

h e g

Les contrôleurs de nouvelle génération

Travail de Bachelor réalisé en vue de l'obtention du Bachelor HES

par :

Nicolas Magen-Terrasse

Conseiller au travail de Bachelor :

Peter Daehne, Professeur HES

Genève, le 13 juin 2014

Haute École de Gestion de Genève (HEG-GE)

Filière Informatique de Gestion

Déclaration

Ce travail de Bachelor est réalisé dans le cadre de l'examen final de la Haute école de gestion de Genève, en vue de l'obtention du titre d'informaticien de gestion. L'étudiant accepte, le cas échéant, la clause de confidentialité. L'utilisation des conclusions et recommandations formulées dans le travail de Bachelor, sans préjuger de leur valeur, n'engage ni la responsabilité de l'auteur, ni celle du conseiller au travail de Bachelor, du juré et de la HEG.

« J'atteste avoir réalisé seul le présent travail, sans avoir utilisé des sources autres que celles citées dans la bibliographie. »

Fait à Genève, le 13 juin 2014

Nicolas Magen-Terrasse

Remerciements

Je tiens à remercier particulièrement Monsieur Peter Daehne pour avoir suivi le déroulement de mon travail, ainsi que pour l'aide qu'il m'a apporté et les conseils qu'il m'a donné.

Je remercie également les personnes qui m'ont aidé à relire mon travail et qui m'ont donnés leurs avis et leurs conseils.

Enfin, je remercie ma famille et mes amis pour le soutien ainsi que pour les encouragements et la présence dont ils ont fait preuve.

Résumé

Ce document a pour objectif de faire un tour d'horizon sur les interfaces homme-machine d'ancienne et de nouvelle génération et plus spécifiquement sur les contrôleurs utilisés par ces interfaces. Le document est séparé en trois parties principales. La première partie tente de retracer l'histoire des principaux contrôleurs dit « classiques », comme le clavier et la souris, ainsi que de ceux qui les ont précédés. La deuxième partie concerne les contrôleurs de nouvelle génération ainsi que leurs technologies. La dernière partie est un dossier sur l'application de démonstration développée pour le contrôleur de nouvelle génération Kinect.

Table des matières

| | |
|---|------------|
| Déclaration..... | i |
| Remerciements | ii |
| Résumé | iii |
| Liste des tableaux | vii |
| Liste des figures..... | vii |
| 1. Introduction..... | 1 |
| 2. Les contrôleurs classiques | 2 |
| 2.1 Historique | 2 |
| 2.1.1 Avant le clavier et la souris..... | 2 |
| 2.1.1.1 Manipulation directe | 2 |
| 2.1.1.2 Les cartes perforées..... | 3 |
| 2.1.2 Le clavier | 4 |
| 2.1.3 La souris | 6 |
| 2.1.4 Le crayon optique..... | 8 |
| 2.1.5 La tablette graphique | 9 |
| 2.1.6 Les manettes et joysticks | 10 |
| 2.1.7 Le pavé tactile | 12 |
| 2.2 Les technologies classiques..... | 13 |
| 2.2.1 L'interrupteur | 13 |
| 2.2.1.1 Le bouton-poussoir..... | 13 |
| 2.2.2 Les dispositifs de pointage | 14 |
| 2.2.2.1 La souris | 14 |
| 2.2.2.2 Le crayon optique..... | 15 |
| 2.2.2.3 La tablette graphique..... | 17 |
| 2.2.2.4 Le pavé tactile | 17 |
| 2.2.3 Le retour de force..... | 18 |
| 2.3 Les interfaces homme-machine classiques..... | 19 |
| 2.3.1 L'interface en ligne de commande..... | 19 |
| 2.3.2 L'interface graphique..... | 22 |
| 3. Les contrôleurs de nouvelle génération..... | 25 |
| 3.1 Les contrôleurs commercialisés..... | 25 |
| 3.1.1 La Wiimote | 25 |
| 3.1.2 La Kinect..... | 27 |
| 3.1.3 Le Playstation Move..... | 28 |
| 3.1.4 Ecran tactile | 30 |
| 3.2 Les contrôleurs en développement | 31 |
| 3.2.1 Gant de donnée | 31 |
| 3.2.2 Google Glass | 32 |
| 3.2.3 Oculus Rift | 33 |

| | |
|--|-----------|
| 3.3 Technologies..... | 34 |
| 3.3.1 Reconnaissance | 34 |
| 3.3.1.1 Vocale..... | 34 |
| 3.3.1.2 Faciale..... | 35 |
| 3.3.2 Capture de mouvement..... | 37 |
| 3.3.3 Accéléromètre..... | 39 |
| 3.3.4 Gyroscope..... | 40 |
| 3.3.5 Electro-encéphalographie | 40 |
| 3.4 Les interfaces de nouvelle génération..... | 41 |
| 3.4.1 L'interface utilisateur naturelle..... | 41 |
| 4. Application de démonstration | 43 |
| 4.1 Présentation | 43 |
| 4.2 SDK de la Kinect | 43 |
| 4.2.1 Reconnaissance des utilisateurs | 43 |
| 4.2.2 Reconnaissance de mouvement | 44 |
| 4.2.3 Identification des sources sonores | 44 |
| 4.2.4 Suivit du visage..... | 44 |
| 4.2.5 Capture d'objet en 3D | 44 |
| 4.3 Framework XNA | 44 |
| 4.4 Architecture..... | 45 |
| 4.4.1 Les classes | 45 |
| 4.4.1.1 Layer3D..... | 45 |
| 4.4.1.2 Object3D..... | 46 |
| 4.4.1.3 Skeleton3D | 46 |
| 4.4.1.4 DesktopObject3D | 46 |
| 4.4.1.5 AudioPlayer3D..... | 46 |
| 4.4.1.6 TextReader3D | 46 |
| 4.4.1.7 Room3D | 46 |
| 4.4.1.8 DesktopRoom3D..... | 46 |
| 4.4.1.9 VideoRoom3D | 47 |
| 4.4.1.10 AudioRoom3D..... | 47 |
| 4.4.1.11 VocalControl | 47 |
| 4.4.2 Diagramme de classe | 48 |
| 4.5 Manuel utilisateur..... | 48 |
| 4.5.1 Installation..... | 48 |
| 4.5.2 Détection de l'utilisateur | 49 |
| 4.5.3 Les commandes vocales..... | 49 |
| 4.5.3.1 Changer de chambre 3D | 49 |
| 4.5.3.2 Modifier l'affichage du squelette 3D | 49 |
| 4.5.3.3 Quitter l'application..... | 49 |
| 4.5.4 Utilisation de l'explorateur de fichier 3D | 49 |
| 4.5.4.1 Saisir un fichier..... | 50 |
| 4.5.4.2 Jouer un fichier audio | 50 |
| 4.5.4.3 Afficher un fichier texte..... | 50 |
| 4.5.4.4 Afficher les autres dossiers et fichiers du répertoire courant | 50 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 4.5.4.5 | Changer de répertoire courant | 50 |
| 4.6 | Bugs connus | 50 |
| 4.6.1 | Autorisation d'accès à un répertoire | 50 |
| 4.6.2 | Caractère spéciaux | 51 |
| 4.6.3 | Perte du tracking du squelette..... | 51 |
| 4.7 | Améliorations futures | 51 |
| 4.7.1 | Création d'objets permettant de lire d'autre format de fichier..... | 51 |
| 4.7.2 | Création d'autres chambre 3D..... | 51 |
| 5. | Conclusion | 52 |
| | Bibliographie | 53 |
| | Annexe 1 : Les gants de donnée | 57 |
| | Annexe 2 : Evolution des contrôleurs de jeu..... | 59 |

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 1 : Commande de base sous Linux et Windows | 21 |
|--|----|

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure 1 : Panneaux de câbles et de fiches électriques de l'ENIAC..... | 3 |
| Figure 2 : Carte perforée à 80 colonnes | 4 |
| Figure 3 : Clavier Qwerty..... | 5 |
| Figure 4 : Souris à trois boutons et molette | 7 |
| Figure 5 : Crayon optique | 8 |
| Figure 6 : Tablette graphique LCD | 10 |
| Figure 7 : Manettes de différentes marques | 11 |
| Figure 8 : Joystick moderne | 12 |
| Figure 9 : Pavé tactile..... | 13 |
| Figure 10 : Symbole de l'interrupteur poussoir normalement ouvert | 14 |
| Figure 11 : Fonctionnement d'une souris à boule et optique..... | 15 |
| Figure 12 : Schéma du crayon optique..... | 16 |
| Figure 13 : Moteur de retour de force sur un contrôleur de type volant..... | 18 |
| Figure 14 : Exemple de CLI sous Ubuntu | 19 |
| Figure 15: Ordinateur Xerox Star et son interface graphique..... | 24 |
| Figure 16 : La Wiimote et le Nunchuck..... | 26 |
| Figure 17 : Le périphérique Kinect..... | 28 |
| Figure 18 : Playstation Move et sa manette additionnelle | 29 |
| Figure 19 : Ecran tactile sur ordinateur portable | 30 |
| Figure 20 : Gant de donnée à retour de force..... | 31 |
| Figure 21 : Google Glass fixée sur des lunettes sportives | 32 |
| Figure 22 : Oculus Rift et retour sur écran..... | 34 |
| Figure 23 : Résultat de l'algorithme DeepFace..... | 36 |
| Figure 24 : Motion capture classique..... | 37 |
| Figure 25 : Motion capture de la Kinect | 38 |
| Figure 26 : Schéma d'un système masse-ressort..... | 39 |
| Figure 27 : Fonctionnement d'un gyroscope..... | 40 |
| Figure 28 : Exemple d'interface naturelle | 42 |
| Figure 29 : Diagramme de classe de l'application | 48 |

