
- « Il y aura dans le futur des projections d'hologrammes interactifs sans dispositif matériel »... mais par quel miracle technique peut-on réaliser des hologrammes sans dispositif d'affichage, au-delà des fantasmes de science-fiction ? Que de bêtises écrites avec les termes « holographique » et « hologramme », sans donner d'explications sur ce qui est concrètement fourni visuellement à l'observateur avec ces pseudo-hologrammes (voir Chapitre 4) ;
- « La réalité virtuelle permet de pirater nos cerveaux »... On pourrait dire de même du cinéma, de la télévision et des jeux vidéo. Une réflexion plus approfondie est nécessaire et plus utile que cette expression racoleuse (voir les Chapitres 5 à 9) ;
- « Avec la réalité virtuelle simulant un monde parfaitement réaliste, l'utilisateur ne peut plus détecter de différences et va confondre le virtuel et le réel ? »... Question récurrente de journalistes, contenant deux contre-vérités : les techniques de réalité virtuelle ne permettent et ne permettront jamais de simuler parfaitement le monde réel (voir les Chapitres 4 et 6 entre autres) et, même sans cette parfaite simulation, l'utilisateur peut se croire totalement dans un monde virtuel, comme au cinéma ou dans un jeu vidéo classique. Les différences ressenties par l'utilisateur entre ces trois domaines seront à préciser.

De nombreuses prévisions économiques ont été proposées par des institutions, véhiculées dans les médias, avec presque toujours un avenir économiquement radieux. Mais celles-ci reposent sur de simples conjectures et extrapolations qui n'ont aucune fiabilité. Nous avons-nous-mêmes été contactés par des enquêteurs d'organismes chargés de réaliser des prévisions. Ces personnes ont presque toujours aucune compétence en RV<sup>+</sup> et ne peuvent donc analyser correctement les futurs marchés. Il est déjà bien difficile pour les spécialistes du domaine de faire des prévisions à deux ou trois ans sur un seul type d'usage. Rappelons les fameuses fausses prévisions pour la télévision 3D stéréoscopique (3Ds), dénommée abusivement « TV 3D », mensonge marketing : entre autres, en 2010, le site [displaysearch.com](http://displaysearch.com) publie une étude dont les résultats prévoient des centaines de millions de téléviseurs 3Ds dans les années futures... et même, pour les écrans d'ordinateurs<sup>26</sup> qui devraient être stéréoscopiques, bien qu'inutiles presque toujours ! Comme nous l'avons prévu, l'affichage stéréoscopique de la télévision 3Ds a peu d'intérêt, aisément compréhensible pour qui connaît le fonctionnement de la vision humaine... Ce n'est donc pas pour des raisons techniques ou par manque de

26 <https://www.lesnumeriques.com/tv-video/perspectives-evolution-marche-tv-ecrans-3d-n12593.html>

contenus stéréoscopiques que les téléviseurs 3Ds ont été abandonnés, mais parce que la perception humaine des trois dimensions (3D) se fait déjà sur tout écran d'ordinateur ou de télévision classique (monoscopique), la vision stéréoscopique ne rajoutant qu'un complément de perception en profondeur, non indispensable sauf pour certains effets attrayants (voir le Chapitre 2). Pour tout lecteur non convaincu du manque de sérieux et de fiabilité des prévisions, retrouvez sur tout moteur de recherche des prévisions, par exemple celles réalisées en 2014, sur les ventes des visiocasques pour les années 2016 à 2018... Convaincu de l'incompétence des pseudo-prévisionnistes ? Il est déjà bien difficile de faire des prévisions pour l'année suivante et celle d'après. Les prévisions à cinq à dix ans sont caduques et à négliger... Mais bon, les naïfs oublient souvent très vite ce qui a été écrit deux à trois ans plutôt et brandissent toujours des prévisions trop optimistes, réalisées en partie pour rechercher abusivement des aides financières. On a eu droit aussi aux fausses prévisions<sup>27</sup> sur les montres connectées, qui seraient vraiment utiles à tous, pas seulement aux sportifs... si les smartphones n'existaient pas ! Si on constate maintenant que les usages de certains nouveaux produits techniques sont plus rapidement acceptés par la majorité de la population, ceci n'est pas une loi inamovible et limitée aux produits à succès : il ne faut pas oublier les échecs des télévisions 3Ds, des Google glass, etc. Concernant les usages de la réalité virtuelle, de la réalité augmentée et de la réalité mixte, l'acceptation sera longue auprès du public, pour la simple raison qu'intervient dans ce domaine *l'adaptation complexe du comportement humain* à agir dans un environnement artificiel. Hélas, peu de personnes ont conscience de ce compliqué challenge. La seule prévision, que nous avons faite il y a trois ans, est : « **toutes les prévisions sur les nouvelles technologies ont autant de chance d'être fausses qu'exactes** ».

