

Université Paris 8

Spécialité de Master *Arts et Technologies de l'Image Virtuelle*
de la mention *Arts Plastiques et Art Contemporain*

*Présence et Action dans un environnement
virtuel*

-Morgan FABBY-



Mémoire de Master 2
2011- 2012

Remerciements :

Merci aux enseignants qui ont été là pour m'aider à me diriger dans mes recherches et dans le développement de mon projet.

Merci aux étudiants d'ATI avec qui j'ai pu partager mes travaux et qui m'ont fourni de l'aide et des avis sur mon projet.

Table des matières

Présence et Action dans un environnement virtuel	1
-Morgan FABBY-	1
Introduction.....	6
1. Connecter les sens de l'Homme à la machine	10
1.1. Des nouvelles technologies qui offrent de nouvelles possibilités Interactives.....	10
Les périphériques d'entrée.....	12
Périphériques de sortie.....	15
Périphérique d'entrée/sortie.....	15
1.1.2. Nouvelles technologies de captation et démocratisation des périphériques grâce aux consoles de jeux	17
1.1.3. De nouveaux supports de médias.....	19
1.1.4. Exemples de systèmes interactifs	20
1.1.5. Choix personnels de matériel pour le projet	21
1.2. Conception de la couche physique d'interfaçage.....	21
1.2.1. Un échange entre Homme-machine	21
1.2.2. Modélisation biomécanique du corps	22
Interfaces motrices	23
Interface sensoriels	24
Interfaces sensorimotrices	24
1.2.3. Aide Logicielle Sensorimotrice (ALSM) :.....	25
1.2.4. Les limites liées au corps humain.....	25
Interface motrice.....	26
Interfaces sensoriels :.....	26
Interfaces sensorimotrice	27

1.2.5. Entre perception et compréhension.....	27
1.2.6. Mise en place des interfaces SM dans mon projet	29
2. L'Homme dans la machine.....	30
2.1. Présence dans virtuel.....	31
2.1.2. Couplage allocentré.....	31
2.1.2. Comment expliquer cette « identification » à un personnage ?.....	32
2.1.3. Couplage egocentré.....	33
2.1.4. Expérience personnelle et application au projet.....	33
2.2. Comprendre l'environnement virtuel.....	34
2.2.1. Une perception cohérente du monde virtuel	35
2.2.2. Un monde de « symboles »	35
2.2.3. L'univers virtuel comme monde de référence.....	36
2.2.4. Orientation et évolution dans un espace virtuel.....	37
2.2.5. Réflexions sur mon projet	38
2.3. Aides à la compréhension du monde virtuel.....	39
2.3.1. Schèmes et métaphores.....	40
2.3.2. Les Aides Logicielles Cognitives (ALCogs)	41
2.3.3. Assistance et substitution sensorielle	42
2.3.4. Mise en place des interfaces cognitives dans mon projet.....	43
3. Activité dans le virtuel	45
3.1. Entre activité désirée et activité effective	45
3.1.1. Les Primitives Comportementales Virtuelles (PCV)	45
3.1.2. Définir des objectifs	46
3.1.3. Exprimer des objectifs dans un jeu vidéo	46
3.1.4. Exprimer des objectifs dans une installation interactive.....	47
3.1.5. Exprimer des objectifs dans un système interactif appliqué aux domaines professionnels.....	48
3.1.6. Anticiper les comportements des utilisateurs	49

3.1.7. Mises en pratique dans mon projet	49
3.2. Sur quels critères évaluer un système interactif ?.....	49
3.2.1. Critères pour le jeu vidéo et les installations interactives	50
3.2.2. Critères pour systèmes interactif en milieux professionnels.....	54
3.2.3. Autoévaluation et conclusion sur mon projet	56
Annexe 1 : Table des figures.....	59
Annexe 2 : Bibliographie et webographie.....	62
Bibliographie.....	62
Webographie.....	62

Introduction

« Au-delà de l'aspect technique, (...), il se dégage un nouveau mode de travail et d'expérimentation : l'homme, s'extrayant de son environnement quotidien, peut observer, agir, dialoguer, se former... en un mot, vivre dans un nouvel univers artificiel. »(Réalité virtuelle par François d'Aubert)

Lorsqu'une personne est face à un univers différent de l'univers réel (lorsqu'elle regarde un film, lit un livre ...), elle peut parfois arriver à un point d'implication dans celui-ci tellement important qu'elle en perd la notion de sa propre présence dans le monde réel. J'ai toujours été fasciné par la capacité que l'individu a de s'extraire de son monde de référence pour vivre des expérimentations différentes, des situations qu'il ne pourrait trouver dans le monde réel. Le phénomène est encore plus présent lorsqu'on est face à un dispositif de réalité virtuelle puisqu'on ajoute à l'utilisateur la capacité d'agir, d'évoluer et d'exprimer sa volonté dans cet autre monde. La définition de réalité virtuelle proposée par le Traité de la Réalité Virtuelle (TRV) le confirme puisqu'il la définit comme étant un dispositif permettant à une personne (ou à plusieurs) d'effectuer une activité sensorimotrice et cognitive dans un monde artificiel, créé numériquement. Ce monde pouvant être imaginaire, symbolique ou une simulation de certains aspects du monde réel.

Il est facile de voir, lorsqu'on regarde le nombre d'ouvrages scientifiques ou de fiction traitant de la réalité virtuelle, que le concept de « présence » et d'action dans un environnement virtuel est entré dans les mœurs. On peut alors parler d'immersion : « L'immersion ou état immersif est un état psychologique où le sujet cesse de se rendre compte de son propre état physique. Il est fréquemment accompagné d'une intense concentration, d'une notion perturbée du temps et de la réalité. Dans le domaine de la réalité virtuelle on utilise également des systèmes immersifs afin de plonger l'utilisateur dans un environnement familier, soit à fins de distraction, soit à fins d'entraînement - pour lui inculquer des réflexes qui serviront ensuite dans un cas réel, ou encore pour reconstituer à distance un système réel sur lequel on peut ainsi opérer par télécommande. » [Wikipedia]. C'est le sujet que j'ai voulu traiter dans mon projet. J'ai voulu me pencher sur ces nouvelles technologies permettant de lier l'Homme et la machine et essayer de comprendre comment concevoir un dispositif permettant à un individu de pouvoir interagir avec des environnements de synthèse et se projeter dans ceux-ci.

Je me suis donc intéressé aux moyens d'interaction existants pour voir si certains types d'interactions sont plus efficaces que d'autres par rapport au sentiment de présence dans un univers virtuel. C'est pourquoi j'ai décidé de créer le projet « *do it yourself* », qui a pour but de mettre en scène plusieurs joueurs dans différents mini-jeux, où chacun doit utiliser un contrôleur de jeu différent (clavier, souris, la WiiMote de Nintendo, le Microsoft Kinect, manette / joystick ou tapis de danse). L'univers du jeu se compose de divers éléments à l'aspect virtuel ou de composants électroniques pour illustrer le côté technique du jeu (utiliser plusieurs périphériques). Mon projet comporte 9 mini-jeux :

- air hockey : un jeu de simulation de air hockey, où le but est de pousser un palet dans les embuts adverses.
- équilibre : un jeu de parcours. Les joueurs sont représentés par des personnages en équilibre sur des boules et doivent aller jusqu'au bout sans tomber.

- course : un jeu de course de voitures.
- marioLike : un jeu de plates-formes. Les personnages doivent arriver jusqu'au bout du parcours de plates-formes en évitant les ennemis.
- defend yourself : un jeu où le joueur est assailli par des créatures et doit se défendre en donnant des coups à celles-ci.
- boxe : un jeu de boxe où les joueurs s'affrontent 2 par 2.
- shooter : un jeu de tir, où le but est de tirer sur les créatures qui apparaissent sur un parcours prédéfini.
- DDR : un jeu inspiré de Dance Dance Revolution, où le joueur doit suivre le rythme d'une musique en appuyant sur des touches au bon moment.
- touch the beat : un jeu où le joueur doit presser sur des boules qui apparaissent en rythme avec une musique.



Figure 1 : Images du projet « do it yourself »

Ayant déjà une idée du concept que je voulais illustrer à travers mon projet, je suis directement passé à la réalisation de celui-ci sans même penser à la manière dont j'allais concrètement mettre les utilisateurs en interaction. J'ai pensé à l'ambiance générale, aux personnages, aux jeux que je voulais proposer et j'ai pris l'ensemble des contrôleurs que je pensais pouvoir intégrer au projet dont je pouvais disposer. Cependant, avec du recul, j'ai pu noter plusieurs erreurs pendant la réalisation de mon projet. En effet, dès mes premiers tests des premières versions de mini-jeux, je n'ai pas ressenti cette sensation de « présence », d'extraction du monde réel que je cherchais.

Hors, d'après le Traité de la Réalité Virtuelle (TRV), « le caractère immersif d'un monde virtuel est une description objective des propriétés de ce monde. L'«immersivité» du monde virtuel est ce que l'ingénieur

ou le chercheur y a mis (même si certains choix relèvent de l'intuition plus que de la maîtrise, et dans tous les cas des capacités sensorielles et motrices de l'utilisateur). Par contre, le concept de présence est non seulement un concept subjectif, par essence psychologique, mais il a surtout à voir avec les deux mondes (le monde réel et le monde virtuel). La présence est un phénomène psychologique bi-stable qui a à voir avec le sentiment du sujet d'être dans le monde réel et/ou dans le monde virtuel. » [Traité de la Réalité Virtuelle] J'ai donc cherché des outils de réflexion pour pouvoir créer ce phénomène de présence psychologique. Le TRV explicite que l'utilisateur perçoit avec ses sens des données que l'ordinateur lui transmet, il analyse ces données pour décider d'une action, puis il effectue une action. Ceci est confirmé par une citation de monsieur Fuchs (professeur de l'école des Mines), qui « se préoccupe pour l'utilisateur de son immersion, associée à son interaction, sans faire référence à la notion de présence. Il cherche avant tout à concevoir des systèmes de réalité virtuelle, proposant au sujet une immersion et une interaction fonctionnelles optimales, c'est-à-dire les plus adéquates par rapport aux tâches que le sujet doit accomplir dans l'environnement virtuel. Ces immersion et interaction fonctionnelles sont réalisables en s'appuyant sur un premier niveau d'immersion et d'interaction sensorimotrices et sur un deuxième niveau d'immersion et d'interaction cognitives, correspondant à la notion de présence ».

Pour moi, il en découle qu'il faut penser le système interactif selon 3 intentions :

- celle de l'auteur qui confronte l'action dans le virtuel voulue par celui-ci avec celle qui est concrètement réalisée par l'utilisateur.
- celle de l'utilisateur dans le jeu, son intention issue de sa compréhension du monde virtuel et des éléments qu'il lui soumet.
- celle de l'utilisateur dans le réel, son moyen d'expression par le corps, de percevoir le virtuel et d'interagir avec celui-ci.

Ces 3 intentions s'articulent avec les 3 couches d'interfaçage que propose la représentation d' un système de réalité virtuelle proposée par le TRV. «Une interface est la couche limite entre deux éléments par laquelle ont lieu des échanges et des interactions. » [wikipedia]

Ces 3 couches sont :

1- l'activité de l'utilisateur dans le virtuel

2- la partie qui permet au joueur d'être psychologiquement présent dans la machine, qui comprend les mécanismes de compréhension du système par l'utilisateur

3- la couche physique qui relie les sens / parties du corps de l'Homme à la machine

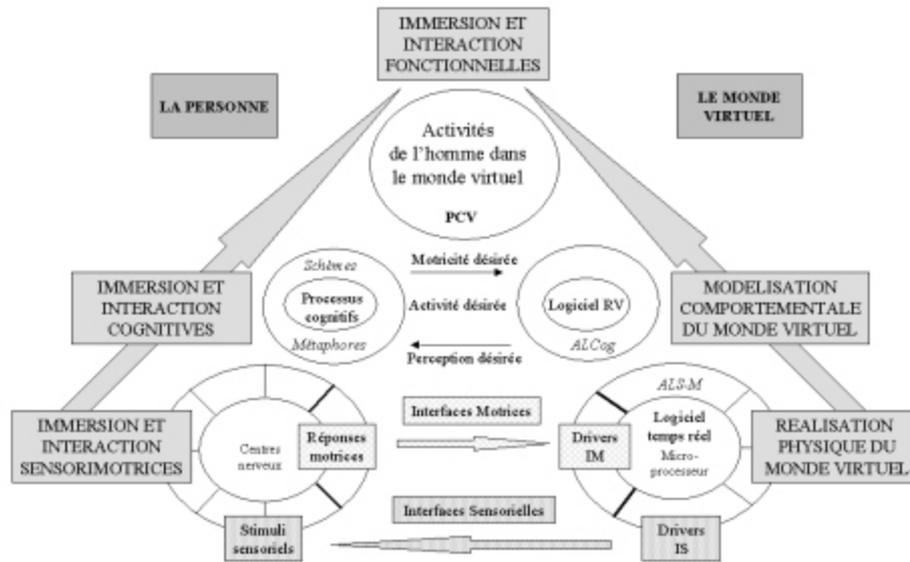


Figure 2 : Schéma technocentrique de références en RV

Il me faut donc repenser mon système pour que chaque couche soit respectée correctement et s'articule avec les autres. C'est pourquoi aujourd'hui je suis en phase de restructuration de mon projet. Pour m'aider à organiser mes idées, j'ai décidé d'adopter une méthode s'apparentant au « cycle d'évaluation » que j'ai pu trouver dans mes lectures du TRV et grâce à un entretien avec un enseignant. Ce cycle d'évaluation propose de vérifier le système couche par couche afin d'en remettre en cause l'efficacité ou la capacité immersive du système.

Je construis donc mon plan sur ces 3 étapes d'analyses, de manière générale, puis dans l'application de mon projet. Étant en phase d'évaluation de mes jeux, j'introduis donc en premier la couche d'interfaces physique pour aller vers la couche qui concerne la présence psychologique, pour enfin aboutir à la couche concernant l'activité de l'utilisateur dans le virtuel.

1. Connecter les sens de l'Homme à la machine

Il m'a été donné de constater que, depuis peu, il se produisait une évolution des outils permettant à un individu d'entrer en interaction avec un environnement virtuel.

Cette évolution se traduit par l'arrivée de nouvelles technologies dans divers domaines (informatique, ingénierie, optique ...) visant à rendre l'interaction entre l'homme et la machine plus efficace, plus agréable, plus prenante.

Lorsqu'on regarde les films/livres de science-fiction concernant le futur les quelques dernières décennies, on peut commencer à penser aux nouvelles innovations technologiques qui sortiront dans les prochaines années puisqu'on est déjà en mesure de s'en approcher avec des procédés et des technologies existantes et que nombre d'entre elles font rêver le grand public. Par exemple, on peut voir dans la technologie naissante LEAP (support qui permet de détecter et d'interpréter la position des mains et des doigts) ou Microsoft Kinect (dispositif permettant de récupérer la position des parties du corps et d'interpréter des commandes vocales) un début d'avancée vers des ordinateurs que l'on peut trouver dans le film « *Minority report* » où l'acteur peut contrôler un ordinateur avec beaucoup de précision avec sa voix et avec les mains. Dans la série « *Ghost in the shell* », chacun peut avoir accès au net avec un implant cérébral, ce qui ne semble plus si impossible que cela si l'on combine l'évolution des smartphones (téléphones performants et reliés à internet) et l'émergence de contrôleurs captant les ondes cérébrales et autres stimulus nerveux. Dans les longs métrages « *Tron* » ou « *Matrix* », on peut voir un scanner qui permet de se reproduire une identité dans un monde virtuel et d'y évoluer comme on le ferait physiquement dans le monde réel, ce qui peut sembler possible vu que nombreux capteurs de mouvements permettent de reproduire nos mouvements dans un environnement virtuel et que nous sommes déjà en mesure de reproduire l'image d'une personne en 3 dimensions.

1.1. Des nouvelles technologies qui offrent de nouvelles possibilités Interactives

Lors du cycle de ré-évaluation de mon projet, que j'ai entamé tôt pour pallier aux problèmes de manque de présence dans mes jeux, je dois me poser des questions sur les outils que j'ai choisis pour permettre aux joueurs d'interagir avec mon jeu : Mes choix sont-ils judicieux ? Quelles sont les technologies existantes que je pourrais utiliser ? Parmi celles-ci, lesquelles me sont accessibles ?

J'ai donc commencé à me renseigner sur les technologies utilisées pour des systèmes interactifs existantes. L'usage de systèmes qui offrent à l'utilisateur de pouvoir interagir avec celles-ci sont très répandues, dans de nombreux domaines. J'ai constaté que, depuis peu, il existait une volonté d'améliorer la qualité de cette interactivité et de l'incorporer à de nouvelles utilisations.

Que ce soit dans le domaine des loisirs, des arts ou du monde professionnel, on voit naître une nouvelle vague de moyens techniques et d'utilisations de systèmes interactifs pour faciliter certaines tâches ou les

rendre plus intéressantes, intuitives. L'interactivité émerge des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) qui comprennent de nombreux domaines : l'informatique, la robotique , la radiométrie, la mécanique, l'optique ... De ces inventions découlent des technologies de captation utilisées pour percevoir des informations provenant de l'utilisateur et de nouveaux supports servant à restituer l'information de la machine vers l'utilisateur et les sciences qui y sont associées (algorithmes informatique, ...).