1. Introduction

Depuis l'invention des premiers ordinateurs, l'homme n'a pas cessé de chercher des moyens d'améliorer la communication avec la machine. Ainsi, depuis bientôt un demi-siècle, notre manière de contrôler et de communiquer avec les ordinateurs progresse. Au début, il fallait modifier leur circuit électrique pour les contrôler, puis vint le traitement par lot de cartes perforées. Pendant une longue période, le clavier et l'interface en ligne de commande ont été le moyen dominant pour communiquer avec les ordinateurs. Puis vinrent les interfaces graphiques et la souris qui permirent aux micro-ordinateurs de se démocratiser auprès du grand public. Enfin les ordinateurs devenaient accessibles sans avoir à connaître une panacée d'obscures formules magiques appelées « lignes de commandes ». Aujourd'hui, des interfaces homme-machine de plus en plus axées sur les manières de s'exprimer de l'être humain se répandent, au détriment des anciennes interfaces jugées moins intuitives et plus difficiles à prendre en main. L'heure des interfaces naturelles, avec leurs contrôleurs de nouvelle génération, est arrivée. Les ordinateurs de demain seront contrôlés par la parole, par les gestes et par la pensée. Ce document tente de décrire, dans un premier temps, les contrôleurs habituellement utilisés jusqu'à aujourd'hui. Puis il s'oriente sur les nouvelles générations de contrôleurs et leurs technologies.

2. Les contrôleurs classiques

Les contrôleurs classiques que sont le clavier et la souris ont vu le jour à la même époque, aux alentours de 1960. Leurs utilisations concrètes dans l'informatique domestique sont liées à l'apparition de systèmes d'exploitation basés sur des paradigmes permettant de mettre leurs capacités en valeur. D'abord l'interface en ligne de commande pour le clavier, puis l'interface graphique pour la souris. Le trio clavier, souris et interface graphique domine en tant qu'interface homme-machine depuis le milieu des années 80 et jusqu'à aujourd'hui.

Le clavier et la souris succèdent à plusieurs types de contrôleurs d'ordinateur. Le plus répandu et industrialisé à l'époque est certainement la carte perforée. Utilisée déjà en 1728 dans l'automatisation des métiers à tisser, la carte perforée a eu son heure de gloire dans l'histoire des interfaces homme-machine.

2.1 Historique

Cet historique a pour objectif de retracer et de présenter les différents contrôleurs classiques en fonction de leur date d'apparition. Il retrace d'abord les principaux moyens de communiquer avec un ordinateur avant l'invention du clavier et de la souris, puis retrace l'histoire de ces derniers et de ceux qui les ont suivis.

2.1.1 Avant le clavier et la souris

2.1.1.1 Manipulation directe

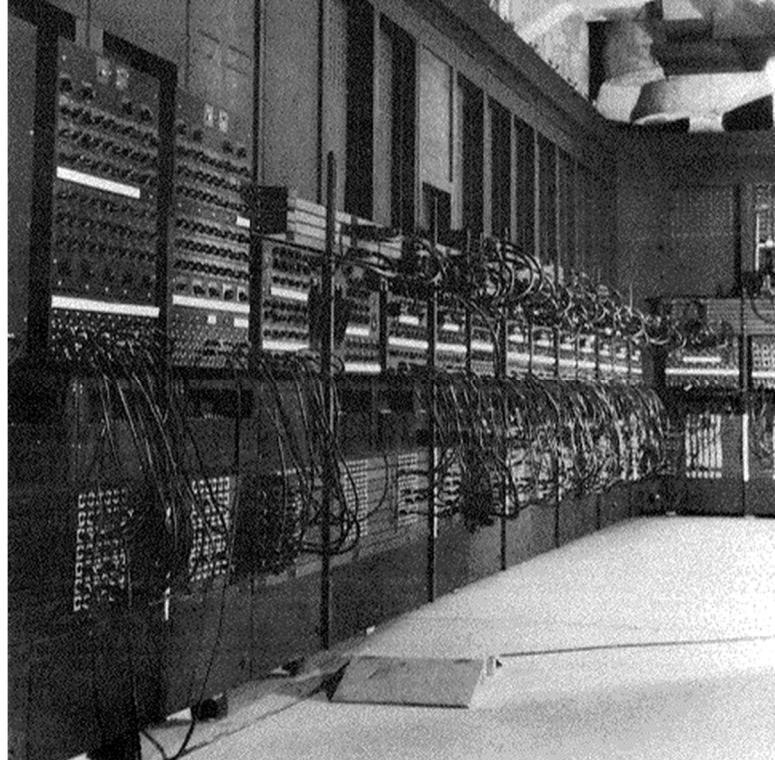
Dans les débuts de l'informatique, les premiers ordinateurs étaient soit non-programmables, c'est à dire qu'il ne pouvait y avoir aucun changement dans le déroulement de leur séquence, soit programmés par manipulation directe des commutateurs composés d'interrupteurs et des câbles, ce qui interdisait toutes modifications de la séquence une fois allumé.

Ainsi les premiers ordinateurs étaient munis d'interrupteurs mécaniques et de panneaux électriques sur lesquelles il était possible d'enficher des câbles. Pour les programmer, il fallait modifier la disposition des câbles dans les fiches sur les panneaux et changer l'état des interrupteurs.

Cependant, il était nécessaire de manipuler un grand nombre de commutateurs et cela prenait beaucoup de temps alors que l'objectif principal d'un ordinateur était d'avoir une vitesse d'exécution élevée.

Aussi précaire que soit cette interface, la manipulation directe du circuit est une façon de contrôler la séquence. Elle est donc à considérer comme une interface homme-machine dont les contrôleurs sont les câbles et les interrupteurs.

Figure 1 : Panneaux de câbles et de fiches électriques de l'ENIAC



(The ENIAC by Kevin W. Richey)

2.1.1.2 Les cartes perforées

Les cartes perforées qui succèdent au ruban perforé sont apparues aux alentours de 1728 et ont servies en premier lieu dans le domaine des métiers à tisser. Une carte perforée est un morceau de papier au format rectangulaire capable de contenir de l'information sous forme de perforation à des endroits spécifiques de la carte.

D'un point de vue plus abstrait, il s'agit en général d'un tableau à double entrée dont les cases peuvent contenir une information binaire. La présence d'un trou correspond à un 1 et l'absence de trou correspond à un 0. Les cartes perforées étaient attachées ensemble de bout en bout ou empilées en tas afin d'être lues dans un ordre précis.

Une carte perforée n'est donc pas un contrôleur en soi, il s'agit d'un support sur lequel peut être contenue de l'information. Il est toutefois nécessaire de noter que sur certains des premiers ordinateurs, sur les métiers à tisser et sur certains automates tel les orgue de Barbarie, les cartes perforées ont été utilisées comme contrôleurs de tel manière que l'information (le code) qu'elles contenaient était directement exécutée par l'ordinateur ou l'automate. C'était le traitement par lot.

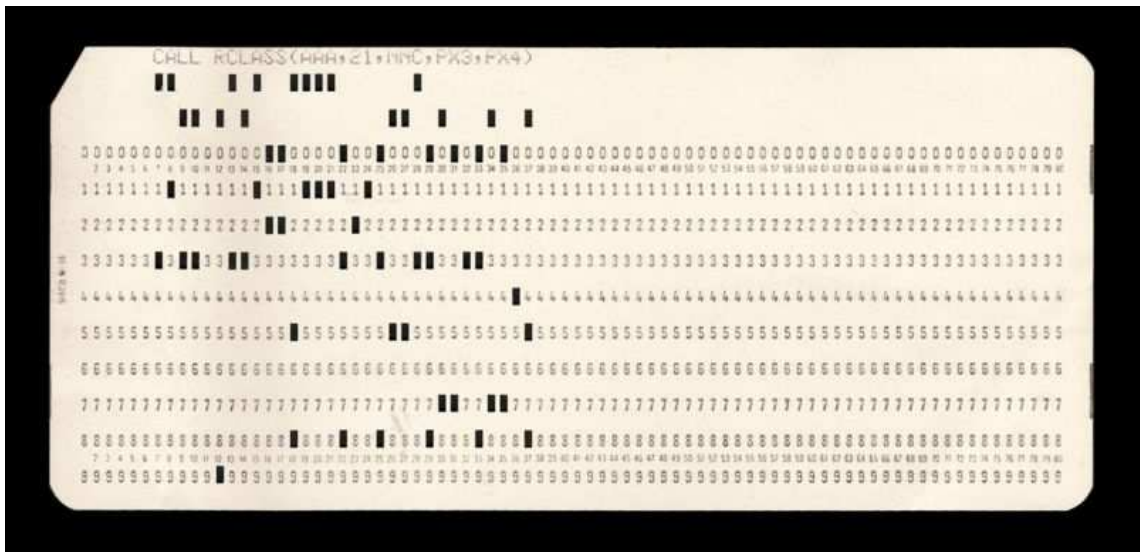
Les cartes perforées servaient à la fois à fournir des données en entrée et à recevoir des données en sortie. Ainsi sur le même système pouvaient se trouver une machine à lire les cartes perforées, afin de lire les instructions et les données en entrée, et une machine à perforer les cartes, pour matérialiser les données en sortie.