« Les prévisions économiques en RV<sup>+</sup>, comme les promesses politiques, n'engagent que ceux qui les croient ! »

Cependant il faut rassurer ceux qui se lancent dans la réalité virtuelle : ce n'est pas qu'une bulle médiatique comme la télévision 3Ds, mais une véritable ouverture pour notre société, soutenue par une réflexion scientifique de plus de vingt ans. Il y aura néanmoins des bulles médiatiques circonscrites à certains usages en réalité virtuelle et en réalité augmentée... Ce livre va vous permettre d'avoir une opinion fondée sur une véritable analyse des apports et des limites de la RV<sup>+</sup>, sans se baser sur des prévisions douteuses.

## 4. CONCLUSION

Face à la déferlante d'informations souvent fausses ou incomplètes, va-t-on être audibles et écoutés ? Certains sites sur Internet sont réalisés par de novices journalistes enthousiastes, mais sans grandes compétences technologiques en RV<sup>+</sup> et sans connaissance minimale sur le comportement humain. Il leur est donc difficile de faire

---

<sup>27</sup> <http://www.lefigaro.fr/secteur/high-tech/2016/10/25/32001-20161025ARTFIG00119-l-effondrement-des-ventes-de-montres-connectees.php>

le tri entre les vraies et les fausses informations qui circulent de site en site. De même, beaucoup d'entrepreneurs se lancent dans ce domaine innovant, en pensant qu'il suffit de motivation et d'être formé à l'innovation, sans prendre le temps de réaliser un sérieux état de l'art en RV<sup>+</sup> et sans connaître les concepts de base déjà établies par les experts du domaine. Un grand nombre de jeunes entrepreneurs nous ont contacté pensant faire une innovation sans connaître l'évolution de la RV<sup>+</sup> et les réalisations commercialisées depuis dix ou vingt ans. Il a fallu dire à certains : mais votre idée innovante a déjà été développée et est exploitée quotidiennement...

Tout entrepreneur doit bien analyser l'usage de la RV, RA ou RM, en se posant la question essentielle : quel est le véritable intérêt d'être dans un environnement artificiel dans lequel l'utilisateur va pouvoir agir ? Exploiter un dispositif innovant, tel qu'un visiocasque, ne suffit pas, même si cela peut faire illusion. Il faut réaliser une fonctionnalité vraiment innovante et utile, rendue possible par un nouveau dispositif.

Sans connaissance minimale sur le comportement sensorimoteur et cognitif de l'être humain, il est difficile de faire une analyse correcte de la RV<sup>+</sup>. Cela est aussi nécessaire pour développer une approche théorique de la réalité virtuelle. Les Chapitres 2 à 7 vont présenter les aspects sensorimoteurs et cognitifs utiles pour la compréhension de la démarche générale, développée dans les Chapitres 8 et 9. Certaines connaissances secondaires seront aussi exposées pour une meilleure compréhension générale, même si elles ne sont pas indispensables, incluses en annexes des Chapitres.

## 5. BIBLIOGRAPHIE

[Arnaldi B., Fuchs P. 2003] Arnaldi B., Fuchs P. et Tisseau J., *Chapitre 1 du volume 1 du traité de la réalité virtuelle*. Presses des Mines.

[Fuchs P., 1996] Fuchs P. *Les interfaces de la réalité virtuelle*. Presses des Mines.

[Milgram P., 1994] Milgram, Paul; H. Takemura; A. Utsumi; F. Kishino (1994). "Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum", *Proceedings of Telemanipulator and Telepresence Technologies*.