1.1.1. Les périphériques

« Un périphérique informatique est un terme générique donné aux composants de matériel informatique assurant les communications entre l'unité centrale de l'ordinateur et le monde extérieur. » [technosciences.net]

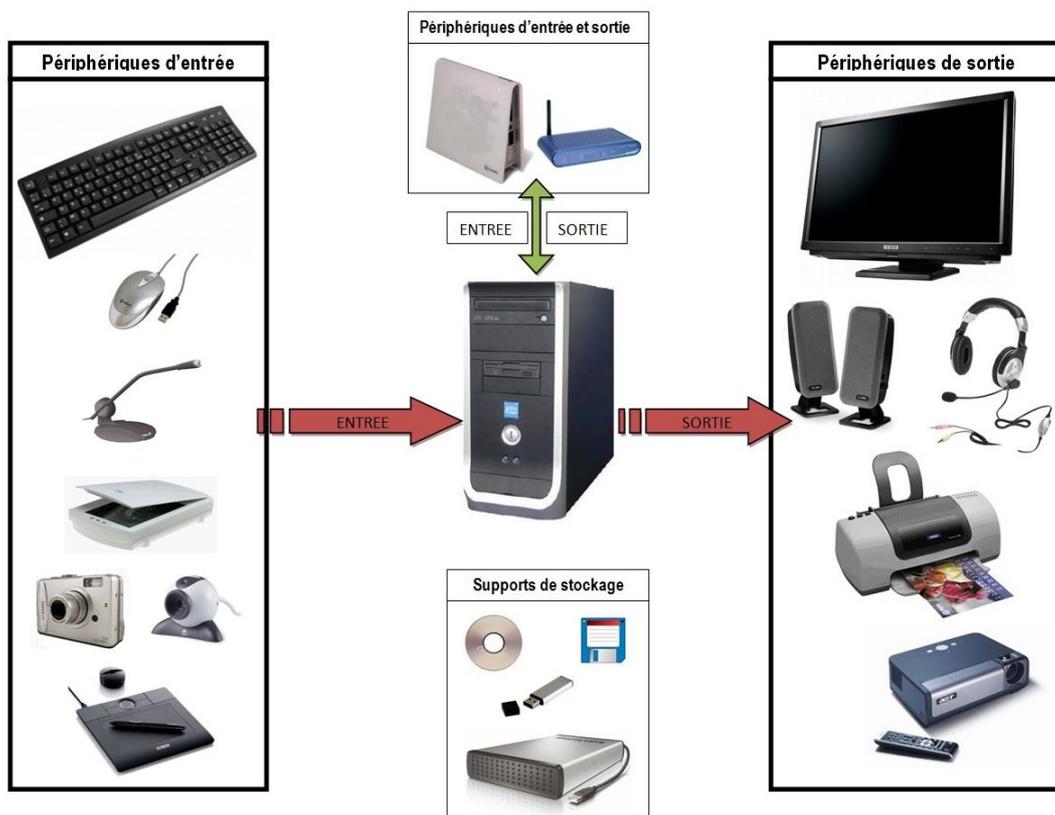


Figure 3 : périphériques reliés à un ordinateur - source : <http://ecoles-stemarie.ac-reunion.fr>

L'interactivité naît de la relation entre l'utilisateur et le virtuel. Pour cela, il faut « capter » les intentions de l'utilisateur. On utilise alors des capteurs pour détecter physiquement certaines données afin de les envoyer à l'ordinateur qui les interprétera afin d'essayer de reconstituer cette intention. L'ordinateur pourra, ensuite, donner un retour à l'utilisateur à l'aide de dispositifs permettant de lui « répondre » en affichant des images, en jouant des sons...). Que ce soit pour détecter des informations ou pour les restituer, les dispositifs utilisés sont souvent appelés **périphériques**. Il existe 3 grandes familles de périphériques :

- les périphériques d'entrée qui captent des données physiques pour les envoyer à la machine
- les périphériques de sortie, qui permettent à la machine de fournir des informations à l'utilisateur (images, sons ...)
- les périphériques d'entrée-sortie, dont les fonctions sont souvent liées à un simple transfert ou de stockage de données d'une machine à une autre (clé USB, disque dur...) mais il en existe aussi quelques-uns qui correspondent à notre sujet.

La connaissance de ces technologies est importante pour connaître la portée de l'interaction Homme/machine. Voici la liste des périphériques les plus connus ainsi qu'une description de leur utilisation la plus fréquente.

Les périphériques d'entrée

Les Contrôleurs

Claviers, pads, joysticks, bornes d'arcade (motos, ballons de foot ou de basket, volants de voiture, ...), balances (poids), gants de données (acquisition de la position des doigts de la main). Il existe de nombreux contrôleurs pour des applications spécifiques (tableau de bord de pilotage, guitare, capteurs corporels ...).

Les contrôleurs sont utilisés pour capter des données physiques par l'utilisation de capteurs basiques (capteurs position, boutons, molettes, niveaux, potentiomètres ...) disposés de manière ergonomique. Le changement d'état d'un capteur permet de détecter une intention (un appui de bouton lance une action, tourner un volant fait tourner le véhicule



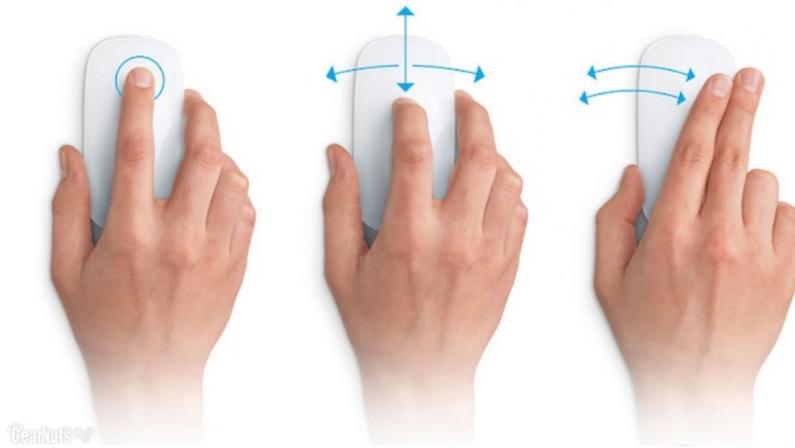
Figure 4 : exemple de contrôleur de type joypad –
source : <http://fr.aliexpress.com>

virtuel ...).

Les dispositifs de pointages

-Souris, trackballs, stylets

Utilisés pour obtenir avec précision la position d'un curseur dans un plan donné. Ces dispositifs sont pensés pour être utilisés avec une main et comportent donc peu de boutons.



: <http://www.macstuff.fr/souris-apple-magic-mouse/>

Les dispositifs d'acquisition numériques

-Webcams, interpolateurs d'images (Nintendo WiiMote, Microsoft Kinect, pistolet optique, LEAP ...)

Ces dispositifs analysent des images qu'ils récupèrent à partir de caméras ou de systèmes infrarouges pour détecter des formes réelles ou des parties du corps de l'utilisateur. Ce type de dispositif retourne des informations sur l'objet détecté (sa position dans l'espace réel, sa vitesse...) pour interagir dans le virtuel.



<http://www.slashgear.com/leap-motion-takes-on-kinect-cheaper-and-more-accurate-21229102/>

Les dispositifs d'acquisition analogique

-microphones

Ces dispositifs récupèrent des signaux audio. Ils permettent de récupérer des données sur des sons telles que l'intensité de celui-ci, sa fréquence ... Couplés avec un logiciel de reconnaissance vocale, ils permettent aussi de reconnaître certains mots et de les



<http://www.musicalads.co.uk/>

interpréter._

Dispositifs d'acquisition de signaux cérébraux

-IND ou BCI (Brain-Computer Interface)

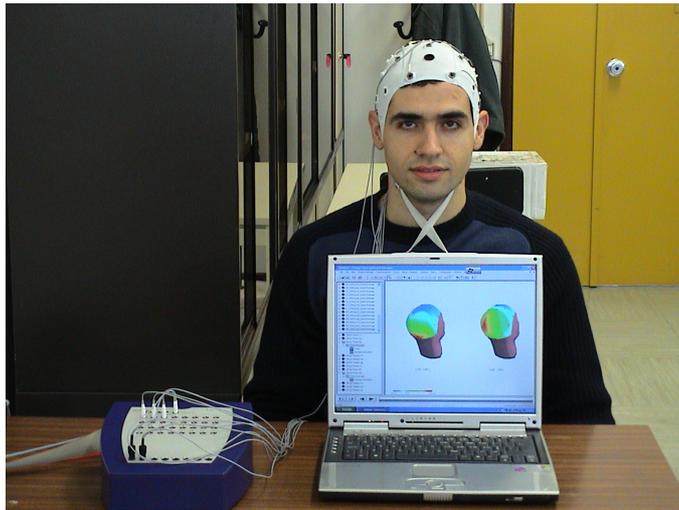


Figure 8 : exemple de BCI - source : <http://dei-s1.dei.uminho.pt/outraslic/lebiom/neuro/index.html>

Ces dispositifs ont pour but de récupérer des informations sur l'activité cérébrale grâce à des électrodes placées à différents endroits sur le crâne de l'utilisateur.

Pour le moment ce système fonctionne lorsque l'utilisateur est capable de créer des « idées fortes » pour caractériser son intention. C'est encore une technologie naissante et elle n'est pas encore accessible à tout le monde et demande un effort cérébral assez conséquent (passer d'une idée forte à une autre n'est pas forcément une chose simple).

Périphériques de sortie

Dispositifs les plus connus

- Écrans (2D / 3D / support holographique)
- Hauts parleurs / enceintes
- Imprimantes

Permettent à la machine de rendre les informations qu'elle doit transmettre visibles et interprétables par l'Homme.

Périphérique d'entrée/sortie

Dispositifs les plus connus

- Écrans tactiles (possibilité d'écrire directement sur un écran avec un stylet)
- Nano mod (bornes de visualisation d'un objet 3D avec possibilité de le déplacer avec les bras grâce à des capteurs infrarouges)
- Dispositifs à retour d'efforts

Ce type de dispositifs a pour but d'offrir un support qui « répond » directement à une interaction de l'utilisateur sans ajout de matériel. Par exemple les dispositifs de retour d'efforts récupèrent les mouvements du joueur et lui répond en lui opposant une force qui l'empêche de finir son mouvement ou lui faire sentir une vibration lorsqu'il est en contact avec un objet virtuel.

Bien sûr, il arrive que l'utilisation d'un périphérique soit détournée de manière subtile pour pouvoir obtenir des données différentes de celles qui étaient initialement prévus. Il existe différentes façons d'utiliser des périphériques autrement que pour leurs utilisations standard, car dénaturer un périphérique est autant une façon de générer une installation originale et créative qu'une manière de palier à un problème technique.

Voici quelques exemples de dénaturations de périphériques intéressantes :

- une imprimante comme support visuel :



support – source : <http://www.semageek.com>

- Utiliser les caméras infrarouges de 2 WiiMotes et une diode infrarouge placée sur un doigt pour obtenir un pointeur 3D.
- Simuler un rythme cardiaque avec un dispositif de retour d'efforts pour générer un effet de stress comme dans le jeu *Silent hill 3* sur Playstation2).
- Avec une carte émulant un clavier reliée à des capteurs de variation d'intensités (dispositif « Makey Makey »), une équipe a pu réaliser divers systèmes amusants, tels que le « banana piano » (un piano virtuel relié à des bananes sur lesquelles ont été placées les capteurs).



<http://blog.1001actus.com/insolite-bananes-clavier-77699.html>

- les jeux aux sons (ping-pong vocal) : J'ai essayé de faire un mini-jeu dont le but était de transformer un microphone en curseur virtuel permettant de déplacer une raquette dans le jeu, l'intensité du son étant sa position dans l'espace. Le projet n'a malheureusement pas abouti faute de matériel assez performant.

1.1.2. Nouvelles technologies de captation et démocratisation des périphériques grâce aux consoles de jeux

L'évolution des technologies des capteurs et autres matériels informatique permettant de récupérer des données physiques, tend à les rendre plus efficaces et à les miniaturiser ce qui permet de créer des périphériques de plus en plus invisibles et offre de nouvelles perspectives.

Pour moi, il s'agit d'une véritable révolution technologique qui se joue car il devient possible de détecter la position d'une personne, de ses jambes, de ses bras, de ses doigts... Nous sommes en mesure de développer des outils permettant de récupérer diverses informations sur de nombreuses parties du corps et de cacher la plupart des capteurs permettant de récupérer ces informations du fait de leur petite taille. On peut donc, à partir de la récupération de ces données, générer une vraie extension de nous-même dans le virtuel, qui répond à nos faits et gestes.

Un des aspects de cette nouveauté est aussi et surtout l'accessibilité à ces technologies. Si certaines technologies sont totalement nouvelles, d'autres sont au stade expérimental depuis un certain temps, mais aujourd'hui il existe des déclinaisons commerciales de beaucoup de celles-ci (la kinect de Microsoft, la WiiMote de chez Nintendo... on peut même acheter son propre réseau de capteurs à ondes cérébrales).

Avant l'apparition de ces nouvelles technologies, l'utilisateur pouvait difficilement se sentir présent dans le virtuel, la plupart des moyens d'interactions avec le monde virtuel étant très limités. Même si on a pu constater que dans certains cas l'utilisateur bouge comme si il subissait un des éléments virtuels (sursaut

quand le personnage du joueur prend un coup ...) ces actions n'ont aucune influence sur le jeu. Il leur était impossible d'agir directement dans le monde virtuel.

Depuis peu, il existe de nouveaux outils pour donner à l'utilisateur l'impression de pouvoir interagir physiquement avec un décor ou des éléments virtuels.

Une des applications de ces nouvelles technologies de captation est une amélioration des applications de réalité augmentée : un dispositif dont le but est d' « ajouter » des éléments virtuels dans le réel en les intégrant dans des images réelles, soit par projection sur un support physique intégré au décor, soit par l'utilisation d'une caméra et d'un écran qui restituent l'image filmée en y intégrant les éléments virtuels.

En effet, grâce aux nouvelles méthodes de reconnaissance d'images (RGB, infrarouges etc...), nous sommes en mesure de détecter des objets, des formes, des symboles ... (exemple : le jeu de PSP *invisibals*, ou encore une projection dans un centre commercial).

Ce qui permet de positionner un objet virtuel dans un espace réel. Il devient possible, dans le cas d'une image restituée sur écran, de déterminer si une personne au premier plan passe devant un objet virtuel pour que l'ordinateur masque la partie qui ne devrait plus être visible. Aussi, nous parvenons maintenant à avoir une captation assez précise pour donner l'impression que nous pouvons interagir avec les éléments projetés dans le réel (exemple : une des dernières attractions du Futuroscope, le safari du futur).



Figure 11 : Photo de réalité augmentée dans un centre commercial – source : <http://augmentedmedia.net>



Figure 12 : Photo de l'attraction « safari du futur » du Futuroscope – source : <http://www.travelpics.fr>

Une autre possibilité de ces nouvelles technologies de captation est de créer un « miroir » virtuel : nous sommes maintenant en mesure de détecter une personne ou un objet et leurs déplacements et mouvements dans un espace réel et de le représenter dans un espace virtuel, ce qui permet une immersion totale dans un milieu virtuel. Il devient par exemple, possible de faire du sport chez soi par mauvais temps avec de nouveaux jeux vidéo dont les contrôleurs sont capables de détecter certaines parties du corps.

Le développement des technologies tactiles permet de créer des outils de navigation plus intuitifs et plus portables, d'avoir des gestes plus « naturels », l'usage du tactile étant plus facile à assimiler. Ceci qui permet aux plus jeunes, aux plus âgés et à certains handicapés de se servir des nouvelles technologies. Il existe, par exemple, des applications d'apprentissage pour enfant sur tablette tactile.

On trouve aussi des utilisations de ces nouvelles technologies dans des secteurs professionnels, tels que dans l'armée et la médecine ou encore dans le domaine artistique grâce aux tablettes graphiques ou encore dans le domaine des arts.

1.1.3. De nouveaux supports de médias

Malgré une grande phase de tâtonnements, car il y eut de nombreux échecs comme par exemple, les premiers casques immersifs qui provoquaient des crises d'épilepsies à cause des couleurs trop agressives et d'images saccadées, il se crée, petit à petit, des supports de plus en plus intéressants dans divers domaines. Voici quelques aspects de cette évolution :

- invisibilité : Il existe aujourd'hui des supports de projection sur plaques en verre ou sur des murs de brumes, qui donnent l'impression qu'il n'y a pas de support et par conséquent, l'image est intégrée au décor réel. Ce type de support est très utilisé pour de l'événementiel (concerts, spectacles ...).