Les cartes perforées sont considérée comme la première mémoire de masse dans l'histoire de l'informatique. En 1890, elles ont été utilisées pour le recensement de la population aux Etats-Unis et des machines de vote utilisant les cartes perforées ont été utilisées pour les votations présidentielles en l'an 2000.

Le modèle le plus connu de carte perforée est surnommé la « 80 colonnes ». Ce modèle conçu et breveté par la société IBM dispose de 12 lignes et 80 colonnes pour des dimensions de 20 centimètres de long sur 8 centimètres de large. Elle pouvait stocker 80 caractères différents.

Les cartes perforées ont été peu à peu abandonnées dû à l'émergence des mémoires à bande magnétique et des disquettes 8 pouces dans les années 1970.

Figure 2 : Carte perforée à 80 colonnes



http://fr.wikipedia.org/wiki/Carte_perfor%C3%A9e

2.1.2 Le clavier

Les premiers claviers pour ordinateur ont vu le jour aux alentours des années 1960. Ils vont de pair avec l'apparition des systèmes d'exploitation en lignes de commande. Afin de ne pas dérouter les habitués, ils reprennent généralement la disposition des machine à écrire et téléscripteurs de l'époque.

Le clavier est un périphérique d'entrée. Il s'agit d'un assemblage de touches (boutons poussoirs) disposées de différentes façons en fonction des normes suivies ou du pays

auquel il est destiné. Au départ, il n'existait pas de normes et les constructeurs réalisaient les claviers en fonction de leurs besoins ou de ce qu'ils estimaient utile. Les claviers étaient parfois intégrés directement à la structure de l'ordinateur.

L'appui sur une touche du clavier provoque l'envoi vers l'ordinateur d'un code nommé *scan code*. A la réception d'un *scan code*, le système d'exploitation réagira et exécutera la commande associée au scan code en fonction du contexte. Un clavier sert principalement à écrire du texte.

Les touches d'un clavier sont affublées d'un ou plusieurs symboles. Il s'y trouve entre autre l'ensemble des lettres de l'alphabet. Cependant, un clavier ne fait qu'envoyer un scan code. C'est le système d'exploitation qui décidera de l'action à faire en fonction du code reçu. Les systèmes d'exploitation modernes se basent sur des tables comme la table ASCII ou la table UNICODE afin de définir l'action liée au scan code reçu.

Figure 3 : Clavier Qwerty



http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Clavier_anglo-maltais.png

En plus des touches de l'alphabet, les claviers disposent de plusieurs assortiments d'autres touches. Les touches de fonction, qui sont généralement au nombre de douze, ont pour but de permettre au système d'exploitation ou au programme actif d'y associer des fonctionnalités sans avoir à utiliser les touche de l'alphabet. Par exemple, dans beaucoup de systèmes et programmes, la touche F1 sert à afficher l'aide utilisateur.

Le pavé numérique est un regroupement de touches contenant l'ensemble des chiffres et les opérateurs mathématiques plus, moins, diviser et multiplier, ainsi que le point et une touche de validation. Le pavé numérique reprend, dans les grandes lignes, la disposition des touches des caisses enregistreuses et des machines à calculer. Il a pour but de faciliter l'écriture ou la réalisation d'opération de calcul.

Un autre regroupement de touches commun à beaucoup de claviers est celui des touches d'insertion et de défilement. Les touches *Home* et *End* permettent de déplacer le curseur en début et en fin d'une ligne de texte. Les touches *Page Up* et *Page Down*

permettent de faire défiler vers le haut et vers le bas en fonction du contexte. Enfin la touche *Del* permet de supprimer ce qui suit le curseur et la touche *Insert* modifie le mode d'insertion. Ce groupe de touches est généralement situé entre les touches de l'alphabet et le pavé numérique, et au-dessus du groupe de touche de direction. Ce dernier contient quatre touches représentant les directions hautes, basses, gauches et droites.

Les claviers disposent souvent d'un groupe de touches collé aux touches de l'alphabet qui a pour but de correspondre aux caractères spéciaux de la langue du clavier. Ces touches sont différentes en fonction de la provenance et de la langue d'origine pour laquelle le clavier est prévu.

Un dernier groupe classique sur la majorité des claviers comporte les touches Contrôle, Alt, et la touche système. Ces trois touches ont pour vocation d'être pressées en même temps que d'autres touches afin d'en modifier le comportement. Cela donne une réutilisabilité aux touches et, en théorie, double la taille du clavier.

Les claviers modernes disposent parfois de touches média. Ces touches permettent par exemple d'augmenter ou diminuer le volume, d'éteindre l'ordinateur, etc. Cependant, ce genre de touches est récent sur les claviers et aucune disposition standardisée n'est encore en vigueur.

2.1.3 La souris

La première souris informatique a vu le jour aux alentours de 1963. La souris est un dispositif de pointage qui permet de capturer un mouvement afin de transmettre l'information de ce mouvement à l'ordinateur. Dans la majorité des cas, l'information du mouvement est utilisée par le système d'exploitation pour déplacer le curseur. La souris a été nommée ainsi de par sa ressemblance avec l'animal.

Les premières souris informatiques sont inspirées directement des trackballs dont elles inversent le concept. La souris sera largement préférée au trackball car elle est beaucoup plus intuitive. La boule qui était présente sur les premières générations de souris a par la suite été remplacée par des technologies plus élaborées.

La souris classique possède, en plus du dispositif de pointage, de un à trois boutons-poussoir qui, comme pour les boutons du clavier, envoient un *scan code* au système d'exploitation lorsqu'ils sont pressés. Les souris modernes peuvent posséder bien plus de bouton que les souris classiques et ceux-ci sont disposés différemment selon le constructeur. Toutes les souris modernes possèdent également une molette placée généralement entre les boutons de base. Comme les boutons, la molette envoie un *scan code* au système lorsqu'elle est tournée vers le haut, vers le bas ou encore pressée.

Figure 4 : Souris à trois boutons et molette



(http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/aa/3-Tastenmaus_Microsoft.jpg)

Certaines souris utilisent la technologie Bluetooth afin de communiquer avec l'ordinateur sans-fil. Cela permet de ne pas s'encombrer d'un fil allant de la souris à l'ordinateur. Cependant les performances ne sont pas toujours satisfaisantes de la communication sans-fil et la nécessité, notamment pour les joueurs, de réactivité élevée ont fait perdurer le succès des souris avec fil.

Lorsque la souris a été inventée, elle n'avait pas encore d'utilité concrète dans l'informatique domestique car les systèmes d'exploitation étaient en ligne de commande. C'est avec l'apparition des interfaces graphiques et notamment du paradigme WIMP (Windows Icons Menu and Pointing device) que la souris dévoile tout son potentiel. D'ailleurs, il n'est pas faux de déclarer que les interfaces graphiques ont été conçues pour exploiter le potentiel de la souris.

2.1.4 Le crayon optique

Le crayon optique apparait vers 1960. Il s'agit d'un contrôleur qui, comme la souris, est un dispositif de pointage. L'utilisation du crayon optique se fait en le pointant en direction de l'écran. Le crayon optique fonctionne uniquement sur les écrans à tube cathodique. Il n'est plus utilisable de nos jours avec les écrans plasma et LCD. Il permet de dessiner directement en effectuant le mouvement sur l'écran.

En 1960, Ivan Sutherland développe le logiciel SketchPad qui est le précurseur de la conception assisté par ordinateur. C'est l'un des premiers logiciels à permettre la création et l'édition de dessins techniques à partir d'un écran cathodique et d'un stylo optique.

Figure 5 : Crayon optique



http://www.k-unique.com/doc/Image/surprise/ipad_thomson_to7.jpg

Un autre domaine dans lequel le crayon optique s'illustre est celui des jeux vidéo, sous la forme du pistolet optique. Les pistolets optiques ont beaucoup de succès dans les jeux de tirs, sur console de salon ou sur les bornes d'arcades. Il reprend le principe du crayon optique mais sous forme d'arme de poing, avec l'adjonction d'un bouton au niveau de la gâchette et parfois d'autres boutons.

Le défaut principal du crayon optique, selon certains, réside dans le fait qu'il faut garder le bras levé comme le ferait un peintre. Cela peut s'avérer pénible lors d'une

utilisation intensive. De plus, la technique utilisée pour savoir où pointe le crayon optique ainsi que les écrans bombés de l'époque ne lui confèrent pas une grande précision.

Le crayon optique disparaîtra peu à peu à cause de sa faible précision, du manque de confort dans son maniement et de son incapacité à fonctionner avec les nouvelles technologies d'écran.

2.1.5 La tablette graphique

La tablette graphique est un périphérique d'entrée en deux parties. Il s'agit d'un dispositif de pointage, comme la souris. La première partie est un socle plat relié à l'ordinateur par un câble et munit de capteurs. La seconde partie est un stylet électronique. L'utilisateur se sert du stylet pour écrire ou dessiner sur la tablette et son mouvement est reproduit par le curseur sur l'écran.

Contrairement à la souris qui travaille en relatif et repart du dernier point où le curseur a été laissé, la tablette graphique de première génération travaille en mode absolu. La surface active de la tablette correspond à l'écran. Le curseur peut donc sauter d'un point à l'autre, en fonction des gestes de l'utilisateur, ce qui est bien plus pratique pour dessiner. En cas de grande différence entre la taille de l'écran et la taille de la surface active, il peut devenir délicat d'utiliser la tablette graphique car un petit trait dessiné sur la surface active donnera un grand trait à l'écran.

La tablette graphique ne gère pas uniquement le déplacement du stylet. Grâce à des technologies de plus en plus performantes, les tablettes graphiques reconnaissent également la pression, l'inclinaison et la rotation du stylet. Les tablettes graphiques s'utilisent en adéquation avec des logiciels d'infographie. Ces logiciels sont capables d'exploiter les informations fournies par la tablette afin de modifier, par exemple, l'intensité et l'inclinaison du trait en fonction du geste de l'utilisateur.

Il existe deux grandes catégories de tablettes graphiques. La première dispose d'une surface active opaque et oblige l'utilisateur à dessiner sur la tablette tout en regardant le résultat sur l'écran et sans pouvoir regarder sa main. Ceci peut s'avérer déroutant et demande un temps d'adaptation. La deuxième catégorie de tablette graphique dispose d'un écran LCD en guise de surface active. Ceci réconcilie l'utilisateur avec le dessin classique. Ces tablettes sont aussi proposées en grand format pour un meilleur confort d'utilisation. Elles coûtent plus cher que les tablettes classiques et nécessitent une alimentation électrique. Il convient cependant de faire la distinction entre les tablettes graphiques LCD et les écrans tactiles. Les écrans tactiles ne disposent pas nativement

de la technologie permettant de reconnaître la pression, l'inclinaison et la rotation du stylet.

Les tablettes graphiques sont principalement utilisées par les infographistes mais également dans le secteur médical et dans certains domaines de l'industrie. Certains logiciels sont capables de transformer des formes dessinées sur la surface directement en caractère dans un logiciel de traitement de texte. Ceci est utile pour la prise de note.

Figure 6 : Tablette graphique LCD



<http://nsa19.casimages.com/img/2010/12/20//1012201028393532.jpg>

2.1.6 Les manettes et joysticks

La manette est un contrôleur développé en premier lieu par les constructeurs de consoles de jeu vidéo. Il s'agit d'un boîtier facile à tenir en main sur lequel sont disposés des boutons-poussoir. Elle est généralement reliée à la console ou à l'ordinateur par un fil. Usuellement, la manette compte quatre boutons directionnels en plus des boutons d'action.

Les manettes modernes possèdent souvent un dispositif qui leur permet de vibrer. Elles comportent en général, en plus ou à la place des boutons de direction, un ou plusieurs joysticks. Des signaux lumineux (LED) sur la manette permettent d'indiquer des états comme, par exemple, le niveau de batterie. Certaines manettes disposent

également d'un haut-parleur et peuvent émettre des sons transmis par la console. Les nouvelles générations de manettes utilisent, pour la plupart, la technologie sans-fil.

Figure 7 : Manettes de différentes marques



<http://www.ouicetaitbien.com/wp-content/uploads/2013/06/manettes-console-jeu-icomes-587x440.jpg>

Le joystick est un périphérique d'entrée dont l'objectif est de remplacer les boutons directionnels. Il se compose d'un manche fixé sur un socle où peuvent être disposés des boutons-poussoir. Le manche peut s'orienter dans huit directions et dispose souvent d'un ou plusieurs boutons. Les joysticks sont utilisés dans tout type de jeux et sont souvent présents sur les bornes d'arcades.

Avant les manettes et les joysticks, les premiers contrôleurs de console étaient les paddles. Les paddles sont constitués d'un socle avec une molette et un bouton. Les paddles furent utilisés pour jouer à des jeux extrêmement simples tels que le fameux Pong, le jeu de ping-pong virtuel. Certains des premiers joysticks incluaient une molette pour avoir également les fonctionnalités d'un paddle.

Certains joysticks sont munis de la technologie de retour de force. Cette technologie permet de créer une certaine résistance dans le maniement du joystick. Par exemple, lorsqu'un joystick à retour de force est utilisé dans un simulateur de vol, le joystick sera plus ou moins difficile à manier en fonction du type d'avion. Piloter un petit avion offrira un maniement aisé et le joystick sera souple. Piloter un avion de ligne induira un grand retour de force pour simuler au mieux la taille de l'avion et sa maniabilité. C'est bien sur le logiciel qui indiquera au joystick quel retour de force appliquer.

Il existe une quantité impressionnante de manettes, joysticks et paddles différents. Pendant plus de trente années, les constructeurs ont rivalisé afin d'offrir aux joueurs les meilleurs contrôleurs possibles et cela continue de nos jours. Certains ont eu plus de succès que d'autres mais en faire une liste exhaustive est impossible.

Figure 8 : Joystick moderne



http://brain.pan.e-merchant.com/2/1/03363412/l_03363412.jpg

2.1.7 Le pavé tactile

Le pavé tactile est, à l'instar de la souris, un dispositif de pointage développé en 1988 par George E. Gerpheide. Il est principalement utilisé sur les ordinateurs portables afin de pallier au manque de souris. Le pavé tactile se présente sous la forme d'une surface active rectangulaire d'environ quinze centimètre de long sur dix de large. L'utilisateur fait glisser son doigt sur le pavé tactile pour déplacer le curseur.

Comme la souris et contrairement à la tablette graphique, le pavé tactile fonctionne en mode relatif. Le geste effectué par l'utilisateur déplace le curseur à partir de la position où se trouvait ce dernier. Des bouton-poussoir sont disposés au-dessus ou au-dessous de la surface active et correspondent aux boutons de la souris.

Certains pavés tactiles prennent en charge le clic. Il est ainsi possible de réaliser un clic gauche en tapant avec un doigt et un clic droit en tapant avec deux doigts. Le mouvement de défilement peut aussi exister sur certains pavé, par exemple en faisant un glissement vers le haut ou vers le bas avec deux doigts. Un autre mouvement existant

sur certains pavés tactiles est le zoom réalisé en écartant ou en rapprochant deux doigts tout en les gardant en contact avec la surface active.

Initialement, les pavés tactiles sont prévus pour les ordinateurs portables. Cependant, il existe aujourd'hui des versions portables du pavé tactile destinées à être branchées sur des ordinateurs de bureau. Ceci est dû au succès qu'ont rencontré les pavés tactiles. La majorité des pavés tactiles utilisent une technologie qui nécessite un objet conducteur pour détecter le contact.

Figure 9 : Pavé tactile



(<http://suamaytinhhcm.com/images/touchpad-chuot-cam-ung-laptop.jpg>)

2.2 Les technologies classiques

Cette section a pour objectif de détailler les technologies utilisées dans les contrôleurs classiques. Elle passe en revue les interrupteurs, les différents dispositifs de pointage ainsi que les quelques autres technologies utilisées par ces contrôleurs.

2.2.1 L'interrupteur

L'interrupteur est un composant qui permet d'ouvrir ou de fermer un circuit afin de stopper ou d'enclencher la circulation du flux. Il existe plusieurs types d'interrupteurs en électricité et en électronique. Le bouton-poussoir qui est le mécanisme de base de la plupart des contrôleurs classiques est détaillé ici.

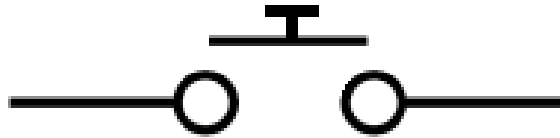
2.2.1.1 Le bouton-poussoir

Le bouton-poussoir est un interrupteur qui est maintenu dans son état initial par un système mécanique faisant office de ressort. Une pression exercée sur le bouton-poussoir établit ou interrompt une connexion dans un circuit électrique ou électronique. La levée de la pression permet au mécanisme de ressort de remettre le bouton poussoir ainsi que le circuit électrique ou électronique dans leurs états initiaux.

Les bouton-poussoir n'ont pas tous le même point de chute et leur mécanisme de ressort n'exercent pas tous la même tension. Ainsi les touches d'un clavier ne

présentent pas le même toucher que les boutons d'une souris. Les manettes affichent en général plusieurs types différents de bouton-poussoir afin de différencier, par exemple, les touches de direction et les boutons d'action.

Figure 10 : Symbole de l'interrupteur poussoir normalement ouvert



(<http://fr.wikipedia.org/wiki/Interrupteur#mediaviewer/Fichier:Poussoir-NO-symbol.png>)

Dans plusieurs contrôleurs et notamment le clavier et la souris, une puce électronique de type microcontrôleur est chargée de détecter le changement d'état provoqué dans le circuit électronique par la pression exercée sur le bouton. Lorsque le microcontrôleur détecte qu'un bouton a été appuyé, il transmet un *scan code* à l'unité à laquelle le périphérique est connecté. Ce *scan code* est ensuite, soit traité par un logiciel pilote (driver), soit directement traité par le programme en cours d'exécution. L'objectif final étant de produire une réaction au niveau logiciel.

2.2.2 Les dispositifs de pointage

Les technologies des contrôleurs classiques de type dispositif de pointage sont très différentes les unes des autres. Elles ont cependant toutes le même objectif fondamental, capter un mouvement de l'utilisateur dans une ou plusieurs dimensions et en transmettre l'effet à un point virtuel afin de modifier ses coordonnées au niveau de l'écran. Le plus souvent, il s'agit de déplacer un curseur ou un viseur qui est dessiné sur l'écran, afin que l'effet de la manipulation puisse être observé.