- portabilité : Avec la miniaturisation des technologies, il existe des supports de petite taille avec une bonne résolution et une bonne qualité d'image. Aujourd'hui une bonne partie de la population possède un smartphone (téléphone portable avec un système d'exploitation) ou une tablette, ce qui permet d'avoir un accès à de nombreux médias en permanence et de proposer des applications mettant en pratique la position de l'utilisateur puisque celui-ci peut se déplacer avec son matériel et que souvent les smartphones sont capables de géolocalisation.

- réalisme : Avec l'arrivée de la stéréoscopie, du HD et de nouveaux systèmes d'enceintes, les images deviennent plus saisissantes, les sons sont spatialisés et apparaissent plus réels pour l'utilisateur. Avec les débuts de l'holographie, nous sommes en mesure de créer un support permettant de voir une image 3D sous plusieurs angles en faisant le tour, comme si il s'agissait d'un objet réel.

- intuitivité : Le couplage d'un écran et des nouvelles technologies tactiles permet d'avoir un support interactif et d'observer une réponse directe due aux modifications engendrées par notre action.

- communication : Avec l'expansion d'internet et d'autres moyens de mises en commun de données (réseaux Bluetooth, Wi-Fi, etc...) il devient possible de créer des applications qui interagissent entre elles sur différentes machines. On peut ainsi penser une application multijoueurs reliant plusieurs téléphones ou encore une application en plusieurs parties sur différents supports. Ces évolutions permettent aux créateurs d'applications interactives de proposer des œuvres qui sont accessibles au plus grand nombre, des contenus plus réalistes qui permettent de soustraire plus efficacement l'utilisateur à la réalité.

1.1.4. Exemples de systèmes interactifs

Voici quelques exemples concrets de systèmes interactifs récents :

- Les jeux de simulation de sports : des jeux simples qui permettent de faire du sport en utilisant des contrôleurs qui détectent les mouvements, leur vitesse, leur force et leur précision.



<http://www.joystiq.com/screenshots/kinect-sports#/0>

- L'accessoire Wii fit qui propose des simulations de gymnastique sur un système de balance. La variation du poids due à un mouvement (lever de jambe, appui sur une jambe ...) est interprétée et permet au joueur de faire des exercices de travail de son équilibre.

- kinect adventures : Un jeu de simulation de parcours d'obstacles qui utilise la Kinect que je trouve très réussi et dont je souhaite m'inspirer pour mon projet en termes d'interaction. Pourquoi ce jeu vidéo est-il réussi ? Lorsque je l'ai testé, j'ai d'abord essayé le système : le personnage semble répondre à mes mouvements, je peux lui faire prendre de nombreuses poses. Ensuite, j'ai très vite compris comment avancer dans les mini-jeux et comment marquer des points. Étant un jeu multijoueurs, les joueurs sont très concentrés sur leur parcours afin de faire monter leur score au-dessus de celui de leur voisin. Cette concentration permet d'obtenir une immersion très forte. Dans un des mini-jeux proposés, la tâche consiste à esquiver les obstacles qui apparaissent subitement en faisant bouger son corps dans une direction (gauche / droite) et j'admets avoir presque senti certains obstacles lorsque mon personnage rebondissait contre eux en faisant un bruit d'impact.

Après chaque partie, on sort avec une satisfaction qui est proche de celle d'avoir fait une bonne performance sportive. Le jeu n'est pas vraiment épuisant (ce qui serait pénible) mais demande un minimum d'investissement physique.

Pour moi, il s'est dégagé 3 points forts : Le jeu répond aux mouvements du joueur, l'utilisation est simple, instinctive et le joueur évolue naturellement dans les décors. Le joueur est pris au jeu si bien qu'il essaye d'éviter les obstacles comme si il allait les subir.

Donc les 3 couches sont respectées et agencées de manière efficace.

1.1.5. Choix personnels de matériel pour le projet

Je peux finalement valider mes choix : pour ce qui est de la détection, j'ai choisi d'utiliser les contrôleurs les plus courants dans les jeux vidéo. Ils permettent une interaction simple mais assez précise pour le jeu, proposent des types d'interaction différents et sont accessibles au plus grand public. Pour le support mon propre ordinateur relié à un projecteur sera suffisant étant tant donné que je ne vise pas un réalisme très poussé, puisque je cherche surtout à mettre en avant le ressenti du joueur par rapport au dispositif et que l'univers que je souhaite utiliser s'inscrit dans un esprit « cartoon ». Pour répondre au problème du nombre de contrôleurs reliés à l'ordinateur, j'utiliserais un multiport USB.

1.2. Conception de la couche physique d'interfaçage

J'ai pu rencontrer plusieurs problèmes lors de la mise en place des contrôleurs notamment lorsque j'ai commencé à détecter différents mouvements du corps avec le contrôleur Kinect. De plus, j'ai eu quelques problèmes pour faire mes tests : mon écran était trop petit pour que je puisse voir ce qui se passe depuis ma position, ce qui bloquait complètement l'immersion dans le jeu. Je me suis donc posé plusieurs questions : Comment mettre en place de tels dispositifs ? Quelles données sont pertinentes à détecter ? Comment penser l'espace de jeu pour que la restitution sensorielle (images, sons ...) soit suffisante ? Si je ne parviens pas à trouver de solution, est ce que je peux proposer un système interactif qui fonctionne même avec une mauvaise visibilité ?

J'ai donc fait des recherches sur la transmission des informations, ce lien qui existe entre l'Homme et l'ordinateur dans le domaine de l'échange sensoriel et analogique, et sur comment penser la mise en place des systèmes permettant cette coordination.

1.2.1. Un échange entre Homme-machine

Avant de concevoir une application interactive / un jeu vidéo, il est essentiel de penser à de nombreux paramètres et procédés à mettre en place pour que l'utilisateur soit en adéquation avec le fonctionnement de ceux-ci. Ces étapes permettent de réfléchir aux informations précises à détecter, aux dispositifs à utiliser pour récupérer ces informations, et à ceux à utiliser pour stimuler les sens l'utilisateur... En d'autres termes, de réfléchir sur l'ensemble des procédés permettant d'avoir une influence dans l'application à partir d'une action dans le monde réel.

Dans la mesure où il y a un échange de données entre l'Homme et la machine, on peut parler d'un dialogue entre eux. Il y a effectivement un échange, puisque les 2 partis donnent des informations à l'autre et récupèrent des informations de l'autre.

Cet échange fonctionne de la manière suivante :

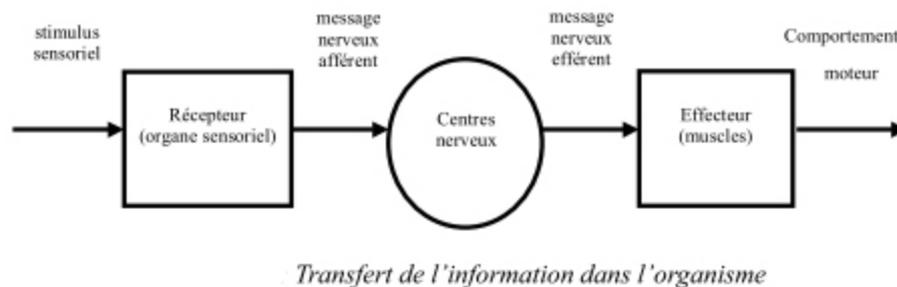


Figure 14 : Boucle de perception, cognition, action – source : [TRV]

Les points qui nous intéressent ici sont ceux liés au monde réel, à savoir la perception sensorielle et l'action physique. Nous aborderons les phénomènes de réflexion, de compréhension et d'action virtuelle dans d'autres parties. Ces points sont à la base de l'interaction, sans cette étape d'interprétation des phénomènes physiques, il serait impossible de dialoguer avec un système interactif.

Lorsqu'on parle d'échange entre l'homme et la machine, on parle d'un échange entre 2 entités qui n'ont ni le même langage, ni les mêmes codes. C'est pourquoi nous devons créer ces interfaces entre eux. Il existe 3 types d'interfaces qui lient physiquement l'homme à la machine :

- les interfaces motrices qui permettent à l'homme de donner l'information sur un effort qu'il fait à la machine (capteurs)
- les interfaces sensorielles qui permettent à l'ordinateur de transmettre des informations aux sens de l'homme
- les interfaces sensorimotrices qui permettent un flux d'information direct entre l'homme et la machine.

1.2.2. Modélisation biomécanique du corps

Une étude sur le sujet de l'interaction / immersion nous présente un schéma d'un « homonculus sensoriel », qui propose 2 représentations d'un Homme. Dans la première, les parties avec lesquelles il agit le plus ont une taille plus importante (mains, pieds, parole ...) et dans l'autre, ce sont celles avec lesquelles il perçoit qui apparaissent plus importantes (yeux, mains, ...).

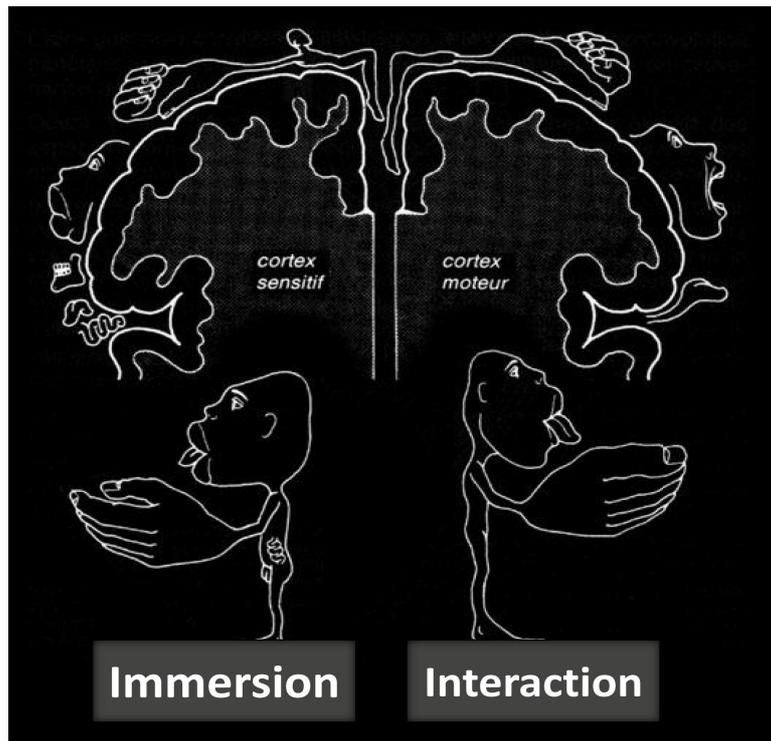


Figure 15 : schéma représentant les homonculus d'immersion et d'interaction – source : <http://www.afblum.be/bioafb/hominisa/hominisa.htm>

Interfaces motrices

Pour penser comment concevoir une interface motrice, il est essentiel de rappeler que le corps de l'Homme fonctionne selon des phénomènes physiques du domaine de la mécanique. En effet, son poignet ne peut tourner que dans certains axes, de même que son genou etc... Nous avons une force, une endurance et une souplesse limitée et qui varie selon les individus. Il convient donc de considérer l'Homme comme une machine pour concevoir les interfaces servant à capter ses mouvements.

Pour chaque fonctionnalité que l'on veut associer à une partie du corps, il faudra d'abord déterminer si elle peut assumer la force, la vitesse, l'amplitude, le sens, la durée et la répétition de l'effort qu'implique cette fonctionnalité et aussi vérifier qu'elle n'empiète pas sur une autre fonctionnalité (par exemple si lever une jambe implique une action et l'autre jambe en implique une autre, nous ne pourrions pas forcément faire les 2 en même temps). Il faut aussi tenir compte des facteurs extérieurs comme la gravité, la température, l'oxygène ...

Il faut aussi respecter l'ensemble des mécanismes naturels de mouvements que nous avons en tant qu'être humain, notre « signature biologique » (démarche, tenue, ...), lors de la conception de l'interface. Si nous ne pouvons pas nous exprimer « naturellement » à travers l'interface, celui-ci demandera un plus gros effort d'adaptation.

Un autre élément qui pourrait être intéressant sur le sujet est le développement des technologies de captation des ondes cérébrales. En effet, une telle technologie permettrait de détecter l'intention de l'utilisateur sans qu'il ne fasse de mouvements. Il suffirait alors de penser à bouger pour que l'ordinateur reçoive l'information du mouvement, ce qui pourrait ouvrir l'Homme à un nouveau type d'interactivité sans dialogue corporel. Cependant pour le moment ce type de dispositif n'est pas encore assez abouti et est encore très limité.

Interface sensoriels

Dans le *TRV*, monsieur M. Slater définit l'immersion comme les capacités du système à isoler l'utilisateur du monde réel, à délivrer une information riche, multi-sensorielle et cohérente. Il note aussi que «des métriques peuvent être définies pour décrire un système». L'immersion est donc définie comme ce que permet la technologie, d'un point de vue objectif.

Il s'agit donc d'« isoler sensoriellement » l'utilisateur et substituer ses sens en lui envoyant des stimuli artificiels qui se superposent aux sensations qu'il ressent en évoluant dans le monde réel. Dans la plupart des systèmes interactifs, le système utilise des interfaces sensoriels qui touchent la vue et l'ouïe, mais il est de plus en plus fréquent que le système renvoie aussi des stimuli physiques (tactile, retour d'effort ...) et plus rarement des stimulations olfactives ou gustatives.

Il s'agit donc d'acquérir des données sur l'utilisateur par l'utilisation de capteurs, pour analyser ces données afin de créer des images, des sons et autres sensations ; puis de restituer ces nouvelles données avec les périphériques de sortie dont le système dispose.

Enfin, les sens sont des résultats de stimulus envoyés par notre cerveau, il faut donc les traiter comme tels pour la conception de cette couche d'interfaçage. Il faut considérer le cerveau humain comme une machine recevant des informations (signaux électriques) envoyés par les différents capteurs du corps (yeux, peau, langue ...). C'est pourquoi avant de concevoir une interface motrice, sensorielle ou même sensorimotrice, on doit comprendre les mécanismes des sens ciblés pour les simuler de manière adéquate à travers les périphériques de sortie.

Interfaces sensorimotrices

Il s'agit d'interfaces qui regroupent des interfaces sensoriels et des interfaces motrices.

Par conséquent la considération sur l'utilisateur en tant que machine est la même que pour les 2 autres types d'interfaces. Un bon exemple d'interface sensorimotrice est le head tracker, un casque virtuel qui récupère l'information de la position et de l'orientation de la tête et propose un support de projection à l'aide d'un écran en forme de lunettes qui isole complètement la vue.



http://acet.rdg.ac.uk/research/virtual_reality/cave/components.php

1.2.3. Aide Logicielle Sensorimotrice (ALSM) :

Il ne suffit pas de détecter simplement des informations et de les traduire en valeurs assimilables par l'ordinateur. En effet, les informations détectées sont liées au matériel de détection et, aujourd'hui, aucun d'entre eux n'est fiable à 100%. La machine peut donc détecter des valeurs faussées liées à un problème technique de conception du dispositif (manque de précision), mais pouvant aussi être induit par une perturbation imprévue (magnétisme, chaleur, ...) ou encore par un mauvais calibrage du périphérique.

Ce genre de problème peut se régler par l'utilisation d'aide logicielle sensorimotrice. Il s'agit d'une aide dans l'application qui permet de mieux gérer l'interprétation des données reçues des capteurs (enlever les artefacts de détection) ou permet d'éviter d'autres problèmes liés au dispositif physique (sécurité ...). Par exemple, dans la plupart des jeux utilisant le contrôleur de Microsoft Kinect, les mouvements détectés ne sont pas utilisés tels quels dans le jeu, le logiciel fait une moyenne des positions des membres pour déterminer si il y a eu une erreur de détection (si un pied est soudainement détecté à 2 mètres du joueur la valeur n'est pas traitée) et pour que les mouvements soient fluides (si les valeurs varient trop, le mouvement serait saccadé, une moyenne permet de maintenir une valeur constante entre 2 points).

Les ALSM sont aussi utilisées pour limiter des gênes de la restitution sensorielle, l'antialiasing par exemple permet de lisser certaines images pixelisées pour leur donner un aspect plus net.

1.2.4. Les limites liées au corps humain

Il est indispensable que le dispositif soit « transparent », c'est à dire qu'il ne doit pas ressentir de gêne physique sinon peu. Si l'utilisateur ressent une gêne dans ses mouvements, il sera contraint dans le monde réel et sera donc moins « présent » dans le monde virtuel.

Interface motrice

Comme nous l'avons précisé plus haut, le corps possède des particularités mécaniques, ce qui implique plusieurs contraintes. Certains gestes nous sont impossibles (ou accessibles à peu d'entre nous) et il faut donc penser le dispositif pour qu'il n'aille pas au-delà des degrés de liberté de nos articulations afin ne pas les soumettre à un trop grand choc (force, électricité ...).

Une autre difficulté pour implémenter un périphérique : sa capacité à acquérir des données peut être limitée et il faut donc trouver des solutions techniques pour palier à ce problème (approximations, etc...). La WiiMote par exemple se contente de données de pointage et de position approximatives et gère ces informations pour que le jeu soit jouable malgré de nombreuses erreurs de détection. Il faut aussi prendre en compte l'espace qui sera disponible lors de l'utilisation finale du système. La Kinect, par exemple demande une grande surface libre pour pouvoir capter l'utilisateur.