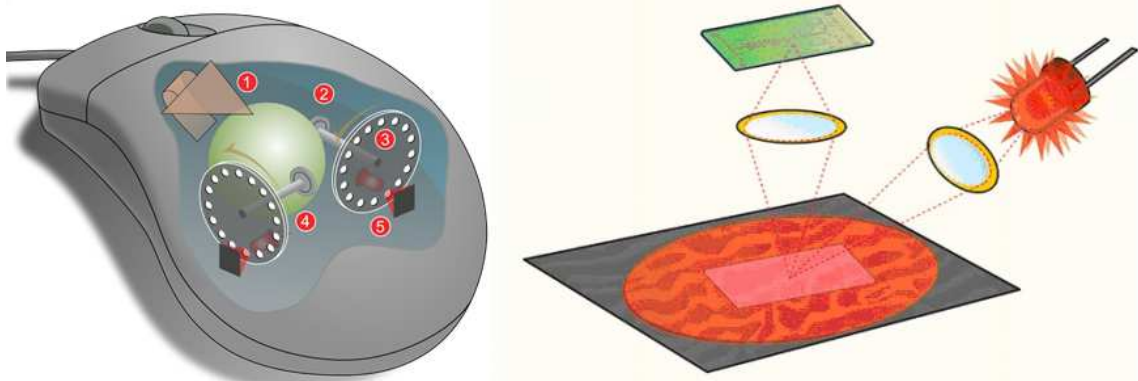
2.2.2.1 La souris

Au cours de son évolution, la souris a possédé plusieurs dispositifs de pointage différents. Le premier de ces dispositifs est la boule. La boule a ensuite été remplacée par des dispositifs optiques et lasers.

Lorsque l'utilisateur déplace la souris, la boule, en contact avec la surface et fixée dans le châssis de la souris, se met à tourner sur elle-même. La boule, lorsqu'elle tourne, transmet son mouvement à deux rouleaux fixés à l'intérieur du châssis. Un rouleau capte les déplacements sur l'axe horizontal et l'autre sur l'axe vertical. Les rouleaux sont reliés à des disques perforés auxquels ils transmettent à leur tour le mouvement. Les disques perforés sont placés entre une source et un capteur de lumière. Ainsi lorsque les rouleaux sont actionnés par le mouvement de la boule, les disques perforés tournent, interrompant et rétablissant le circuit électronique au niveau de la source

lumineuse et du capteur de lumière. C'est ainsi que le mouvement physique est transmis au circuit électronique dans le dispositif à boule. Ceci permet de connaître le déplacement, voir la vitesse, qu'il faut appliquer au curseur. Un des défauts de cette technologie est l'encrassement de la boule et des rouleaux dû au ramassage de la poussière déposée sur la surface. Pour parer à cela, il est possible d'ouvrir le compartiment afin d'extraire la boule et de nettoyer l'intérieur du système.

Figure 11 : Fonctionnement d'une souris à boule et optique



<http://thibault.dussert.free.fr/peripherique/souris/historique.html>

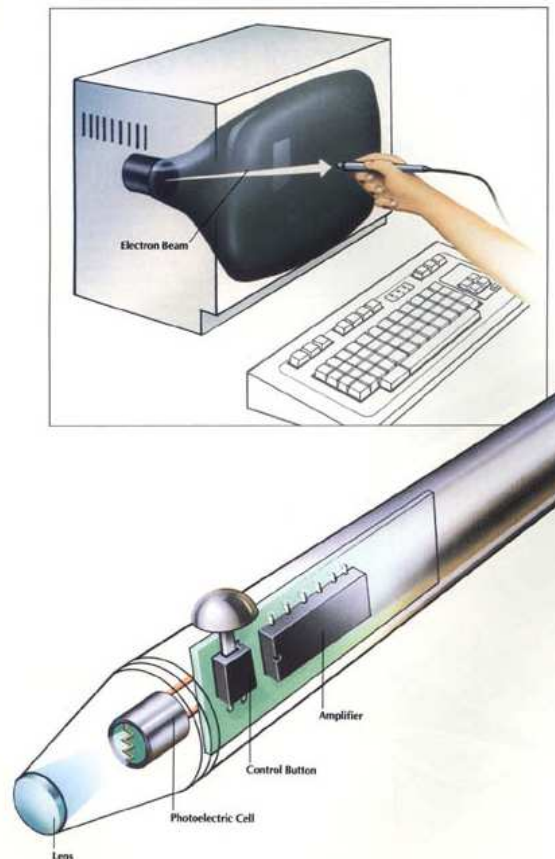
Le système mécanique a ensuite été remplacé par un dispositif de pointage optique. Le principe du système optique est d'analyser la surface sur laquelle la souris se déplace. Ainsi, la souris est munie d'une LED qui éclaire la surface afin qu'un système d'acquisition puisse en capturer des images. Les images capturées sont ensuite analysées par un processeur de signaux numérique capable de définir les déplacements vertical et horizontal en fonction des caractéristiques microscopique de la surface. Le système optique est plus précis que le système mécanique. Il fonctionne sur toutes les surfaces qui ne sont pas parfaitement lisses ou qui présentent des variations de couleur. Ce système présente également l'avantage de moins s'encrasser à cause de la poussière. La technologie laser fonctionne de manière similaire à la technologie optique mais la LED est remplacée par un laser dont la lumière est plus puissante et permet donc une meilleure acquisition d'image.

2.2.2.2 Le crayon optique

Le crayon optique est l'un des dispositifs de pointage les plus atypique qui soit. La technologie utilisée par les crayons optique fonctionne de pair avec les écrans à tube cathodiques. La même technologie est utilisée pour les pistolets optiques. Le crayon optique est capable de capter la lumière. Plus précisément, il est en mesure de détecter le bref changement de luminosité, invisible pour l'œil humain, qui se produit au moment où le canon du tube cathodique bombarde l'écran pour afficher l'image.

Dans les écrans à tube cathodique, l'image est affichée par le canon qui bombarde l'écran avec plus ou moins d'électrons. Ceci permet d'exciter les composés d'une couche phosphorescente qui recouvre l'écran et détermine la couleur de chaque pixel. Le canon bombarde ligne après ligne en commençant par le pixel en haut à gauche pour terminer par le pixel en bas à droite. Le processus est très rapide et donc invisible pour l'œil humain.

Figure 12 : Schéma du crayon optique



<http://design.osu.edu/carlson/history/tree/images/pages/lightpen.htm>

Le dispositif qui capte la lumière peut donc déterminer le moment où le canon bombarde l'écran là où le crayon optique vise. Pour déterminer les coordonnées, il faut effectuer un calcul par rapport au signal de synchronisation de l'écran qui indique le début du bombardement. Le dispositif sait à quel moment le canon commence à bombarder l'écran. Il sait également à quel moment le capteur du crayon optique est excité par l'écran. Il connaît enfin le temps que met le canon pour afficher la totalité de l'écran, il s'agit du temps écoulé entre deux signaux de synchronisation. Il est donc en mesure de déterminer plus ou moins précisément les coordonnées de l'endroit où est pointé le crayon optique.

2.2.2.3 La tablette graphique

Plusieurs technologies de tablettes graphiques ont existé. L'ancêtre de la tablette graphique est la tablette sonore. Afin de repérer la position du stylet sur la surface active, ces tablettes étaient munies de microphones. Les micros captaient le son généré par le stylet qui produisait un clic caractéristique lors de la pression. Leur fonctionnement était complexe et nécessitait d'analyser et de trianguler les signaux sonores. De par la nature de leurs mécanismes, ces tablettes étaient sensibles aux sons parasites.

Les tablettes graphiques ont ensuite utilisé un système magnétique qui s'est de plus en plus perfectionnée au fil du temps. Sur les tablettes graphiques modernes, la surface active dispose d'un quadrillage de fils conducteurs. Chaque fil est parcouru par un courant de différente intensité ce qui fait que chaque intersection émet un signal magnétique qui lui est propre. Le stylet capte les signaux magnétiques de la grille et peut ainsi déterminer sa position et son tracé. En fonction de la puissance des signaux captés, le stylet peut déterminer la pression exercée. Les signaux magnétiques envoyés par la grille peuvent être détectés jusqu'à un centimètre au-dessus de la surface active. Le stylet dispose également de ses propres capteurs qui lui permettent, par exemple, de déterminer son inclinaison ou sa rotation. Le stylet retransmet ensuite toute ces informations afin qu'elles soient interprétées et exploitées par la couche logicielle.

Pour finir, les tablettes graphiques ont été affublées d'un écran LCD. L'écran est disposé par-dessus la grille magnétique à la place de la surface opaque habituelle. Il est cependant important de comprendre qu'une tablette graphique avec surface LCD n'est pas un écran tactile. Une tablette graphique ne peut pas fonctionner avec le doigt car elle a besoin du stylet pour capter les signaux magnétiques, contrairement à l'écran tactile ou le pavé tactile qui capte le changement de capacité provoqué par un corps conducteur. La technologie utilisée pour les deux contrôleurs n'est pas la même.

2.2.2.4 Le pavé tactile

Le fonctionnement des pavés tactiles est similaire à celui de certains écrans tactiles. La surface opaque est une couche isolante qui recouvre une grille d'électrodes. Les électrodes accumulent les charges de la même manière qu'un condensateur avant d'atteindre la tension de claquage. Lorsqu'un conducteur entre en contact avec la surface active isolante, une partie des charges contenues par les électrodes lui sont transférées ce qui crée un manque. Ce manque est mesuré par des capteurs placés sur la longueur et sur la largeur du pavé tactile. Les capteurs sont ainsi capables de

déterminer la position du doigt ou de tout corps conducteur qui fait environ la même taille qu'un doigt. L'utilisation de cette technologie explique pourquoi les pavés tactiles ne réagissent pas aux corps non conducteurs. Les pavés tactiles sont en mesure de détecter plusieurs doigts car les capteurs qui détectent le changement de capacité sont placés sur toute la longueur et toute la largeur.

2.2.3 Le retour de force

Le retour de force, dans le cadre des contrôleurs, est un principe qui a pour objectif principal d'augmenter le réalisme et de donner des sensations haptiques (du toucher) à l'utilisateur. Le principe est de simuler au travers du contrôleur les effets de certains objets ou de certaines interactions avec le monde virtuel. Il existe plusieurs types de système de retour de force et ceux-ci sont propres à chaque contrôleur.

Les manettes modernes possèdent un système de retour de force basique qui produit des vibrations. Par exemple, lorsque l'utilisateur joue à un jeu de course de voiture, la manette peut se mettre à vibrer lors d'une collision dans le monde virtuel. Ceci augmente les sensations de l'utilisateur par rapport au monde virtuel en lui fournissant des informations liées au sens du toucher.

Les contrôleurs de type volant et pédalier qui servent spécialement pour les jeux de course de voitures disposent, en général, de retour de force permettant d'accroître encore plus les sensations de l'utilisateur. Le volant est capable d'opposer plus ou moins de résistance en fonction de l'inertie de la voiture par rapport à la manière dont un virage a été abordé. Pareil pour la pédale de frein qui peut être plus ou moins résistante en fonction en fonction du poids de la voiture et de sa vitesse.

Figure 13 : Moteur de retour de force sur un contrôleur de type volant



(<http://www.erenumerique.fr/images/periph/20020426/mecaforce.jpg>)

2.3 Les interfaces homme-machine classiques

2.3.1 L'interface en ligne de commande

L'interface en ligne de commande, apparue à la fin des années 1960, est une des premières interfaces homme-machine destinée à dialoguer avec un ordinateur. Les entrées sur cette interface se font, comme son nom l'indique, par des lignes de commande écrites par l'utilisateur au moyen d'un clavier. Les sorties sont affichées sous forme de texte sur un écran. L'interface en ligne de commande est souvent désignée par son acronyme anglais CLI (Command Line Interface). Bien que les systèmes d'exploitation de type MS-DOS/Windows possèdent une CLI, celle-ci est beaucoup moins puissante et complexe que les interfaces en ligne de commande des systèmes de type UNIX/Linux.

Lorsque la CLI est prête à recevoir une ligne de commande, elle le fait savoir en affichant l'invite de commande ou « prompt » en anglais. L'invite de commande est constitué, sous Linux par exemple, du nom de compte de l'utilisateur suivi du caractère « > » ce qui donne quelque chose ressemblant à « nom@machine> ». Comme son nom l'indique, il invite l'utilisateur à saisir une commande. Il est possible de modifier l'invite de commande pour qu'elle affiche la chaîne de caractère désirée.

Figure 14 : Exemple de CLI sous Ubuntu

```
Welcome to Ubuntu 12.04.4 LTS (GNU/Linux 3.11.0-15-generic x86_64)

# Documentation: https://help.ubuntu.com/

System information as of Sun May 11 14:39:05 CEST 2014

System load: 0.08          Processes:           95
Usage of /:  5.2% of 63.86GB Users logged in:       0
Memory usage: 6%          IP address for eth0: 192.168.1.33
Swap usage:  0%

Graph this data and manage this system at:
https://landscape.canonical.com/

16 packages can be updated.
13 updates are security updates.

Last login: Sun May 11 14:38:08 2014 from 192.168.1.40
adminlx@avalon:~$ |
```

(Ubuntu Server 12.04.4 LTS)

Les commandes disponibles dans l'interface en ligne de commande sont exclusivement des programmes qui sont installés sur le système d'exploitation. Une commande peut prendre un ou plusieurs arguments en paramètre. Le langage C et C++ ont été pensés pour pouvoir récupérer facilement les arguments passés en paramètre. La fonction principale (celle par laquelle le programme débute) d'un programme C ou C++ prend, la plupart du temps, les deux paramètres « int argc » et « char *argv[] » qui sont respectivement le nombre d'arguments (argc = arguments counter) et les valeurs des arguments (argv = arguments values). Ainsi, lorsque le

programme démarre, c'est deux valeurs sont déjà renseignées en fonction de la manière dont l'utilisateur a tapé sa commande dans la CLI. Le comportement du programme est ainsi modifié en fonction des arguments joints à la commande.

Dans le monde Linux, il est d'usage que chaque commande dispose d'un manuel d'utilisation permettant à l'utilisateur d'apprendre à utiliser la commande. Par exemple, la commande « ls » permet de lister les dossiers et fichiers présents dans le répertoire courant. Cependant, il est possible de lui adjoindre plusieurs arguments afin d'obtenir la liste sous différents formats. Afin d'afficher le manuel de la commande « ls » l'utilisateur devra utiliser la commande « man » qui permet d'afficher le manuel d'une commande. Ainsi, en tapant la ligne « man ls », l'utilisateur affichera le manuel de la commande « ls ». Il est amusant de noter que la commande « man man » affiche le manuel d'utilisation de la commande « man ».

En plus de la commande « man », les commandes offrent, la plupart du temps, un résumé des arguments qu'elles supportent si elles sont employées avec les arguments « --help », « -help » ou « -? ». Certains autres arguments peuvent aussi fonctionner pour obtenir le résumé des arguments supportés. A l'époque où Internet était moins développé, l'utilisation de man ou du résumé des commandes étaient les seules manières d'apprendre à utiliser l'interface en ligne de commande, hormis peut-être, des revues et des livres spécialisés. Une des puissances du système réside dans le fait que les commandes sont auto-documentées par les développeurs des programmes. N'importe qui peut donc développer une application et la transmettre sans autre à quelqu'un qui pourra ensuite apprendre à s'en servir.

Dans l'interface en ligne de commande, par défaut, les entrées sont tapées par l'utilisateur et les sorties sont affichées à l'écran. Ce comportement peut être facilement modifié grâce au système de redirection des entrées-sorties. En effet, dans le but d'automatiser certaines tâches ou pour d'autres raisons, il est parfois souhaitable d'écrire les résultats d'une commande dans un fichier ou de récupérer les arguments d'une commande depuis un fichier. Pour cela, il existe les opérateurs de redirection d'entrées et de sorties qui sont, respectivement, « < » et « > ». Par exemple, pour stocker le résultat de la commande « ls » dans un fichier, l'utilisateur entrera la commande « ls > monFichier ». Ainsi, le résultat de la commande « ls » (la liste des fichiers et dossiers dans le répertoire courant) sera stocké dans un fichier nommé « monFichier ». Il existe d'autres opérateurs de redirection qui ne seront pas abordés ici.

Un autre opérateur important dans le fonctionnement des interfaces en ligne de commande est le tube (pipe en anglais) qui utilise le caractère barre verticale « | » que

l'on appelle aussi pipe par extension. Cet opérateur permet de chaîner les commandes. Il faut imaginer que les données suivent un tube ou un pipeline lorsque cet opérateur est utilisé. Prenons l'exemple de la commande « sort » qui permet de trier une liste dans l'ordre alphabétique et de la commande « ls » qui permet d'obtenir la liste des dossiers et fichiers dans le répertoire courant. Si l'utilisateur entre la ligne « ls | sort », il obtiendra la liste des dossiers et fichiers du répertoire courant dans l'ordre alphabétique. Le système de pipeline est un mécanisme très puissant qui permet de faire beaucoup de traitements en une fois grâce à l'enchaînement de commandes.

L'interface en ligne de commande peut sembler mono-tâche. Par exemple, dans le cas où un traitement de plusieurs heures est lancé, la CLI n'affichera pas l'invite de commande tant que le traitement ne sera pas terminé. Cependant, il faut comprendre que la CLI, que l'on nomme également « shell », est elle-même un programme et que plusieurs CLI peuvent fonctionner en même temps sur le même système d'exploitation. Il peut donc y avoir plusieurs utilisateurs connectés en même temps sur les systèmes d'exploitation modernes. D'autre part, des programmes, comme par exemple « screen » qui signifie « écran » en français, permettent à un utilisateur de lancer une activité dans un écran distinct et de retourner ensuite sur l'interface principale pour effectuer d'autres tâches. L'utilisateur peut à tout moment retourner sur un des « screen » et voir le déroulement de l'activité lancée au préalable.

Tableau 1 : Commande de base sous Linux et Windows

| Linux | Windows | Effet |
|-------|------------|--|
| ls | dir | Liste le contenu du répertoire courant |
| mkdir | mkdir / md | Créer un répertoire |
| rmdir | rmdir / rd | Supprimer un répertoire |
| cd | cd | Changer de répertoire |
| mv | move | Déplacer un ou plusieurs fichiers |
| rm | del | Suppression des fichiers |
| cat | type | Afficher le contenu d'un fichier |

| | | |
|----------|----------|--|
| bash | start | Ouvrir une nouvelle CLI |
| exit | exit | Quittez la CLI en cours |
| help | help | Obtenir une liste des commandes de base |
| - | ver | Connaître la version du système d'exploitation |
| date | date | Afficher la date |
| shutdown | shutdown | Arrêter l'ordinateur |

(www.google.fr)

2.3.2 L'interface graphique

L'interface graphique souvent abrégée par son acronyme anglais GUI (Graphical User Interface) est l'interface homme-machine qui succède à l'interface en ligne de commande. Elle fait son apparition au début des années 1980. L'interface graphique a pour objectif de simplifier l'utilisation de l'ordinateur, par l'utilisation de pictogrammes, afin de le rendre accessible au commun des mortels. En effet, dans les années 1970, seul les informaticiens, les techniciens, les chercheurs ou les passionnés sont habitués à utiliser les ordinateurs et leurs interfaces en ligne de commande. Apprendre à manipuler un ordinateur n'est pas simple, or il s'avère que cet outil devient de plus en plus indispensable pour les employés de bureau dans les entreprises.