Interfaces sensoriels :

Il est indispensable que l'utilisateur ne soit affecté par un quelconque décalage entre le virtuel et le réel, autrement la notion d'interaction en « temps réel » est bouleversée. S'il est techniquement impossible de diminuer le temps de réflexion machine à un temps infime, il faut penser à des mécanismes afin de ne pas affecter le joueur par ce décalage. Il est possible que le joueur subisse des troubles moteurs, liés à ce décalage entre son action physique et le retard de celle-ci dans le jeu.

Ce genre de problème peut aussi survenir lorsque le joueur est en immersion et que ses mouvements ne suivent pas une logique « naturelle » (par exemple si la gauche et la droite sont inversés). Il est aussi possible que l'utilisateur ait des sensations de malaise liées à la désynchronisation des mécanismes naturels de l'accommodation et de la convergence visuelle... Cela arrive par exemple lorsqu'on garde longtemps le regard sur un écran / un casque virtuel car la projection d'éléments virtuels qui simulent la profondeur sur une surface plate, sans profondeur, crée un trouble de la perception.

L'ensemble des problèmes liés à ce changement de système (du réel au virtuel) est appelé mal du simulateur (cyber-sickness). Ces problèmes peuvent provoquer des troubles de l'orientation, des vertiges, une instabilité posturale, des troubles oculo-moteurs (migraines ...).

Aussi, il faut tenir compte du fait que le joueur porte son attention sur le monde virtuel et pas sur ce qu'il fait. Pour saisir un objet, il regarde l'écran et non sa main. Il faut donc penser l'espace où l'utilisateur va évoluer pour que celui-ci ne soit pas gêné par un élément qui a échappé à sa perception. Ce type de gestes maladroits a déjà cause de nombreux dégâts, notamment avec la WiiMote : des gens ne faisant plus attention à leur entourage ont accidentellement frappé leur voisin direct ou abîmé des éléments de leur mobilier.

Si l'utilisateur est sensible au plaisir, il l'est aussi en termes de désagrément. Aussi, le soumettre à des sons désagréables ou à des images saccadées peut engendrer un trouble psychologique et de l'énervement. Il arrive que l'auteur cherche intentionnellement à provoquer ces troubles dans une volonté de déstabiliser l'utilisateur, pour lui faire peur ou augmenter son niveau de stress (jeux d'horreur, situations critiques).... Mais il convient de doser cette déstabilisation, pour ne pas dépasser les limites du supportable, et aussi

parce que tout le monde n'a pas forcément les aptitudes requises pour se retrouver dans certaines situations (si certains tolèrent facilement le stress, d'autres peuvent en être extrêmement choqués).

Les ambiances (visuelle, son, température ...) peuvent être un ajout positif au système, mais peuvent aussi constituer une gêne. Une musique répétitive devient vite lassante par exemple.

Il faut aussi se rappeler que les organes sensoriels ont aussi leurs limites : bruit (de 20 Hz à 20000 Hz), humidité, luminosité ... Et qu'il faut que tous ces paramètres soient évalués en fonction du public ciblé (âge, surdité ...).

Interfaces sensorimotrice

Les contraintes, regroupant celles des interfaces motrices et sensoriels, sont donc encore plus difficiles à contourner, puisqu'il faut que l'espace d'acquisition des données provenant de l'utilisateur n'empiète pas sur l'espace de restitution sensorielle et que l'addition du dispositif de captation et du dispositif de restitution reste négligeable en terme de gêne pour l'utilisateur.

1.2.5. Entre perception et compréhension

Nous avons vu qu'il est possible de "manipuler" les sens de l'utilisateur en lui proposant certains stimulus sensoriels adaptés. Cette manipulation n'est possible que si l'utilisateur admet le monde virtuel comme son environnement de référence. Il ne faut pas oublier que dans le cas d'un système interactif réussi, l'utilisateur est présent physiquement dans un espace réel mais psychologiquement dans l'univers virtuel.

Lorsqu'on se place en cycle d'évaluation, on doit vérifier l'efficacité des interfaces mises en place et si leur présence est justifiée et judicieuse. Il convient donc de voir quelle utilité et quelle compréhension se tire de l'utilisation des éléments de notre système interactif, s'il ne manque pas d'informations pour compléter une fonctionnalité mal exploitée et si le système répond bien aux stimuli des capteurs reliés à l'utilisateur.

On peut par exemple remettre en cause le moyen de déplacement dans le monde virtuel de notre système : le joueur parvient-il effectivement à se déplacer avec le dispositif ? Y arrive-t-il sans difficultés ? L'action du joueur permet-elle un déplacement dans le jeu ? Ce genre de problème n'est pas à traiter uniquement sur le plan physique, une erreur d'utilisation peut aussi, découler d'un problème de compréhension sur la manière d'utiliser un dispositif. Ces problèmes sont souvent liés à un manque d'indices permettant à l'utilisateur d'acquérir la connaissance pour maîtriser les outils que le système lui propose. Ce qui implique qu'un dispositif peut être bien pensé en terme de captation ou de restitution de données mais son utilisation ne sera optimale que si il correspond à la logique de l'utilisateur. Je développerais l'idée de « logique » dans la partie suivante (« comprendre le monde virtuel »).

Parmi les dispositifs existants dans le commerce, il existe plusieurs grandes vagues de contrôleurs qui sont fonctionnels dans ce domaine. Certains développeurs de consoles de salons se penchent plutôt sur le développement d'une série d'objets contenant divers capteurs à prendre en main ou qui ressemblent à un objet du réel (ballon de foot, pistolet ...) pour les représenter dans le virtuel. On a la sensation de toucher puisque l'objet est présent physiquement dans notre main, plus un retour de vibration pour augmenter la sensation de contact dans le virtuel (on retrouve aussi cette idée dans les simulateurs de bornes d'arcade).



<http://www.linternaute.com>

A l'opposé, on trouve des dispositifs qui proposent une expérience uniquement basée la détection par interpolation d'images (Microsoft Kinect / EyeToy de Sony). Le résultat est le même dans la mesure où l'on peut donner des objets virtuels dans les mains de l'utilisateur puisqu'on en connaît la position. Mais l'objet n'est plus présent physiquement et il manque donc la sensation de toucher que l'on ressent sur le type de dispositif cité ci-dessus. Il offre cependant une détection plus complète, puisqu'il détecte tout le corps, là où les autres contrôleurs ne sont employés que pour capter certaines parties du corps. Le joueur peut donc se concentrer sur les mouvements de tout son corps, il possède une plus grande liberté d'action puisqu'il n'a ni fils ni boutons. C'est donc dans la conception du monde virtuel qu'il faudra intégrer les éléments lui permettant de comprendre comment se servir du dispositif.

D'autres contrôleurs ont moins bien marché : le prototype de « manette corporelle » (le *bodypad* de la marque BigBen) qui permettait d'associer un bouton de manette de console de salon à un mouvement (tendre le bras/la jambe gauche/droite) grâce à des capteurs de pression... Le but étant de rendre un jeu de combat plus « vivant » en faisant bouger le joueur. Mais le *bodypad* s'est heurtée à plusieurs problèmes : on ne pouvait plus effectuer certaines actions (ici des coups spéciaux) car les jeux n'étant pas conçus pour ce genre de contrôleurs demandent une vitesse de réaction importante et qu'il est impossible de faire certaines combinaisons de touches (il faudrait bouger tous les membres en même temps). De plus, le fait que les coups du personnage virtuel diffèrent avec les mouvements du joueur rend la chose beaucoup moins intéressante. Ce cas m'a beaucoup intéressé, puisque dans mon projet, je dois intégrer différents contrôleurs à un même jeu. Le *bodypad* aurait peut-être pu être plus efficace si les jeux disposaient d'une option permettant de changer les contrôles dans le jeu pour s'adapter à celui-ci. Lors de la conception d'une interface motrice, il faut d'abord voir si il peut entrer réellement dans les critères d'utilisations des jeux / applications qu'il vise. Pour ma part, j'ai dû adapter mes jeux à la variété des contrôleurs.



Figure 18 : image de la boîte de présentation du bodypad de BigBen – source : <http://www.mastersystem-france.com>

Comme je l'ai mentionné en introduction à cette partie, j'ai eu beaucoup de mal à adapter la façon d'utiliser certains contrôleurs pour qu'ils permettent de jouer avec autant de fonctionnalité que les autres. Chaque contrôleur est assigné à un type d'interaction donné, dans un environnement donné (par exemple, il faut être proche de l'écran et plutôt assis pour utiliser un clavier, un doigt bouge plus vite qu'un bras ...). Il est bien sûr possible d'essayer dénaturer son utilisation pour palier à ce problème, mais la difficulté est alors de déterminer quelles données récupérées par le contrôleur sont pertinentes par rapport à ce que l'on veut faire et comment les interpréter pour qu'elles permettent de réaliser cette tâche.

En effet, il est difficile de trouver l'origine d'un problème lorsqu'il s'agit de gérer la difficulté dans un jeu vidéo. Afin que le jeu soit jouable sans être trop facile, il faut non seulement gérer la difficulté en fonction du périphérique (nombre de boutons à utiliser pas trop élevé, ne pas demander des gestes trop précis ou trop rapides si le dispositif ne le permet pas forcément ...) en fonction de ce qui est compréhensible dans le jeu (il faut proposer des éléments dont la complexité reste accessible et qui entre dans une logique compréhensible par tous) et aussi en terme de contenu (il faut que le joueur puisse progresser dans le jeu). C'est pourquoi il est important de penser le système sur chaque plan d'interfaçage, mais aussi en général.

1.2.6. Mise en place des interfaces SM dans mon projet

Au final, il n'y a pas « une » interface sensorimotrice plus efficace que les autres, tout est une question du type d'interaction recherchée et de l'environnement souhaité. Pour une tâche qui demande beaucoup de réactivité, de précision ou qui nécessite un espace très réduit, on aura plutôt tendance à utiliser des parties du corps telles que les doigts ou le poignet...

Dans mon projet, j'ai pu constater que certains dispositifs étaient plus difficiles à mettre en place que d'autres. Si une détection d'un appui de boutons est facile à traiter, la difficulté de traitement n'est pas la même lorsqu'on récupère les données des mouvements de l'utilisateur. Il est difficile de dissocier un mouvement d'un autre, d'établir des valeurs qui marchent dans tous les cas d'utilisation (distance du dispositif, gabarit de l'utilisateur) ... La complexité de l'interaction de l'utilisateur avec le dispositif se ressent aussi dans la difficulté à la traiter.

En me servant de divers contrôleurs, j'ai essayé de mettre en valeur l'expérience qu'ils proposent avec divers contenus. Mais je me suis heurté à de grosses difficultés, notamment en terme de calibrage. J'ai par exemple essayé de capter du son avec mon microphone et un logiciel de son, et de créer une sorte de curseur de position virtuel en fonction de l'intensité du son, mais je n'ai pas réussi à obtenir des valeurs numériques me permettant de pouvoir avoir le résultat que je cherche. Soit le résultat est trop variable (le curseur est en perpétuel mouvement), soit il n'est pas assez sensible pour permettre de détecter une vraie variation du son... J'ai aussi eu beaucoup de difficultés à établir un calibrage correct pour la WiiMote et la Kinect, il est difficile de définir quelles valeurs sont correctes par rapport au mouvement que l'on veut détecter (quand je lève les mains, quelle valeur est détectée ? À quelle distance je dois être du matériel, est ce que quelqu'un de plus grand que moi aura les mêmes valeurs ? ...).

Dans mon appréciation personnelle, un type d'interaction qui s'approche de ce que l'on pourrait rencontrer dans la réalité donne l'impression d'être vraiment en train de faire une action dans le réel. Même si le dispositif n'est pas forcément adapté, je trouve que le langage du corps est une dimension importante en interactivité. Même quand on propose un système d'interaction restreint, qui n'utilise pas le corps, les gens ont tendance à effectuer des mêmes mouvements naturels pour tenter d'agir dans le jeu. Par exemple, dans un jeu de conduite, on tourne en appuyant sur le bouton mais il arrive que le joueur s'incline dans la direction qu'il a choisie, comme si il possédait un volant. Les nouvelles technologies permettent de placer l'utilisateur au centre du système interactif, autant en terme de mouvements que de perception, même si la plupart des dispositifs permettant un tel niveau d'interaction n'est pas accessible à tous et restent encore approximatif. Cependant, je pense que les technologies naissantes pourront permettre une nouvelle interaction entre le monde réel et le monde virtuel.

Enfin, j'ai décidé d'utiliser le projecteur pour avoir un support de jeu suffisamment grand pour que chaque joueur puisse voir la portion d'écran qui lui est attribuée, et bénéficier d'un espace physique de jeu suffisamment grand. Il existe sans doute des dispositifs plus adaptés, mais je ne veux pas créer de gêne pour les mouvements du joueur et il faut un dispositif qui ne soit pas individuel (pas un casque de réalité augmentée par exemple) car mon application est multijoueurs.

2. L'Homme dans la machine

Il existe des mises en garde sur la possibilité d'un futur où le virtuel prend une place trop importante. Dans certains ouvrages, on peut par exemple voir des gens qui délaissent leur enveloppe corporelle pour passer plus de temps dans le monde virtuel. On trouve également des auteurs qui parlent de piratages de la personnalité, de la mémoire (« *Total recall* ») ou d'autres fonctions cérébrales (« *ghost in the shell* »), celles-ci étant devenues liées aux flux internet et donc offrant une porte ouverte vers leurs facultés cérébrales ...

Dans la série animée « *serial experiment lain* », le net devient symboliquement une extension de la conscience. Les gens s'identifient de plus en plus à leurs doubles virtuels au point de juger leur propre existence physique inutile comparée une présence virtuelle étant considéré comme une forme d'existence qui perdure même après la mort (ce qui est déjà le cas puisque de nombreuses données survivent à leurs auteurs sur internet). On constate déjà, dans des MMOs (jeux massivement multijoueurs en ligne) et autres jeux, que certaines personnes perdent le sens de ce qui est réel (problèmes de personnalité dus à l'excès de jeux) et développent des troubles psychologiques. Le niveau d'interaction existant entre l'Homme et un milieu virtuel n'est pas encore parfait, mais il est suffisamment « prenant » aujourd'hui pour créer des dérèglements du comportement et que l'on pense déjà aux conséquences de l'évolution de la relation entre l'Homme et la machine.

Nous avons répondu à la question du lien entre l'Homme et la machine sur le plan physique, mais maintenant nous allons nous pencher sur la question suivante :

« Comment le cerveau construit-il une cohérence à partir de ces perceptions artificielles qui s'ajoutent à ses sens qu'il a dans le réel ? ». Dans cette partie nous allons voir comment permettre au joueur d'être « présent » dans le jeu, comment il peut comprendre et appréhender le monde virtuel.

2.1. Présence dans virtuel

Parmi les problématiques liées à la compréhension du monde virtuel, celle de la présence m'a beaucoup marqué, puisqu'elle traite de cette faculté de s'incorporer dans d'autres mondes. Lorsque j'ai commencé mes premières phases de tests, je n'ai pas ressenti cette « présence » dans mon jeu. Comment faut-il faire alors pour que le joueur soit « présent » dans un jeu ? Comment faire pour que plusieurs joueurs puissent être en immersion en même temps ?

2.1.2. Couplage allocentré

Lorsque le joueur est en état d'immersion, il se projette dans l'environnement virtuel. Souvent, on lui propose une représentation dans le virtuel : un avatar.

Avatar : « De son sens de descente de dieu sur terre, dans l'hindouisme, le terme avatar est passé en français au XIXe siècle pour signifier "transformation, métamorphose". Par contresens, il est parfois employé dans l'acception de "mésaventure". Le mot avatar a connu un nouvel élan grâce au jargon informatique, où il désigne l'apparence que prend un internaute dans un univers virtuel, voire dans des forums de discussion. Il est, là, bien plus proche de son sens originel. Choisi par l'utilisateur lui-même, l'avatar le représentant apparaît à chaque fois que celui-ci se connecte à un univers virtuel ou écrit un message dans un forum, afin qu'on l'identifie visuellement. Dans le langage courant des forums de discussions ou services de dialogue en ligne (chat), le nom avatar désigne également, par abus de langage, l'image que l'on utilise pour se représenter (que ce soit une image de soi-même, de quelqu'un d'autre ou d'une chose que l'on aime ou à laquelle on s'identifie). » [techno-sciences.net]

Autrement dit, l'avatar d'une personne est une identité créée dans un monde virtuel que le joueur / utilisateur incarne. Cette identité peut être une représentation virtuelle de l'utilisateur, personnalisée et dans laquelle le joueur/utilisateur se reconnaît complètement mais elle peut aussi avoir déjà été préconçue par l'auteur de l'application / du jeu (histoire du personnage, son nom, ...) et le joueur doit donc être contraint d'incarner une entité qui ne lui ressemble pas et qu'il doit découvrir.

Pourquoi un avatar ?