Le principe d'une interface graphique est d'utiliser la manipulation directe d'objets graphiques grâce à un dispositif de pointage comme la souris afin de remplacer les commandes écrites avec le clavier. Ainsi l'interface graphique ne remplace pas l'interface en ligne de commande mais se présente comme une couche de plus haut niveau qui permet de masquer l'utilisation des lignes de commande à l'utilisateur. D'ailleurs, les systèmes d'exploitation qui disposent d'une GUI offrent toujours un moyen d'accéder à l'interface en ligne de commande, celle-ci s'avérant souvent indispensable.

Un programme précurseur des interfaces graphiques a été développé dans les débuts des années 1960 par Ivan Sutherland dans le cadre de son doctorat et se nomme SketchPad. Développé sur un ordinateur de type TX-2 au MIT Lincoln Laboratory, il intègre des concepts fondamentaux aux interfaces graphiques et à la CAO (Conception Assistée par Ordinateur). Comme toute interface graphique SketchPad

utilise un dispositif de pointage, en l'occurrence, un crayon optique qui fonctionne sur l'écran du TX-2. Dans son logiciel, Sutherland met en œuvre les concepts de désignation directe, de représentation des objets graphiques en mémoire, de zoom sur le dessin, de résolution de contraintes et intègre un système de rendu graphique. Le programme de Sutherland permet de dessiner et éditer des segments de droite en directe. Plusieurs segments peuvent partager un même sommet. Les sommets peuvent être déplacés et les droites en dépendant sont redessinées. SketchPad permet même de tracer des cercles complets ou des parties de cercle qui peuvent être reliées à des segments de droites.

Les premiers à avoir développés une interface graphique sont les ingénieurs du PARC (Palo Alto Research Center), un laboratoire de la société Xerox. Ils sortent en 1981 le Xerox Star, un ordinateur doté d'une interface graphique et destiné à être utilisé par des employés de bureau. L'interface est conçue dans le but d'imiter le travail de bureau. Les objets graphiques représentent donc des objets familiers comme le document, le dossier, la machine à calculer ou à écrire. C'est à cette période que Steve Jobs, fondateur de la société Apple, visitera les laboratoires de Xerox, il va tout de suite cerner le potentiel de l'interface graphique. Apple établira des accords avec Xerox et sortira en 1984 le premier ordinateur destiné au grand public et munis d'une interface graphique, le Macintosh.

De nos jours, les interfaces graphiques d'ordinateur sont toutes basées sur le paradigme WIMP (Windows Icons Menu and Pointing device) qui découle des travaux de Xerox en 1980. WIMP est un acronyme anglais signifiant Windows Icons Menus and Pointing device. En français, cela donne Fenêtre, Icônes, Menu et dispositif de Pointage. Les fenêtres sont des zones rectangulaires qui peuvent être déplacées, redimensionnées et empilées les unes sur les autres. Elles servent par exemple à afficher un document ou un programme. Les icônes sont des pictogrammes qui servent à représenter des objets pouvant être manipulés par l'utilisateur comme un dossier ou un fichier. Les menus sont des alignements de cases contenant un mot sur lesquelles l'utilisateur peut cliquer afin de produire une action. Ils peuvent parfois s'étendre et se rétracter. En général, un effet visuel se produit lorsqu'une case est pointée ou lorsque l'utilisateur clic. Le dispositif de pointage usuel d'un ordinateur est la souris qui comporte les avantages de ne pas obstruer la vue contrairement au crayon optique ainsi que d'être plus intuitive qu'un joystick ou un trackball.

Un départ, créer une fenêtre lors du développement d'un logiciel destiné à fonctionner sur une interface graphique n'était pas chose aisée. Depuis, chaque système d'exploitation possède un gestionnaire de fenêtres qui s'occupe du look and feel (design, réactivité et comportement) des fenêtres. Des APIs permettent à un programme de créer des fenêtres en passant par le gestionnaire de fenêtre de l'OS. Un des problèmes dans l'utilisation des APIs natives d'un système d'exploitation par un programme pour créer une fenêtre réside dans le fait que le programme ne fonctionnera pas sur un autre système d'exploitation. Pour parer à cela, des bibliothèques de fenêtrage ont été développées afin de créer des fenêtres qui leurs sont propres ou pour servir de couche d'abstraction entre le programme et les gestionnaires de fenêtres des différents systèmes d'exploitation.

Figure 15: Ordinateur Xerox Star et son interface graphique



http://plyojump.com/classes/images/computer_history/xerox-star-interface2.jpg

3. Les contrôleurs de nouvelle génération

Au cours des dernières années, les industriels, particulièrement dans le domaine vidéo ludique mais également dans les domaines de la communication, du médical et de la recherche, se sont appliqués à développer de nouvelles façons, pour l'homme, de communiquer avec les machines. Les acteurs majeurs de la console de salon ont rivalisés de créativité afin de tenter de trouver le contrôleur qui pourrait détrôner la traditionnelle manette et, à défaut d'avoir réussi, ont quand même parfois créés des bijoux de technologie. L'industrie a créé des algorithmes de reconnaissance qui sont de plus en plus performants ainsi que des contrôleurs qui tentent d'immerger l'utilisateur au mieux dans le monde virtuel ou qui font émerger ce dernier en augmentant la réalité, voir un savant mélange des deux. Après l'interface en ligne de commande (CLI) et l'interface graphique (GUI), certains prédisent que le futur de l'interface homme-machine réside dans l'interface utilisateur naturelle (NUI).

3.1 Les contrôleurs commercialisés

3.1.1 La Wiimote

Sortie en 2006, la Wiimote est un contrôleur de nouvelle génération qui fait office de manette pour la console Wii de Nintendo. Elle est de forme rectangulaire et fait 15 centimètre de long pour 3 centimètre de large et environ 3 centimètre de haut. Son format fait penser à une télécommande, elle est d'ailleurs aussi appelée « Wii remote ». La Wiimote dispose de quatre boutons directionnels, de sept boutons d'action et d'un bouton gâchette sur la face arrière. Un haut-parleur ainsi que quatre LED sont présents sur la face avant. La Wiimote dispose également, sur une des extrémités, d'un capteur infrarouge. Sur l'autre extrémité, un port permet de brancher des accessoires spécialement conçus pour fonctionner avec le contrôleur. A l'intérieur la manette dispose, d'un système de vibration pour des effets de retour de force, d'un dispositif Bluetooth pour communiquer avec la console et d'un accéléromètre pour définir son orientation sur les trois axes. La manette dispose d'une dragonne à passer au poignet afin d'éviter de la laisser tomber.

Une des particularités de ce contrôleur est qu'il peut être tenu de deux manières différentes. Il est possible de tenir la Wiimote comme une manette classique, avec les deux mains. L'autre façon consiste à la tenir d'une seule main, comme une télécommande ou comme le manche d'une épée. La main restée libre peut alors être utilisée pour tenir, par exemple, le « Nunchuck » qui est l'accessoire principal de la Wiimote. Le Nunchuck, qui se prend en main comme la crosse d'un revolver, est muni d'un joystick, de deux boutons gâchettes et d'un accéléromètre.

Figure 16 : La Wiimote et le Nunchuck



http://img2.generation-nt.com/nintendo-wii-wiimote-nunchuk_00046922.jpg

Grâce à l'accéléromètre, la Wiimote peut être utilisée pour jouer, par exemple, à des jeux de tennis, de golf, de sabre, etc. L'utilisateur tient alors la manette comme il tiendrait le manche d'un d'une raquette, d'un club de golf, d'une épée ou encore d'une canne à pêche. La manette, en plus de détecter son orientation, est également capable de détecter les mouvements dans une certaine mesure. Avec le Nunchuck l'utilisateur manipule un accéléromètre dans chaque main, il peut donc jouer à des jeux implémentant l'utilisation des deux mains comme, par exemple, des jeux de boxe.

La Wiimote fonctionne avec un dispositif infra-rouge nommé « Sensor Bar ». Il s'agit d'une émetteur infra-rouge composé de dix LED qui se place au-dessus ou au-dessous de l'écran. Ce dispositif émet de la lumière infra-rouge qui est captée par le capteur infra-rouge situé à l'extrémité de la Wiimote afin de trianguler sa position. La manette doit donc être pointée en direction de l'écran et avoir la sensor bar dans son champ de vision. Une fois la connexion visuelle établie entre la sensor bar et la manette, cette

dernière peut être utilisée comme un dispositif de pointage et permet de déplacer un curseur sur l'écran.