L'Homme cherche naturellement à s'échapper de la réalité quotidienne pour différentes raisons (arts, culture, travail). Le fait d'incarner un autre personnage permet à l'utilisateur de se placer dans un contexte qu'il ne trouverait pas dans la vie réelle, lui offrant ainsi de nouvelles perspectives, autant liée au personnage qu'il incarne que par son environnement. La différence avec une application interactive est qu'il devient complètement un autre personnage puisqu'il doit lui-même effectuer des actions, des choix et en subir les conséquences. Il influe sur le déroulement de l'histoire du personnage, elle n'est pas « figée ». De plus, l'identité de l'utilisateur doit s'accorder avec l'univers dans lequel il est présent, l'utilisation d'un avatar permet de se fonder dans le décor et donc de le rendre crédible. L'avatar s'utilise aussi pour une question d'anonymat : pour protéger l'identité de l'utilisateur, celui-ci ne donne ni son nom, ni ses coordonnées, ni ses données personnelles (âge, sexe, ...). Il est un pseudonyme associé à un personnage.

2.1.2. Comment expliquer cette « identification » à un personnage ?

Déjà dans le réel, nous avons tendance à nous projeter dans d'autres identités, de nous mettre psychologiquement à la place de quelqu'un, d'un animal... pour mieux comprendre une situation. C'est le phénomène d'empathie : « *Empathie: Faculté intuitive de se mettre à la place d'autrui, de percevoir ce qu'il ressent.* ». [Larousse]

Lorsqu'une application immersive est réussie, le joueur/utilisateur se place dans ce contexte empathique et oublie sa propre identité et le monde extérieur pour se concentrer uniquement sur l'avatar qu'il incarne et sur les éléments de son environnement virtuel.

Nous avons vu dans les parties précédentes qu'il y avait un dialogue présent entre l'homme et la machine, aujourd'hui, nous sommes capable de créer des interfaces avec un débit quasi immédiat, ce qui fait que chaque action du joueur/utilisateur se répercute directement sur le monde virtuel, autrement dit chacun de nos actes à une conséquence directe dans le virtuel, tout comme notre corps réagit aux stimulus de notre cerveau, notre « corps virtuel » réagit à nos mouvements, un peu comme un miroir.

Il n'est pas nécessaire de pousser l'interaction très loin pour que le phénomène d'identification ait lieu. En Effet, avant que la technologie ne permette un haut niveau d'interaction, on pouvait aussi, par des procédés narratifs, faire comprendre que le personnage présent était une représentation symbolique de nous-même, dans le jeu/ l'application.

Beaucoup d'applications (notamment sur internet) proposent de rendre l'expérience plus personnelle par différent procédés de personnalisations du personnage et de son environnement. Pour renforcer l'identification de l'utilisateur envers son personnage, on lui propose de choisir son physique, son style vestimentaire, ses antécédents, sa famille, son travail ... il est même parfois possible d'intégrer des

musiques du répertoire de l'utilisateur dans le jeu pour qu'il y ai quelques interactions dans le décor avec l'intensité de celle-ci.

Ces détails ne changent pas forcément les mécaniques du jeu et certains choix sont purement esthétiques, dans le simple but de rendre le personnage à incarner plus « confortable » pour l'utilisateur.



Figure 19 : Image d'édition de personnage tirée du MMO World of Warcraft – source : <http://www.mondespersistants.com>

2.1.3. Couplage égocentré

Un système interactif n'as pas forcément besoin de présenter un avatar pour que l'utilisateur se sente intégré dans le monde virtuel, il peut être présent dans l'environnement virtuel sans représentation particulière, si on lui propose une application où la vue est égocentrée (centrée sur l'utilisateur), l'utilisateur incarne son propre rôle dans un autre environnement. On peut aussi présenter un système d'interaction qui se présente comme une extension du monde réel et donc l'utilisateur agit dans un environnement de synthèse sans changer d'environnement de référence (ce qui est souvent le cas en réalité augmentée).

Si proposer un avatar n'est pas indispensable pour une application interactive, il est pourtant essentiel d'y avoir recours pour que l'utilisateur ressente certaines expériences. L'impression de présence n'aura pas le même impact si nous n'avons pas le moyen de voir notre entité subir les éléments de l'environnement virtuel. On aura, par exemple, moins d'intérêt à jouer à un jeu où on ne peut pas voir notre personnage mourir ou échouer ; mais on ne peut pas tuer un joueur pour qu'il se sente impliqué dans le jeu ! Il faut donc lui proposer une identité à laquelle il va s'attacher qui subira les aléas de l'environnement virtuel à sa place.

2.1.4. Expérience personnelle et application au projet

Dans mon expérience personnelle de joueur, je note plusieurs cas intéressant en terme de ressenti:

Lorsque je joue à *Super Smash Brothers*, un jeu de combat, mon taux de concentration est très important, il se passe des heures là où je ne vois passer que des minutes. Les commandes étant très simples et peu nombreuses, le déroulement du jeu ne nécessitant pas de prendre en compte beaucoup d'informations et le jeu étant basé sur la stratégie et les réflexes, les joueurs peuvent se concentrer uniquement sur l'action en cours.

Aussi, lorsque je joue à un Doomlike ou à un jeu d'horreur, et que la situation devient critique (peu de vies, changement de musique d'ambiance ...), le stress augmente et on adopte une attitude vigilante en balayant virtuellement le regard de tous les côtés, comme on le ferait dans le réel, sauf qu'ici notre tête reste bien immobile. Le moindre détail surprenant pendant ces situations crée un instant de panique, un sursaut, une envie de fuir le danger qui est réelle et que l'on exprime dans le jeu.



Figure 20 : capture d'écran du jeu Doom, où le joueur est acculé – source : <http://www.game-attitude.com>

J'en conclus que l'utilisateur investi dans un système interactif peut ressentir de nombreuses émotions très diverses, à partir du moment où il comprend qu'il se trouve dans la situation qu'on lui soumet, c'est à dire qu'il est le personnage mis en situation et qu'il est dans un autre environnement. Pour ce qui est de la différenciation de plusieurs joueurs, il suffit de proposer des moyens visuels pour différencier les différents avatars ou de séparer les systèmes de perceptions de manière bien visible (écran séparé en plusieurs parties ...).

2.2. Comprendre l'environnement virtuel

Toujours dans ma démarche de tests, j'ai remarqué d'autres problèmes : dans mes jeux qui impliquaient des déplacements dans le virtuel, les joueurs avaient du mal à s'orienter, à définir le chemin à parcourir. Je trouvais mes décors vides et « fades », mais quand j'ai voulu ajouter des éléments pour combler ce vide, le décor est devenu trop complexe pour que le joueur le comprenne. Lorsque je testais mes jeux j'avais des sensations de malaise... Je me suis alors demandé si cela pouvait bien provenir du vide présent dans les décors ou si cela pouvait provenir du phénomène de « cyber-sickness » cité ci-dessus. Je me suis donc demandé à quel point les environnements virtuels pouvaient influencer sur le ressenti du joueur. Cette partie portera donc sur les moyens à mettre en place pour qu'un utilisateur s'adapte à un environnement virtuel et les méthodes de navigation et d'interaction avec celui-ci.

2.2.1. Une perception cohérente du monde virtuel

En participant à une expérience interactive, l'utilisateur change de temps, de lieu et de système d'interaction. Dans le réel, il interagit directement en donnant des « ordres » à son corps et perçoit directement les choses avec tous ses sens alors que dans le monde virtuel, son système de perception se limite aux retours de la machine et il doit utiliser les dispositifs mis à sa disposition pour agir. Cela peut provoquer un sentiment de désorientation. Il faut donc faire attention à ne pas utiliser de repères de temps ou de lieu hors de notre possibilité de perception. Un système trop rapide pour le temps de réaction et de compréhension de l'utilisateur le plongerait dans l'incompréhension totale et l'impossibilité d'agir et le défilement d'un environnement trop rapide ou l'évolution dans un environnement trop complexe engendrerait une perte de repères. Mais un système trop lent engendrerait une forte frustration causée par le manque de rythme et une désynchronisation entre l'utilisateur et son action dans le virtuel. On peut trouver un exemple courant de cette frustration dans les jeux en lignes, lorsqu'un utilisateur à des problèmes de connexions et se met soit à ralentir soit à se déplacer de manière incohérente, par à-coup très rapides. Il devient alors très difficile d'arriver à continuer à maîtriser le déplacement du joueur dans le jeu.

Le TRV explicite aussi la notion de « signature du vivant » lorsqu'on a recours à des éléments vivants dans le virtuel. C'est à dire que nous sommes habitués à voir, chez l'Homme par exemple, une certaine démarche qui nous permet de l'identifier dans son mouvement comme celui d'un être humain. Une personne qui ne respecte pas cette démarche nous semblera anormale et plus ses mouvements s'écarteront de cette norme, moins elle semblera appartenir à notre espèce. En respectant certaines règles, on peut même arriver à créer des créatures non présentes dans le réel qui nous sembleront pourtant « possible ». [TRV] Dans Jurassic Park, les dinosaures nous paraissent réels et vivants parce que leurs mouvements respectent les lois que nous avons appris à reconnaître comme la signature du vivant ». Le respect de ces signatures biologiques confèrent un aspect vivant aux entités du MV, mais il faut aussi respecter les règles de physique (gravité, inertie, réflexion de la lumière ...) pour donner au cadre un aspect réel.

2.2.2. Un monde de « symboles »

Selon certaines théories issues de l'étude de la cognition ([Francisco J. Varela] cognition : fait d'agir sur la base de représentation qui ont une « réalité physique sous forme de code symbolique dans un cerveau ou une machine »), l'Homme se représente le monde d'une certaine façon, par des « symboles », c'est à dire qu'il ne perçoit pas les choses telles qu'elles sont mais telles qu'il les comprend. Autrement dit, si

l'environnement soumis à l'utilisateur reproduit un système de symboles cohérent et compréhensible par celui-ci, il aura l'impression que l'univers virtuel est un monde différent, mais qui « existe ».

Ces « symboles » sont issus de souvenirs basés sur notre expérience dans le monde réel. Ces souvenirs sont associés à des objets, des éléments, sur lesquels nous avons acquis des informations comme la texture, la consistance, ... Ainsi, lorsqu'on voit une bouteille dans un monde virtuel, on s'attend à ce qu'elle ait les mêmes propriétés que dans le réel. Même si concrètement on ne peut pas la saisir, par une déduction liée à nos souvenirs, nous pouvons faire en plus d'une exploration visuelle, une exploration sensorielle de l'environnement virtuel en y associant des « valeurs » et des impressions liées aux éléments qui le composent. Ce qui fait que c'est notre propre esprit qui rend le monde virtuel « réel ».

L'étude de la cognition permet de mieux comprendre l'impact de l'environnement virtuel sur l'utilisateur et d'en déduire comment modéliser un espace virtuel et une expérimentation dans cet univers de manière à le rendre plus facile à appréhender par la compréhension humaine. Cette étude des « symboles » présents dans le monde réel permet de mieux entrevoir comment mettre en place un univers virtuel cohérent. Que le monde virtuel qu'on lui présente soit une représentation du réel augmenté ou déformé, une représentation de phénomènes non visible par l'Homme dans le réel ou bien un univers complètement imaginaire, tant qu'il respecte certaines règles et possède certaines représentations permettant à l'utilisateur d'en comprendre les mécanismes et donc il saura interagir avec cet environnement.

D'autres facteurs à prendre en compte : les « applications cognitives », soit le fait d'entreprendre naturellement une action à partir d'un symbole (forme, couleur ...). Si un objet à la forme d'un marteau, nous aurons naturellement envie de nous en servir comme tel. Il convient alors de penser à l'aspect des choses qui nous sont utiles pour que nous en trouvions naturellement la fonction, et à éviter les illogismes (donner une valeur symbolique à un objet qui n'a pas la fonction qu'il semble avoir). Donner une couleur verte à un élément dangereux pourrait par exemple induire le joueur en erreur, puisque le vert ne correspond pas à une symbolique de danger, mais de sécurité.

2.2.3. L'univers virtuel comme monde de référence

De manière générale, nous avons une perception unique et cohérente des choses : nous n'avons qu'une seule conception du monde qui nous entoure, que nous nous construisons en créant une « image » basée sur l'ensemble des données que nous accumulons, qui nous proviennent de nos sens. Dans un monde virtuel, nous arrivons à produire le même phénomène, même si les sens qui nous fournissent des informations pour nous permettre de créer une image du monde virtuel sont moins nombreux que dans le réel. Nous arrivons tout de même à faire cette synthèse et à en créer un nouveau monde de référence, le temps de l'immersion.

Pour illustrer et étudier les effets de l'immersion dans un environnement virtuel, de nombreuses expériences ont été réalisées. L'expérience de la chaise est une expérience qui montre l'impact d'un milieu virtuel hostile sur l'utilisateur, sur son ressenti d'un danger perçu dans un environnement de réalité virtuelle. Une chaise présente physiquement dans un décor est aussi présente dans une pièce en réalité virtuelle et son accès se fait par un court chemin de planches, aussi représentée virtuellement, posées sur le sol. L'utilisateur ne voit pas le sol, il porte un casque virtuel et voit, à la place, un précipice sans fond.

L'expérience montre que les utilisateurs ont une démarche prudente et portent des facteurs de stress (transpiration, cœur qui bat vite ...), même si ils peuvent se douter qu'il n'y a bien un sol dans le monde réel. Pour simplifier les choses, et augmenter le ressenti, le décor virtuel à été fait sur la même échelle que le monde réel, ce qui trouble encore plus l'utilisateur puisqu'il y a une correspondance entre les mondes. Même si l'utilisateur peut être conscient d'être dans une salle expérimentale, il « choisit » le monde virtuel comme référence en occultant les informations liées à l'environnement physique réel et adopte ses réactions et sa perception de manière cohérente avec le monde virtuel.

2.2.4. Orientation et évolution dans un espace virtuel

Parmi les problèmes de compréhension du monde virtuel, une des plus importantes problématiques concerne l'orientation et l'évolution de l'utilisateur dans un environnement virtuel, alors qu'il n'a qu'une perception restreinte d'un monde virtuel (essentiellement visuelle) ?

Pour qu'un joueur puisse s'orienter dans un espace, il faut qu'il soit suffisamment grand pour qu'il puisse y évoluer mais suffisamment petit pour l'appréhender visuellement. Un décor trop grand et trop riche offre trop d'éléments et de détails qui attirent l'attention du joueur et, par conséquent, le détournent de son objectif premier (un chemin, une destination ...). A l'inverse, un décor trop peu fourni n'offre pas assez de repères visuels pour que le joueur ait la sensation de progression. Un déplacement nécessite de savoir où on se trouve et où on veut aller, choisir un itinéraire à ce but et être capable de le suivre. Pour aider l'utilisateur, on peut proposer au joueur une des autres façons de parcourir le monde virtuel, pour lui offrir d'autres points de vue qui offrent d'autres informations qui pourront l'aider à mieux comprendre son environnement. On peut donc avoir recours à des cartes, à des directives, des descriptions ou des images du lieu sous d'autres angles pour permettre au joueur de mieux cibler sa position ou son objectif.



Figure 21 : Capture d'écran tirée d'un environnement du jeu Metroid Prime de Nintendo – source : <http://yannick.fleurit.free.fr/GameDesign/Cam%E9ras%20et%20angles%20de%20vue%20dans%20les%20jeux%20d'aventure.htm>

Dans L'image 21, on peut facilement identifier la direction à prendre, ainsi que les éléments avec lesquels on peut interagir (la partie en surbrillance orange est un écran de contrôle). De plus l'affichage d'une carte 3D nous permet de facilement comprendre nos déplacements et notre progression dans le niveau.

Cependant, les règles dans la conception d'un environnement virtuel sont différentes de celles dans le réel. Si on place un utilisateur dans une représentation virtuelle d'un environnement existant il peut tirer des informations sur celui-ci ; mais si on le place ensuite dans ce même décor réel, il lui est impossible de s'orienter à partir des données qu'il a perçues dans le virtuel. Il lui manque les stimuli liés à ses jambes, aux mouvements de la tête et des yeux, ... Le mode de déplacement étant différent dans ces 2 environnements, le joueur ne parvient pas à faire le lien entre ses déplacements dans le monde virtuel et ceux effectués dans le réel. Les sensations liées aux déplacements physiques dans un environnement réel sont essentielles pour que le joueur y perçoive un sentiment de réalité. Peut-être pourrions nous palier à ce problème avec de nouvelles applications liées à des tapis roulants, des GPS ou des capteurs de mouvements comme la Kinect...

Pour illustrer cette idée, je citerais l'exemple de l'application *First Life* réalisée par le *Collectif One Life Remains*. Dans cette application pour iPhone, le joueur doit suivre un parcours qui lui est présenté sous forme de film pris à la première personne par des acteurs qui ont fait une première fois le parcours. Le but étant de se retrouver dans les mêmes situations que celles présentés, aux mêmes endroits que ceux visibles dans la vidéo et d'effectuer les mêmes actions que sur la vidéo (marcher, ouvrir une porte ...). L'application donne la volonté de mouvement au joueur, mais ne lui propose qu'une vue restreinte de son parcours (petit écran et son). Il est très dur de trouver son chemin car nos pas ne sont pas les mêmes que ceux de l'acteur, lorsqu'il tourne sa caméra, il nous faut identifier dans quelle direction. Certains parcours ont été très réussis, dans la mesure où il y avait suffisamment de repères pour que le joueur identifie la direction à prendre. Mais dès que les changements de direction étaient trop rapide ou compliqués, les joueurs n'arrivaient pas à finir le parcours.

Il faut que l'utilisateur puisse donner du sens au monde alors qu'il se déplace et qu'il puisse comprendre les objets qui bougent autour de lui et déterminer si leur mouvement est dû à son déplacement.

2.2.5. Réflexions sur mon projet

Après une longue réflexion et quelques retours de mes camarades, j'ai pu remanier certains de mes décors pour régler les problèmes rencontrés. Plutôt que d'ajouter de nombreux éléments virtuels pour combler les vides j'en ai ajouté une petite quantité pour apporter un peu de « vie », et j'ai plaqué un fond avec une image qui possède de nombreux motifs repérables pour offrir des références visuelles permettant de mieux comprendre le déplacement.

J'ai modifié les couleurs pour que les éléments importants ressortent ou qu'ils ne se confondent pas avec le décor et j'ai utilisé les mêmes palettes de couleurs pour les éléments ayant des fonctionnalités similaires. J'ai aussi noté que l'utilisation de flou pouvait me permettre de placer des éléments en arrière-plan, pour créer un contraste avec les éléments nets du premier plan, ce qui aurait été une solution pour garder un grand nombre d'éléments dans le décor sans trop troubler la perception de l'utilisateur.



Figure 23 : dernière version de tests du mini-jeu course de mon projet do it yourself

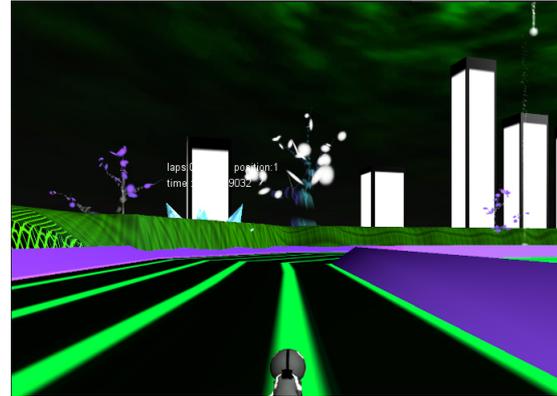


Figure 22 : première version de tests du mini-jeu course de mon projet do it yourself

J'ai pu appliquer les mêmes règles pour mes menus. Mes camarades qui ont testé mon interface d'accueil avaient du mal à situer l'option sélectionnée, les informations n'étaient pas suffisamment claires et parfois trop nombreuses. En utilisant une police plus nette et en changeant mes gammes de couleurs, la position des éléments et en ajoutant des étapes pour fragmenter les informations à afficher, j'ai pu créer un menu plus compréhensible et efficace.



Figure 24 : dernière version de tests de l'interface de menu de mon projet

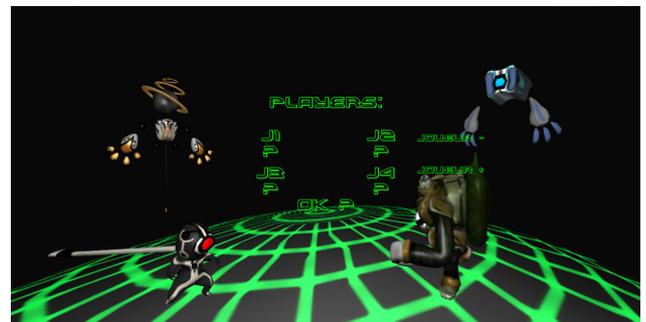


Figure 25 : dernière et première version de tests de l'interface de menu de mon projet

2.3. Aides à la compréhension du monde virtuel

Dans mes jeux, une fois que les joueurs ont compris quel personnage ils incarnent, les gens qui ont testé mes mini-jeux m'ont demandé ce qu'ils devaient faire. Si certaines actions avec certains contrôleurs sont évidentes, il n'est pas toujours facile de guider le joueur sur la bonne façon de jouer. De plus, le but est de fournir ces informations directement dans l'application, qu'elles découlent de la manière la plus naturelle possible sans explications de ma part ou de celle d'un manuel d'instructions... Comment faire pour que les joueurs parviennent à comprendre ce qu'ils doivent faire dans le jeu ? Quels sont les moyens les plus utilisés ?

2.3.1. Schèmes et métaphores

Dans l'univers réel, nous faisons souvent appel à des automatismes que nous avons acquis par l'expérience ou par déduction. Piaget appelle ces automatismes des « schèmes ». Un exemple concret de schème est par exemple, le fait d'ouvrir une porte. A chaque porte qui se présente à nous, nous savons naturellement que le mécanisme pour l'ouvrir (la plupart du temps) consiste à tourner une poignée.

Afin de guider le joueur, il convient par exemple de respecter une cohérence entre le monde virtuel et le monde extérieur. Il faut chercher une représentation de l'action dans le virtuel cohérente avec l'action du joueur. En effet, il faut souvent penser à exploiter les mêmes démarches que dans le réel pour fixer un espace spatio-temporel et des règles organisés et logiques pour l'utilisateur (le psychologue Piaget parle d'« organiser le virtuel »).

On peut aussi avoir recours à des « métaphores » : des images symboliques de l'action ou la perception souhaitée, qui est identifiable par l'utilisateur même si elle ne correspond pas à quelque chose qu'il pourrait voir dans le réel. On pourra par exemple, utiliser un icône avec un sac qui permettrait d'en voir le contenu plutôt que de voir le personnage fouiller dans celui-ci. Pour bien différencier un schème d'une métaphore : un curseur tactile est un schème puis qu'il découle d'un mouvement naturel, alors qu'un curseur de souris est une métaphore car l'utilisation d'une souris ne découle pas de ce type de mouvements (le plan sur lequel la souris bouge n'est pas le même que celui de l'écran).

Un utilisateur qui n'est pas « présent » dans le jeu aura tendance à chercher des erreurs dans la conception de l'interface pour rendre sa tâche plus facile. En effet, si l'utilisateur se rend compte de l'utilisation de schèmes ou de métaphores, comment ils fonctionnent et sur comment les utiliser à son avantage, cela peut complètement changer la façon de jouer et même produire de l'antijeu. Dans *wiiSports*, il existe un mini jeu de tennis où l'utilisateur se sert de son contrôleur comme d'une raquette de tennis. Assez vite, l'utilisateur se rend compte qu'il n'a pas besoin de faire des mouvements amples comme il le ferait avec une raquette (un simple mouvement de poignet suffit). Le problème se pose quand le joueur découvre comment faire des services puissants avec le moins d'action et quelle manipulation faire pour renvoyer la balle de telle façon à ce que le joueur adverse ne puisse pas la toucher. Le jeu perd alors tout son charme et consiste juste à bien réussir un coup imparable, ce qui limite chaque partie à un faible nombre d'échanges de balles. De plus, les seules informations prises en compte sont au final le moment d'accélération qui permet de lancer un coup de raquette et la direction de celle-ci (de gauche à droite ou de droite à gauche). On aurait souhaité d'un tel dispositif que la force de frappe et l'orientation de la manette influencent la trajectoire de la balle.



sport – source :
<http://well.blogs.nytimes.com/2007/12/27/wii-video-workouts-dont-beat-real-sports/>

Utiliser des schèmes est un bon moyen pour guider le joueur, mais il faut que leur degré de complexité soit assez poussé pour que les joueurs aient à faire une certaine performance qui justifie l'utilisation de cet interface homme-machine.

Il est important de faire croire au joueur que l'avatar/environnement virtuel effectue une action liée à un mouvement précis alors qu'il s'agit d'une approximation liée à l'interprétation de certaines données. Dans *kinect Adventures*, dans l'interface de menu du jeu, l'avatar saisit les différentes options avec sa main lorsqu'on passe à proximité. Hors la Kinect ne peut pas détecter les mouvements du poignet, la position du poignet et des doigts, ici, est influencée par la proximité de la main virtuelle avec les éléments du menu. Le joueur a donc l'impression que, lorsqu'il essaye de choisir un élément du menu en essayant de l'attraper, son avatar fait de même.)

2.3.2. Les Aides Logicielles Cognitives (ALCogs)

[BERTHOZ] « L'homme simule un mouvement dans sa tête avant de le faire, et en calcule toutes les conséquences ». Cette citation montre à quel point l'étape de réflexion est importante avant que l'utilisateur n'effectue une action concrète. Plus cette réflexion sera courte, plus l'utilisateur sera efficace et à l'aise dans ses actions. Il faut donc lui simplifier le plus possible la tâche de réflexion.

Il faut donc faire en sorte que les procédures soient simple et puissent être facilement déduites par l'utilisateur. On utilise pour cela des Aide Logicielle Cognitive (ALCog), qui sont des éléments qui apportent des informations complémentaires pour aider à la compréhension de la situation (cartes, barres de vies ...).

Pour comprendre comment concevoir une ALCog, il faut se rappeler qu'à chaque action du joueur, la situation dans l'environnement virtuel change. Cependant, le joueur n'a accès qu'à peu d'informations qui lui sont envoyée par les interfaces sensoriels. L'ordinateur doit donc lui fournir des outils lui permettant d'avoir accès à des informations qu'il ne peut pas (ou difficilement) trouver en explorant simplement l'environnement.

Pour chaque intention que l'utilisateur « envoie » à la machine, celle-ci lui retourne les informations nécessaire pour qu'il comprenne quelles modifications ont été concrètement réalisées dans le virtuel et qu'il puisse entreprendre une nouvelle action.



: <http://www.wii-attitude.fr/pre-legend-of-zelda-skyward-sword-av277.html>

On peut voir dans l'image de nombreux outils permettant de mieux comprendre la situation :

- La créature qui est ciblée par le joueur est pointée par une flèche clignotante rouge et orange.
- La créature qui vient de subir des dégâts change de couleur et clignote en rouge.
- Un arc bleu indique la direction et la présence d'un coup d'épée.
- L'indicateur de vie du joueur est matérialisé par des cœurs et celui de son argent par un chiffre placé à côté d'un rubis.

Mais il y a aussi des outils permettant de mieux comprendre comment utiliser le contrôleur de jeu à droite et à gauche, qui exposent les fonctionnalités associées à chaque bouton / direction de la WiiMote.

2.3.3. Assistance et substitution sensorielle

Un utilisateur dispose donc de moyens pour comprendre, qui il est, où il est et comment agir. Il manque maintenant la compréhension de ce qu'il fait : Comment faire comprendre au joueur qu'il agit concrètement dans le virtuel ? Quels processus cognitifs sont mis en place pour manipuler des objets qui n'ont aucune consistance ?

Le problème, dans de nombreux systèmes interactifs, est que les éléments virtuels que nous manipulons n'ont pas d'existence physique. On peut trouver des moyens pour éviter que l'utilisateur s'en rende compte en mettant ces éléments « hors de portée » du joueur mais que faire si il doit les manipuler ? La solution la plus répandue est d'avoir recours à une substitution ou une assistance sensorielle / motrice.

Une substitution sensorielle permet de remplacer un sens en utilisant un autre, par exemple pour compenser le manque de sensations tactiles. Ne pouvant faire de retour d'effort lorsqu'on manipule un

objet virtuel, on peut cependant produire des sons ou des marques visuelles pour indiquer que l'objet est bien en interaction.

Une substitution motrice permettra plutôt de faire une action ou de déplacer le joueur dans un environnement virtuel sans se déplacer dans le réel (voix, interfaces ...).

Ceci peut provoquer chez l'utilisateur une réelle sensation à partir de cette substitution sensorielle. L'exemple le plus connu étant le phénomène de "pseudo-haptique" : l'utilisateur ressent le toucher à partir d'informations visuelles, sonores, d'une vibration du contrôleur et d'autres éléments lui permettant de croire qu'il est en contact avec un élément. Comme l'utilisateur comprend qu'il est en contact avec l'objet, puisque de nombreux éléments lui confirment cette théorie, il admet ce contact et les sensations de toucher peuvent alors découler de sa comparaison entre ses souvenirs de la manipulation d'objets dans le réel et la situation présente.

Pour ce qui est des assistances motrices /sensorielles, il s'agit d'aides permettant de compléter un sens pour clarifier un élément important à saisir. Par exemple, si il est essentiel de localiser un bruit, on peut ajouter un élément visuel pour aider à en déterminer la provenance (flèche, impact...).

2.3.4. Mise en place des interfaces cognitives dans mon projet

J'ai pu comprendre que pour être efficace, un système interactif doit demander le moins d'action pour le plus de résultat c'est à dire qu'il faut que le joueur puisse comprendre un maximum de choses en faisant le moins d'interactions possibles. Pour cela il faut mettre les informations les plus pertinentes à disposition et guider le joueur le plus possible pour qu'il se concentre sur sa tâche sans avoir à se poser de questions pour comprendre le monde qui l'entoure.

J'ai donc ajouté certaines informations visuelles dans le jeu : j'ai mis en surbrillance le palet de mon jeu de palets, ajouté des impacts dans certains jeux (matérialisés par des jets de particules), position du joueur dans le classement dans le jeu de course ... Mais il me reste encore beaucoup de détails à corriger. Je compte aussi ajouter les détails sonores qui permettront de clarifier encore plus l'action et d'ajouter quelques fonctionnalités utiles.



Figure 28 : Images des mini-jeux et defend yourself de mon projet

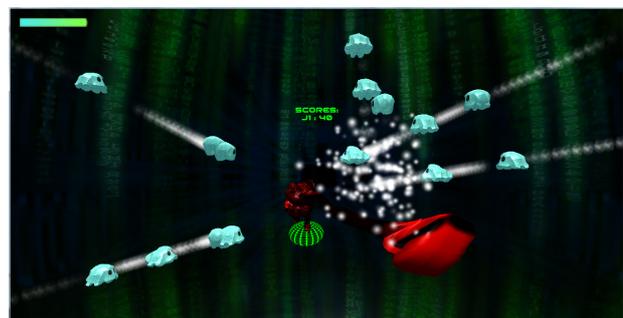


Figure 29 : Images des mini-jeux et defend yourself de mon projet

La correspondance entre le monde virtuel et le monde réel est d'une importance capitale, même pour des environnements imaginaires, il faut trouver et introduire des lois assimilables par l'utilisateur. C'est pourquoi, après avoir bien réfléchi à quels mouvements j'allais assigner certaines fonctions, j'ai revu mes

animations de personnages pour qu'elles correspondent à ceux-ci ou bien démarqué les actions permises par la détection de ceux-ci et j'ai ajusté la détection pour pouvoir les identifier plus ou moins clairement.

J'ai aussi repris quelques règles générales pour la compréhension d'un environnement virtuel pour m'aider à corriger mes interfaces de menu principal. J'ai remplacé des textes par des images plus significatives et reconnaissables plus facilement (métaphores) et j'ai ajouté certains repères visuels pour que le joueur situe bien l'action en cours (quel élément est sélectionné, quels sont les éléments disponibles ...).

3. Activité dans le virtuel

3.1. Entre activité désirée et activité effective

Lorsqu'on conçoit une application interactive, les premières choses à définir sont les activités (les fonctions) que doit réaliser le sujet. Lors de la création de mon projet, j'ai réfléchi au concept de l'utilisation de plusieurs périphériques dans des mini-jeux, mais je n'ai pas établi avec précision quelles seraient les activités concrètes de chaque joueur pour chaque périphérique et pour chaque mini-jeu. J'ai pu constater, lorsque j'ai demandé aux gens de tester mes jeux que les joueurs n'avaient pas toujours l'activité que j'espérais de leur part. Souvent les testeurs préfèrent essayer les interactions à la Kinect pour voir si le dispositif arrive à identifier leurs mouvements plutôt que d'essayer de terminer le jeu ou d'entrer en compétition avec les autres joueurs. Je me suis donc demandé : comment « mettre en place » l'activité de l'utilisateur ? Quelles sont les activités que l'utilisateur peut exécuter ? Comment alors pousser le joueur à effectuer certaines actions ?

3.1.1. Les Primitives Comportementales Virtuelles (PCV)

Pour mettre en place l'activité de l'utilisateur dans l'environnement virtuel, il faut en premier lieu se pencher sur les actions que l'on peut lui proposer d'effectuer. Chaque action peut être associée à une des «Primitives Comportementales Virtuelles» (PCV) Les PCV représentent les comportements de base de l'activité de l'utilisateur. Ces dernières peuvent être regroupées en quatre catégories :

- observer le monde virtuel : regroupe les activités qui sont associées au fait de diriger son regard, son attention sur des points précis ou encore à l'appréhension d'un environnement virtuel en essayant de percevoir et de comprendre les éléments qui le composent.
- se déplacer dans le monde virtuel : regroupe les activités associées au déplacement. Ce déplacement peut aussi bien être effectué physiquement, avec l'usage de capteurs corporels, que par l'utilisation de contrôleurs ou d'autres systèmes de substitution.
- communiquer avec autrui ou avec l'application : regroupe les activités associées au fait de pouvoir communiquer avec d'autres personnes, avec le système ou avec des éléments virtuels comme par exemple des personnages ayant une intelligence artificielle, par l'usage de la voix, d'un chat ou de boîtes de dialogues (dialogues textuels), ou encore du langage corporel (expressions faciales, signes ...).
- agir sur le monde virtuel : regroupe les activités liées aux actions du joueur qui influencent le monde virtuel et ses éléments. En effectuant des mouvements ou en utilisant des contrôleurs, le joueur manifeste au système une intention d'interagir avec des éléments du monde virtuel. L'ensemble des actions possibles dans cette catégorie est très vaste (déplacer des objets virtuels, actionner des mécanismes ...).

Il est indispensable de penser en détail comment chaque catégorie doit être réalisée et comment elles s'articulent.

Mais il est difficile de définir une activité sans l'associer à un but recherché car on ne peut juger si l'activité demandée est judicieuse qu'en vérifiant si elle permet bien d'arriver à un résultat précis défini par un objectif.

3.1.2. Définir des objectifs

Pour obtenir une activité d'une personne, il faut qu'elle ait une raison d'agir pour aboutir à un résultat qui justifie son activité, qu'elle ait un objectif à atteindre. En effet, dans notre quotidien, l'action humaine est mise en jeu pour aboutir à un résultat escompté (argent, détente, culture ...). Par conséquent, pour que l'utilisateur agisse, il faut qu'il fasse de l'objectif fixé par l'auteur son propre projet, il faut trouver un ensemble de raisons pour pousser l'utilisateur à agir, pas seulement à long terme, mais aussi à court terme. Dans le réel comme en réalité virtuelle, l'utilisateur commence par prendre des informations sur le monde extérieur, traiter ces informations puis ensuite prendre une décision sur comment agir. C'est donc dans la mise en place des informations qu'il perçoit qu'il faut l'influencer. Il faudra lui fournir des éléments qu'il pourra percevoir pour le guider, en utilisant par exemple des ALCog (endroits plus lumineux, etc...).

Aussi, étant donné que l'utilisateur agit souvent dans le réel pour des raisons précises. Dans un souci de cohérence avec le monde réel, il faut que l'activité de l'utilisateur repose sur des objectifs « naturels ». C'est à dire qu'il faut définir des objectifs qui peuvent susciter son intérêt et qu'il peut associer à quelque chose qu'il pourrait vouloir réaliser dans le réel. On pourra par exemple lui proposer de devenir plus fort, plus riche, plus populaire, de créer ou de diriger des éléments Si l'objectif proposé à l'utilisateur ne s'inscrit pas dans cette idée, il se sentira moins attiré par l'idée de le réaliser. Il est plus difficile par exemple de demander à un joueur de se laisser perdre volontairement pour continuer à progresser.

Pour moi, il faut différencier 3 types de système interactifs, dans lesquels les comportements souhaités diffèrent :

- le jeu vidéo
- les installations interactives
- les systèmes interactifs appliqués aux domaines professionnels (médecine, armée, mécanique ...)

3.1.3. Exprimer des objectifs dans un jeu vidéo

Une des manières les plus efficaces d'obtenir d'un joueur un comportement souhaité est de maîtriser son interaction, de la contraindre. En donnant des limites géographiques à un joueur, on le force à maintenir une direction, en bridant ses déplacements et ses actions possibles dans le jeu ou en l'exposant à une trop grande difficulté, on l'empêche d'accéder à certaines zones où il n'est pas sensé aller. On peut aussi jouer sur sa perception en plaçant des angles de caméras permettant de mettre une direction en valeur pour l'inciter à aller dans la bonne direction. Ce types de limites permet de contrôler la progression du joueur dans le jeu, mais pas nécessairement son attitude envers celui-ci. De plus, il convient de doser ces contraintes car trop limiter un joueur dans son interaction peut générer un sentiment de frustration car il ôte son sentiment de liberté.

L'auteur peut, pour inciter le joueur à agir correctement, valoriser son action en proposant une récompense pour chaque action qui s'inscrit dans l'esprit du jeu. Plus la récompense offerte sera influente dans le jeu (une clé pour accéder à une nouvelle zone, une nouvelle arme pour être plus puissant), plus le joueur sera tenté de l'obtenir.



jeu Mario Galaxy de Nintendo – source :
<http://kotaku.com/5308117/how-mario-galaxy-looks-in-720p/gallery/1>

Dans l'image ci-dessus, le jeu offre au joueur un environnement assez grand et complet dans lequel il peut évoluer en toute liberté. Mais certains endroits ne sont pas accessibles avant d'avoir acquis certains pouvoirs ou d'avoir fait certaines actions à des moments plus avancés dans le jeu. Lors des premières parties, il sera par exemple impossible au joueur de se rendre dans la partie la plus en hauteur du niveau. Il devra terminer d'autres quêtes avant de pouvoir se lancer dans l'exploration de la partie supérieure de ce niveau. Le but des quêtes à accomplir étant de récupérer des étoiles, pour pouvoir continuer à progresser dans les niveaux, afin d'arriver au niveau final où le personnage principal va sauver la galaxie.

L'auteur peut instaurer des moyens de pénaliser une action qui est contraire au comportement souhaité, en lui infligeant des pénalités (pertes de points, ou de vies), par l'ajout d'éléments lui indiquant qu'il se trompe ou pour le dissuader de continuer (l'affichage de panneaux « wrong way » dans les jeux de courses, alarmes ...).

L'auteur peut aussi jouer avec les mœurs et la conscience de l'utilisateur. Il peut l'inciter à faire des choix en le mettant dans des situations où il doit prendre le « bon » choix, autrement il sera responsable de ses actes. En proposant un choix où il est facile de prendre position on peut essayer de contraindre le joueur à prendre une certaine voie.

Enfin, l'aspect ludique du jeu peut aussi être utilisé par l'auteur pour véhiculer des messages qui peuvent aller au-delà d'un simple scénario de fiction. Les « serious games », des jeux ayant une intention sérieuse, sont des exemples de l'utilisation du support du jeu vidéo dans cette optique en proposant des jeux ludiques, jeux publicitaires, mais aussi des jeux impliquant des valeurs idéologiques sur l'écologie, l'humanitaire, la politique, la guerre ... La finalité désirée par l'auteur d'un serious game est donc plutôt une prise de conscience de la part du joueur du thème abordé dans le jeu.

3.1.4. Exprimer des objectifs dans une installation interactive

Les nouvelles possibilités qu'offrent les nouvelles technologies de l'interactivité influencent aussi l'univers de l'art. En effet, l'interactivité permet à l'artiste de situer l'utilisateur dans l'œuvre, il interagit avec elle, il établit un dialogue, elle lui transmet un message. L'objectif de l'artiste est de proposer au spect-acteur

(spectateur qui devient acteur par son interaction) une expérience particulière, souvent contemplative, qui lui permet d'ajouter son activité personnelle dans l'installation : parfois il pourra imposer son rythme, ses envies, ses choix ... Dans la plupart des cas, le spect-acteur est libre d'agir avec le type d'interaction qu'on lui propose comme il lui plaît. C'est alors dans le type d'interaction et dans la conception de l'environnement virtuel que l'auteur doit essayer de transmettre un message au spect-acteur.

Mais il peut aussi être contraint dans celle-ci dans un but précis. Dans l'œuvre interactive « The Legible City » de Jeffrey Shaw, on pédale sur un vélo réel pour faire avancer un film projeté mais nous n'avons aucun contrôle sur la direction du vélo, cette frustration a pour but d'apprendre à trouver ce qui nous intéresse et nous inviter à la dérive.



Figure 31 : Image de l'installation interactive the legible city de Jeffrey Shaw – source : <http://mountainshelly.wordpress.com/page/2/>

Mais l'art interactif n'est pas seulement réservé à œuvres où le spectateur est au centre de celle-ci, il peut aussi être utilisé à des fins de performance interactive.

Il m'a été donné de constater que certains artistes habitués aux arts ne nécessitant pas de média ne sont pas attirés par les nouvelles technologies. Notamment les comédiens / danseurs ou autres artistes du spectacle, qui sont assez réticents à l'utilisation de l'interactivité. Il existe pourtant de nombreux dispositifs combinant ces 2 arts (spectacle et art interactif), comme par exemple les danses avec utilisations de dispositifs de captation du danseur afin d'ajouter une dimension à la représentation, que ce soit par une projection d'images qui interagissent avec le danseur, ou par l'usage de décors mécaniques ou de sons influencés par les acteurs / danseurs.

3.1.5. Exprimer des objectifs dans un système interactif appliqué aux domaines professionnels

La Réalité Virtuelle s'utilise dans de nombreux domaines, à savoir la formation de certains corps de métiers ou de l'utilisation de véhicules par la simulation, la simplification de tâches dans l'industrie (ex : utilisation de réalité augmentée pour guider les ingénieurs mécaniciens), le domaine médical (surtout en psychologie), la recherches en psychologie et en biologie, le domaine commercial (présentations de produits / bornes interactives) ou encore dans certains corps de métiers spécialisés comme dans l'archéologie, l'océanographie...

Ici, ce n'est pas vraiment le créateur du système qui fixe les règles, il doit se conformer à la tâche à accomplir pour laquelle système à été conçu. Le but étant de parvenir à accomplir cette tâche le plus

rapidement et de la manière la plus facile possible (avec le moins d'effort de la part de l'utilisateur) et la plus sécurisée. Les systèmes sont souvent pensés pour coller avec des éléments existants, comme par exemple les simulations de pilotage d'avions pour mettre des pilotes en formation devant des situations à gérer sans les exposer au danger.

3.1.6. Anticiper les comportements des utilisateurs

Aussi, il est intéressant de voir qu'il y a souvent plusieurs interprétations d'un « objet technique » virtuel, il y a celle du concepteur et celles qu'en font les utilisateurs. En effet, comme chacun a une culture, des références et une conception des choses différentes, chacun peut voir une chose différente dans une situation donnée. L'expérience des Test de Rorschach met ce fait en évidence. Il s'agit d'un test de psychologie qui a pour but d'étudier et de comparer les résultats des descriptions de personnes lorsqu'on leur demande de décrire ce qu'elles voient lorsqu'on leur montre une tache d'encre. Pour une même tache, il peut y avoir de nombreuses interprétations sur la forme qu'elle inspire aux personnes.

Chaque utilisateur peut avoir une interprétation différente du monde virtuel, de la manière d'agir dans celui-ci et peut manifester des intentions différentes. Il faut donc que l'auteur essaye de se mettre à la place des utilisateurs, de prévoir leurs actions et réactions. Il faudra essayer d'anticiper les comportements les plus extrêmes et les problèmes de compréhensions et de faire une « moyenne » des comportements possibles face à un système donné. On pourra ensuite comparer cette moyenne avec l'activité souhaitée par l'auteur pour juger si le système est bien conçu (l'activité désirée correspond à l'activité des utilisateurs).

3.1.7. Mises en pratique dans mon projet

Il est nécessaire de bien définir les objectifs d'un système avant d'en entamer la production car c'est de là que va découler le comportement et l'activité de l'utilisateur. Il faut que le but principal du système soit clair et bien présenté pour que l'utilisateur s'y conforme et bien organiser les objectifs à court terme à soumettre au joueur dans chaque situation pour le guider dans son comportement, que ce soit dans un souci d'efficacité ou de respect d'un procédé narratif.

Dans le cas de mon projet, mon objectif principal a bien été la première chose que j'ai voulu mettre en place, mais dans certains cas, je n'ai pas suffisamment bien délimitée et mis en place les projets à court termes. En omettant d'ajouter des éléments de rappels ou d'autres mécanismes pour valoriser l'action du joueur, celui-ci manque de données pour comprendre quelle action entreprendre dans la situation où il se trouve. En ajoutant quelques contraintes et quelques ALCog, je pense pouvoir mieux définir ce qu'il y a à faire et clarifier les situations qui sont encore floues.

3.2. Sur quels critères évaluer un système interactif ?

Maintenant que je dispose de nouveaux outils pour penser à la réalisation d'un système interactif, je commence à réfléchir sur quoi pourraient porter mes nouveaux projets.

Mais pour cela, il me faut trouver un nouveau concept. Quelles sont les « bonnes recettes » ? sur quels critères peut-on évaluer un système interactif ?

3.2.1. Critères pour le jeu vidéo et les installations interactives

Dans mon appréciation personnelle, il se détache plusieurs éléments permettant le succès d'un système interactif, sans tenir compte de son prix d'achat ou de réalisation. Pour le jeu vidéo et les installations interactives, les systèmes qui fonctionnent le mieux sont souvent ceux qui tiennent compte de :

- La difficulté : Sans parler de la difficulté liée au dispositif même (interfaces Sensorimotrices), certains utilisateurs sont attirés par le challenge, par une difficulté accrue et d'autres par des systèmes ne leur offrant pas de résistance (pour les plus jeunes par exemple, ce qui est souvent le cas dans les œuvres d'art interactives vu qu'elles ont un but plutôt contemplatif). Dans un jeu, la difficulté s'évaluera dans la mise en place des éléments qui contraignent le joueur (nombres de vies, santé, etc...) et la qualité du gameplay. Le gameplay comprend « les règles du jeu, la manière dont le joueur est censé y jouer, la fluidité de ces règles une fois appliquées à l'environnement du jeu, et également la manière dont le joueur peut jouer, les possibilités offertes par l'environnement » [wikipedia].

Alors que dans une œuvre d'art interactive, on évaluera plutôt la difficulté des moyens d'interaction ou de comprendre le but de celle-ci, et elle sera donc appréciée par sa simplicité ou pour un résultat satisfaisant pour un effort donné.

- L'ambiance générale : Elle comprend autant l'ambiance visuelle, que l'ambiance sonore, le scénario ... Un jeu avec de beaux graphismes pourra par exemple trouver un bon public, même si le jeu en lui-même n'est pas très intéressant en termes de gameplay ou de scénario.

- L'originalité de l'expérience : La mise en place de dispositifs permettant d'expérimenter quelque chose de nouveau ou d'inhabituel permet de proposer à l'utilisateur une expérience unique, ce qui mettra en valeur l'œuvre interactive. Cette originalité repose sur le moyen d'interaction (trouver un dispositif intéressant en détournant des outils déjà existants ou en utilisant une mise en scène) ou sur le contenu en proposant quelque chose qui n'a pas encore été fait ou peu.

- L'utilisation de nouvelles technologies : Les applications mettant en œuvre des nouveaux moyens d'interaction ou de nouvelles fonctionnalités logicielles attirent la curiosité de nombreux utilisateurs qui souhaitent tester de nouveaux moyens d'interaction ou d'immersion. On pourrait intégrer ce critère à l'originalité de l'expérience, mais la différence est ici que c'est bien le côté technologique qui est mis en avant et que cette nouveauté n'est viable que le temps où la technologie employée est naissante.

Bien sûr, il n'est pas indispensable d'être optimal dans tous les critères cités ci-dessus pour qu'un système interactif soit apprécié. Souvent il suffit de se démarquer dans un critère particulier ou de bénéficier d'un bon équilibre entre certains d'entre eux pour trouver un public.

Voici quelques exemples de systèmes interactifs ayant eu beaucoup de succès :

Dans le jeu vidéo :

- la série des Final Fantasy : La série des Final Fantasy de la société Square Enix compte plus d'une cinquantaine de jeux dont les sorties sont souvent très attendues par le grand public. Les jeux utilisent des contrôleurs classiques (manettes) et proposent un gameplay intéressant mais répétitif et peu original. Mais ils se démarquent par la mise en place d'univers oniriques très riches, une excellente qualité visuelle et sonore et des scénarios très complexes impliquant de nombreux personnages.



http://www.skotcher.com/wallpaper/9_611_11205/Final_Fantasy_IX.html

- les « jeux rétros » : Malgré le fait que certains jeux ne sont plus à jour technologiquement et offrent une qualité sonore et visuelle limitée, nombre d'entre eux continuent à avoir du succès car ils offrent une interaction simple et souvent une difficulté très élevée parfois due au nombre de « bugs » ou d'imprécisions logicielles des machines de l'époque. Un des exemples les plus connus étant le célèbre jeu « Mario Bros. » sur les premières consoles de salon de Nintendo.



source : <http://www.journaldugamer.com/2008/04/16/mario-bros-en-14kb/>

- les jeux de simulation de sports : Déjà cités plus haut dans ce mémoire, les jeux de simulations de sports sont « à la mode » en ce moment et accompagnent la sortie de nouveaux contrôleurs associés à la détection de parties du corps. Mais la popularité de certains d'entre eux a décliné avec l'arrivée de nouvelles technologies plus performantes. C'est notamment le cas de « Wii Sports » sur Wii.

- flowers : Un jeu sorti sur Playstation 3 proposant d'incarner une brise ayant le pouvoir de redonner vie aux fleurs. Le joueur s'incarne donc dans un élément immatériel représenté par des pétales de roses virevoltants contrôlé par le mouvement de la manette. On peut ainsi progresser à toute vitesse dans un environnement en pleine nature en influant sur la végétation (l'herbe bouge au passage de notre brise) avec une totale sensation de liberté. Le jeu est simple et relaxant, tant par son ambiance musicale que par la beauté des images qu'il offre et par l'originalité de l'expérience qu'il propose, même si le jeu n'offre pas vraiment de scénario.



owers sur playstation 3 – source :
<http://www.gameinvaders.fr/tests/flower/>

Pour les installations interactives :

- les spectacles de la troupe mobilis immobilis : Mobilis Immobilis est une troupe de danseurs et de comédiens qui utilisent l'art interactif pour produire des performances interactives qui projettent des images sur des décors ou des éléments virtuels en fonction d'une danse et de sons mettant en scène l'acteur. Le résultat final propose un spectacle de danse augmenté par de nombreux détails visuels et sonores issus d'un espace virtuel.



troupe Mobilis Immobilis – source :
http://www.digitalarti.com/fr/image/narvalmobilis_immobilis_company

- les œuvres en 3D avec retour d'effort : Il existe certains dispositifs permettant d'ajouter une dimension tactile à une œuvre en 3D, proposant ainsi une expérience nouvelle et mettant en valeur une technologie nouvelle.

-« les pissenlits » de Michel Bret : Une référence dans le domaine des arts interactifs, le dispositif nous propose de souffler dans un micro déguisé en tige pour voir s'envoler le pollen d'un pissenlit virtuel projeté sur le mur d'en face. Le système est basé sur une technologie maintenant très accessible, mais il reste efficace dans l'originalité et la simplicité de l'expérience proposée.



source : <http://alicelabirintos.blogspot.fr/>

-pain station : Ce dispositif créé par Tilman Reiff et Volker Morawe propose à 2 joueurs de faire un duel sur un jeu (« pong ») où le perdant recevra en punition une décharge, une brûlure ... L'installation est très «épurée » dans le sens où elle n'offre pas vraiment de détails visuels ni dans le jeu, ni dans l'aspect du dispositif en lui-même (une table chromée avec un écran) ou de nouveauté technologique. Mais l'usage de la douleur comme punition est un concept qui est extrêmement peu abordé en interactivité, d'où le succès de l'installation.



Morawe – source :
<http://previewinout.blogspot.fr/2011/05/painstation-entretenimento-masoquista.html>

3.2.2. Critères pour systèmes interactif en milieux professionnels

Pour le cas des systèmes interactifs employés dans les domaines professionnels, on jugera plutôt de :

- L'efficacité de ceux-ci : un système proposant le moins d'effort pour le plus d'action, un système proposant plus de fonctionnalités ...
- Le plaisir dans la manipulation : ergonomie, interfaces graphiques ...
- La qualité d'interaction : le système suit bien l'intention de l'utilisateur
- La qualité de l'immersion : le joueur se sent présent dans le système de réalité virtuelle (RV).

Voici quelques exemples de systèmes interactifs connus :

- les simulateurs de vol, de sous-marins et autres véhicules : souvent utilisés pour l'apprentissage de la prise en main de véhicules complexes, l'utilisation de Réalité Virtuelle (RV) permet à l'utilisateur de maîtriser les interfaces proposés par le véhicule et de le mettre en situation sans mettre de personnes en danger ou risquer d'abîmer un des véhicules pendant l'apprentissage. L'utilisation de simulateurs peut aussi être utilisée pour la rééducation de personnes ayant subi un accident cardiovasculaire ou autre traumatisme moteur.



source : <http://www.science-et-vie.net/definition-simulateur-vol-932.html>

- « snow world » : Un bon exemple permettant d'illustrer le critère d'immersion est « snow world », un cas d'utilisation de RV sur les grands brûlés pour calmer la douleur pendant leurs soins. La qualité de l'immersion permet aux sujets d'être plus présents dans le virtuel que dans le réel et il donc de diminuer l'attention aux stimuli de la douleur.

On en fait la même utilisation pour soigner des soldats ayant des problèmes psychologiques liés à une intervention en guerre comme l'expérience de Harun Farocki : Images of War (at a Distance) ...



Figure 39 : Photo du dispositif Images of War (at a Distance) de Harun Farocki

- les systèmes d'aide pour les mécaniciens garagistes par réalité augmentée : Le dispositif se compose de lunettes avec des verres semi-opaques qui servent de support de projection possédant un système permettant de capturer la position des éléments d'une voiture (par reconnaissance de formes). Le but de ce dispositif est d'ajouter des éléments visuels pour que le mécanicien puisse plus facilement effectuer une réparation dans un cas précis. Le dispositif lui fournira par exemple les démarches à suivre, étape par étape, pour changer un élément du moteur. Il existe des dispositifs similaires en médecine, où ce sont des parties du corps qui sont identifiées par le système. Bien sûr la pratique se fait avec un mannequin et dans un but d'apprentissage.



réalité augmentée – source : <http://www.gizmodo.fr/2009/09/06/la-realite-augmentee-transforme-le-bricoleur-du-dimanche-en-pro-de-la-mecanique.html>

3.2.3. Autoévaluation et conclusion sur mon projet

Mes travaux m'ont souvent mis face à des changements de position sur la conception d'un jeu, à chaque nouveau projet, malgré de nettes améliorations, je me rends compte que le contenu n'exprime pas forcément ce que je veux, qu'il manque quelque chose pour le rendre plus attractif.

Je me concentre peu sur les détails, favorisant plutôt un « concept », une expérience que je veux illustrer par le jeu. Même si je dispose d'un avis critique sur mon projet afin d'en admettre les erreurs pour ne pas les répéter dans mes prochains travaux, j'ai réussi mon pari en mettant en place les différentes technologies que je ciblais et en proposant un système qui permet de mettre en évidence l'expérience souhaitée.

Si je devais situer mon projet actuel, je lui donnerais surtout comme points forts l'expérience originale qu'il propose et l'utilisation de nouvelles technologies. La difficulté est dosée pour essayer de correspondre à tous les publics, ce qui rend le jeu assez simple, même si l'utilisation de certains contrôleurs qui ne sont pas conçus pour certains jeux rend la prise en main plus difficile car moins maniable. Certains de mes jeux fonctionnent bien, surtout lorsqu'on utilise les contrôleurs qui impliquent un dialogue corporel. Malgré quelques défauts, les joueurs apprécient la simplicité de mes mini-jeux et ne sont pas perdus dans les environnements virtuels que je leur propose.

Un des points que j'aimerais travailler plus en profondeur est l'aspect graphique du jeu, car la qualité des images et des décors, l'ambiance musicale, les interfaces ... est d'une importance capitale. Je me rend compte que j'ai fait fausse route en privilégiant le concept à une recherche générale des éléments à mettre en valeur dans le jeu. Même si il est possible d'utiliser un style graphique simple et épuré (pixel art, faire de la répétition de décors ...) pour diminuer la charge de travail, l'ambiance doit être soigneusement travaillée. Le simple gameplay n'est pas toujours suffisant pour qu'un jeu trouve un public.

J'ai aussi appris à mieux articuler les éléments entre eux : souvent, lorsque je participe à un nouveau projet qui m'inspire, je pose beaucoup d'idées sur papier (croquis, notes ...) qui semblent à mes yeux intéressantes. Mais j'oublie de penser en termes de profondeur, de couleurs, de mise en situation. Commencer un jeu sans introduction, évoluer dans un décor qui ne met pas en valeur le contenu ... l'assemblage de plusieurs éléments qui ont été développés à part donne souvent un résultat un peu fade.

Pour ce qui est des interfaces liées aux contrôleurs et aux procédés cognitifs qui y sont liés, il y a toute une partie de recherche liée aux comportements et à la psychologie à respecter. Je me rends compte que cette recherche est valable à tout niveau d'utilisation d'un périphérique, même pour des tâches très simples. C'est cette recherche sur l'expérience et sur comment la mettre en valeur qui va donner un aspect intéressant au fait d'utiliser telle ou telle interface homme-machine. J'aurais souhaité trouver le temps de réussir à détecter des mouvements plus complexes avec les dispositifs de Microsoft Kinect et de WiiMote pour permettre au joueur une activité plus proche du réel (avoir l'impression d'utiliser un volant pour le jeu de course, une activité de danse plus aboutie pour le jeu DDR ...).

Cette année je n'ai pas seulement appris des éléments techniques même si j'ai aussi appris à gérer différents périphériques que je ne connaissais pas et appris à mettre en place certains outils sur le logiciel que j'utilise pour créer mes jeux (Unity).

J'ai surtout gagné en pratique et en rapidité pour mettre en place mes jeux et trouver des solutions à des problèmes précis. J'ai appris des outils de réflexion sur la création d'univers virtuels et sur les concepts portants sur la cognition.

Cette année a aussi été riche en terme d'apprentissage sur l'organisation de mon travail et j'ai aussi appris une leçon personnelle sur le besoin d'une équipe : ayant entrepris ce projet seul, j'ai dû concevoir le jeu dans tous les domaines, aussi bien graphiques que fonctionnels. J'ai pu constater qu'une répartition efficace des tâches m'aurait permis de me concentrer sur certaines parties plutôt que d'essayer de résoudre tous les problèmes rencontrés en même temps. De plus, un travail de groupe apporte un soutien et des points de vue extérieurs de personnes ayant d'autres compétences et d'autres références.

Conclusions

Un système interactif se conçoit dans un ensemble. Bien que la base d'un projet interactif utilisant la réalité virtuelle découle d'un concept, d'un message ou d'une tâche, il faut le concevoir par étapes de réflexions sur de nombreux points qui ont besoin de s'articuler. Il faut se soucier des mécanismes de la perception concernant tous les sens impliqués dans la réalité virtuelle c'est à dire des « variations aussi bien que les invariants mis en évidence dans les études physiologiques et psychologiques, ceci afin de générer et de transmettre l'information sous sa forme la plus appropriée, en fonction de la tâche souhaitée. »[TRV]

La création de tels systèmes est difficile, puisqu'elle traite de la coordination de 3 mondes ayant des lois et des représentations différentes, le réel, la psychologie et le virtuel. Pour que le système soit fonctionnel et naturel pour l'utilisateur, il faut que chaque part de réflexion mise en place soit viable dans chacun de ces « mondes ». Une interface Sensorimotrice se doit de respecter les lois du réel, d'être assimilable par la psyché humaine et de permettre une restitution ou une action dans le virtuel. Un espace virtuel se doit de pouvoir être comparable à des éléments du réel, être clair et pensé pour être compris par l'utilisateur et est aussi soumis aux règles qui s'appliquent aux éléments virtuels.

La place de l'utilisateur à une grande importance dans la conception du système. La présence d'un utilisateur dans un espace virtuel dépend de nombreux facteurs agissant sur sa compréhension et son acceptation de la situation qui lui est soumise par le système. Plus le système agit sur les sens prédominants de l'utilisateur, plus il est coupé du monde réel. Plus l'environnement est « crédible » et compréhensible, et moins il mettra en doute sa présence dans celui-ci.

On ne peut juger de l'activité d'un utilisateur qu'une fois le système conçu. On peut alors vérifier si le dispositif a été bien pensé si l'utilisateur arrive à s'en servir correctement et si l'activité des utilisateurs s'inscrit dans la finalité pour laquelle il a été conçu. Autrement, il faudra revoir si le système ne présente pas de problèmes liés au matériel, à un manque de cohérence entre le monde virtuel et le monde réel ou si les démarches demandées au joueur sont logiques et naturelles.

Pour conclure, j'ajouterais que la façon de mettre un utilisateur en immersion évolue avec les technologies qui y sont associées et la culture des utilisateurs. Je pense que d'ici quelques années, nous pourrions trouver de nouveaux moyens d'interactions impliquant de nouveaux mécanismes et que l'évolution des mœurs et de la pratique d'environnements virtuels tendent à changer ces rapports entre le réel et le virtuel et à diminuer le besoin de références au réel dans le virtuel.

Annexe 1 : Table des figures

Figure 1 : Images du projet « do it yourself ».....	7
Figure 2 : Schéma technocentrique de références en RV.....	9
Figure 3 : périphériques reliés à un ordinateur - source : http://ecoles-stemarie.ac-reunion.fr	11
Figure 4 : exemple de contrôleur de type joystick – source : http://fr.aliexpress.com	12
Figure 5 : image de souris – source : http://www.macstuff.fr/souris-apple-magic-mouse/	13
Figure 6 : le système LEAP Motion – source : http://www.slashgear.com/leap-motion-takes-on-kinect-cheaper-and-more-accurate-21229102/	13
Figure 7 : image de microphones – source : http://www.musicalads.co.uk/	14
Figure 8 : exemple de BCI - source : http://dei-s1.dei.uminho.pt/outraslic/lebiom/neuro/index.html	15
Figure 9 : Photo d'un jeu de course utilisant une imprimante comme support – source : http://www.semageek.com	16
Figure 10 : le banana piano relié au dispositif Makey Makey – source : http://blog.1001actus.com/insolite-bananes-clavier-77699.html	17
Figure 11 : Photo de réalité augmentée dans un centre commercial – source : http://augmentedmedia.net	18
Figure 12 : Photo de l'attraction « safari du futur » du Futuroscope – source : http://www.travelpics.fr	18
Figure 13 : Images du jeu Kinect sports – source : http://www.joystiq.com/screenshots/kinect-sports#/0..	20
Figure 14 : Boucle de perception, cognition, action – source : [TRV].....	22
Figure 15 : schéma représentant les homonculus d'immersion et d'interaction – source : http://www.afblum.be/bioafb/hominisa/hominisa.htm	23
Figure 16 : exemple de head tracker – source : http://acet.rdg.ac.uk/research/virtual_reality/cave/components.php	25
Figure 17 : exemples d'accessoires de WiiMote – source : http://www.linternaute.com	28
Figure 18 : image de la boîte de présentation du bodypad de BigBen – source : http://www.mastersystem-france.com	29
Figure 19 : Image d'édition de personnage tirée du MMO World of Warcraft – source : http://www.mondespersistants.com	33
Figure 20 : capture d'écran du jeu Doom, où le joueur est acculé – source : http://www.game-attitude.com	34

Figure 21 : Capture d'écran tirée d'un environnement du jeu Metroid Prime de Nintendo – source : http://yannick.fleurit.free.fr/GameDesign/Cam%E9ras%20et%20angles%20de%20vue%20dans%20les%20jeux%20d'aventure.htm	37
Figure 22 : première version de tests du mini-jeu course de mon projet do it yourself.....	39
Figure 23 : dernière version de tests du mini-jeu course de mon projet do it yourself.....	39
Figure 24 : dernière version de tests de l'interface de menu de mon projet.....	39
Figure 25 : dernière et premier version de tests de l'interface de menu de mon projet.....	39
Figure 26 : schème de l'utilisation d'une raquette dans le jeu Wii sport – source : http://well.blogs.nytimes.com/2007/12/27/wii-video-workouts-dont-beat-real-sports/	40
Figure 27 : Image tirée du jeu Zelda : the skyward sword de Nintendo – source : http://www.wii-attitude.fr/pre-legend-of-zelda-skyward-sword-av277.html	42
Figure 28 : Images des mini-jeux et defend yourself de mon projet.....	43
Figure 29 : Images des mini-jeux et defend yourself de mon projet.....	43
Figure 30 : Capture d'écran du jeu Mario Galaxy de Nintendo – source : http://kotaku.com/5308117/how-mario-galaxy-looks-in-720p/gallery/1	47
Figure 31 : Image de l'installation interactive the legible city de Jeffrey Shaw – source : http://mountainshelly.wordpress.com/page/2/	48
Figure 32 : Capture d'écran du jeu Final Fantasy XI de Square Enix - source : http://www.skotcher.com/wallpaper/9_611_11205/Final_Fantasy_IX.html	51
Figure 33 : Capture d'écran du jeu Mario Bros. de Nintendo – source : http://www.journaldugamer.com/2008/04/16/mario-bros-en-14kb/	52
Figure 34 : Capture d'écran de flowers sur playstation 3 – source : http://www.gameinvaders.fr/tests/flower/	52
Figure 35 : Photo du spectacle Narval de la troupe Mobilis Immobilis – source : http://www.digitalarti.com/fr/image/narvalmobilis_immobilis_company	53
Figure 36 : Photo de l'installation les pissenlits de Michel Bret – source : http://alicelabirintos.blogspot.fr/53	
Figure 37 : Photo de l'installation pain station de Tilman Reiff et Volker Morawe – source : http://previewinout.blogspot.fr/2011/05/painstation-entretenimento-masoquista.html	54
Figure 38 : Photo de l'intérieur d'un simulateur d'avion – source : http://www.science-et-vie.net/definition-simulateur-vol-932.html	55
Figure 39 : Photo du dispositif Images of War (at a Distance) de Harun Farocki.....	55

Figure 40 : Prise de vue depuis les lunettes du dispositif d'apprentissage de la mécanique par la réalité augmentée – source : <http://www.gizmodo.fr/2009/09/06/la-realite-augmentee-transforme-le-bricoleur-du-dimanche-en-pro-de-la-mecanique.html>.....56

Annexe 2 : Bibliographie et webographie

Bibliographie

- *Les traités de la réalité virtuelle*, tomes 1 et 2.
- *Invitations aux sciences cognitives* de Fransisco J. Varella.

Webographie

- Larousse.fr
- Wikipedia.org
- techno-sciences.net