La première version de la Wiimote dispose d'un accéléromètre qui permet de détecter les mouvements et l'orientation. Cependant, Nintendo a sorti très vite un accessoire, le « Motion Plus », qui se présente sous la forme d'un bloc se connectant au slot d'extension de la manette. Le Motion Plus intègre un gyroscope et un slot d'extension afin de pouvoir y connecter un autre périphérique d'extension. Il sera intégré directement dans les Wiimote de seconde génération. Le Motion Plus offre une plus grande précision dans la détection de l'orientation grâce au gyroscope.

Plusieurs accessoires disposent d'un emplacement pour la Wiimote. Il y a tout d'abord le « Wii Wheel » qui est un accessoire en forme de volant. Il dispose d'un emplacement pour y mettre la Wiimote de manière horizontale. Ce simple accessoire permet à l'utilisateur d'avoir l'impression de tenir un volant de voiture. Il devient alors plus simple d'utiliser l'inclinaison de la Wiimote pour piloter une voiture dans un jeu. D'autres accessoires sont faits pour que la Wiimote puisse y être intégrée, certains prenant la forme de pistolet ou fusil, d'autre prenant la forme de guitare.

3.1.2 La Kinect

La Kinect est un périphérique de la Xbox 360 sorti en 2008 par Microsoft. Il s'agit d'un ensemble de différents types de capteurs et de puissants algorithmes qui permet de faire de la reconnaissance vocale et gestuelle. Dès sa sortie, elle se présente comme une révolution et fait un carton dans la communauté Xbox, puis parmi les développeurs qui la détournent rapidement de son usage normal. La Kinect est capable de détecter et suivre les mouvements d'un ou plusieurs utilisateurs en temps réel. Elle peut être commandée vocalement et est capable de s'incliner vers le haut ou vers le bas. La majorité des technologies utilisées dans la Kinect ont été développées par la société PrimeSense qui est spécialisée dans l'interaction naturelle.

Le périphérique est capable de détecter jusqu'à quatre personnes dans de bonnes conditions et peut élaborer, pour chacune d'elle, un squelette de vingt articulations mis à jour en temps réel en fonction des changements de position des utilisateurs. Ces informations peuvent être utilisées pour animer des avatars 3D dans les jeux et permettre ainsi aux joueurs d'interagir dans le monde virtuel simplement avec leurs corps. La Kinect est capable de détecter la provenance d'un son dans l'espace. De plus, elle dispose d'algorithmes de reconnaissance vocale permettant de la contrôler en lui parlant.

Dans sa première version la Kinect se compose d'une caméra couleur, d'une caméra infra-rouge et d'un laser capable des projeter des points infra-rouge sur la scène. Elle est également munie de quatre microphones pour la détection de son dans l'espace ainsi que d'un moteur lui permettant de s'orienter vers le haut et vers le bas. Les informations recueillies par ces capteurs sont ensuite interprétées par de puissants algorithmes capables d'en extraire des données utiles.

Figure 17 : Le périphérique Kinect



(<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/67/Xbox-360-Kinect-Standalone.png>)

Les algorithmes de la Kinect sont capables de détecter toute une panoplie de mouvements comme un geste d'au revoir fait avec la main (wave en anglais) ou bien un geste d'appui avec la main (push). Des gestes comme taper dans ses mains ou bien dessiner un cercle dans l'air peuvent aussi être détectés par la Kinect.

Une deuxième version de la Kinect est prévue pour la fin de l'année 2014. Cette version sera plus précise dans la détection des mouvements et pourra évaluer les forces exercées par l'utilisateur. Par exemple, la Kinect 2 sera capable de définir que l'utilisateur force plus sur une de ses jambes si l'autre est levée ou bien pourra définir l'intensité d'un coup de poing. Ce nouveau périphérique sera également capable de faire de la reconnaissance faciale ainsi que de détecter la position des mains et des doigts de l'utilisateur.

La Kinect a été détournée de son usage normal à maintes reprises car le SDK de PrimeSense permettait de développer avec bien avant que Microsoft ne décide de distribuer son SDK. Beaucoup de projets différents ont utilisé les capacités de la Kinect à d'autres fins que le contrôle d'avatars dans les jeux vidéo. Des projets de dessins, de motion capture, de contrôle d'interface, d'aide aux personnes en difficulté physique, de robotique et bien d'autres ont très rapidement vu le jour.

3.1.3 Le Playstation Move

Le Playstation Move est un contrôleur sorti par Sony en 2010 pour sa console PlayStation 3. Surnommé « la baguette magique Playstation », ce contrôleur est composé de trois parties principales. La première est la caméra dénommée « Playstation Eye » qui servait déjà de système de communication audiovisuel pour la PS3 sur le Playstation Network. La seconde partie est une manette en forme de baguette qui est le Playstation move en question. La manette est munie de neuf boutons poussoir mais aucun n'a le rôle de flèche directionnelle. Comme la manette de la Wii qu'il est censé concurrencer, le Playstation Move dispose d'un accéléromètre et d'un gyroscope. Ce contrôleur a pour particularité d'être surmonté d'une boule pouvant prendre plusieurs couleurs en fonction de la situation. La dernière partie est une deuxième manette optionnelle qui se tient dans l'autre main et dispose des boutons de direction, de cinq boutons d'action et d'un joystick.

Figure 18 : Playstation Move et sa manette additionnelle



(<http://www.slabre.fr/wp-content/uploads/2012/05/PlayStation-Move.png>)

Le Playstation Move capte les mouvements de l'utilisateur afin de les reproduire dans le jeu. La caméra dispose de microphones et peut être commandée vocalement grâce à des logiciels de reconnaissance. Elle se place au-dessous ou au-dessus de l'écran. Placé dans le champ de vision de la caméra, le PS Move peut fonctionner comme un

dispositif de pointage et faire bouger un curseur. La caméra qui filme le joueur est capable d'intégrer ce dernier dans le jeu pour créer un effet de réalité augmentée.

Le PS Move permet à l'utilisateur de jouer à des jeux de tennis, de golf, de sabre et d'autres encore. Le contrôleur peut détecter son orientation sur les trois axes afin de la reproduire à l'écran, par exemple, sur une raquette ou une épée. Il est aussi capable de reconnaître certains mouvements comme un mouvement circulaire.

Le Playstation Move est clairement et notoirement une tentative de copie de la Wiimote et du Nunchuck de Nintendo. Sortie quatre ans après et n'apportant pas de nouveauté majeure, n'ayant pas de jeux adaptés ni de public convaincu, le Playstation Move n'a pas connu un grand succès. Sony a cependant fait part de sa volonté de maintenir l'utilisation de ce contrôleur dans le futur.

3.1.4 Ecran tactile

L'écran tactile est un écran capable de détecter la position d'une pression exercée avec le doigt. Il s'agit à la fois d'un dispositif d'entrée et de sortie. Actuellement, il est beaucoup utilisé sur les téléphones portables et les tablettes mais il existe également pour l'ordinateur portable, les écrans de poste fixe, les bornes dans les lieux publics, etc. L'écran tactile est un contrôleur qui, bien qu'il soit très à la mode actuellement, n'est pas vraiment une révolution technologique. Sa popularité est plus due au fait qu'il s'inscrit dans la lignée des interfaces naturelles, donc plus simple à utiliser, que par l'efficacité qu'il procure à l'utilisateur.

Figure 19 : Ecran tactile sur ordinateur portable



(<http://www.nowhereelse.fr/wp-content/docs/hp-touchsmart-tx2.jpg>)

Il existe plusieurs technologies différentes d'écran tactile. Certains ne sont rien d'autre que des pavés tactiles (utilisés sur les ordinateurs portables comme dispositif de pointage) recouverts d'un écran LCD. D'autres fonctionnent comme un mix des technologies des tablettes graphique et des pavés tactiles. D'autres encore sont conçues pour offrir des surfaces résistantes au choc.

Les écrans tactiles sont en général capables de gérer le « multitouche », c'est-à-dire que l'on peut utiliser plusieurs doigts en même temps. Comme pour les pavés tactiles, certains gestes seront reconnus comme le fait d'écarter ou de rapprocher deux doigts pour réaliser un zoom arrière ou avant.

3.2 Les contrôleurs en développement

3.2.1 Gant de donnée

Le gant de données est un contrôleur qui a pour fonction de connaître la position de la main et des doigts de l'utilisateur. Il est muni de capteurs qui détectent les mouvements de la main et transmettent les données. Il peut permettre, par exemple, d'interagir dans un environnement virtuel ou de manipuler un système robotique.

Figure 20 : Gant de donnée à retour de force



<http://theglovesproject.com/data-gloves-overview/>

Le gant de donnée n'est pas un contrôleur qui a eu beaucoup de succès. Ceci est notamment dû aux fait qu'il est difficile à concevoir et que sa précision est généralement trop faible. Aussi, le gant de données n'est pas le moyen le plus simple pour manipuler un objet dans un environnement virtuel en 3D. Si les gants de données permettent de connaître l'état des doigts et les angles des phalanges, il reste difficile de définir les déplacements et la position des mains. Les gants de donnée modernes utilisent des gyroscopes et accéléromètres.

Plusieurs technologies de capteur sont utilisées pour réaliser des gants de données. Il y a de la fibre optique, des capteurs de tensions, des axes motorisés et même des systèmes pneumatiques munis de capteurs de pression. Certains gants de données intègrent un système haptique afin que l'utilisateur puisse ressentir les objets qu'il manipule dans le monde virtuel. Ces gants, à retour de force, sont cependant complexes à concevoir et à utiliser.

Une autre approche aujourd'hui, pour détecter le mouvement de la main et des doigts, consiste à utiliser la reconnaissance d'image. Microsoft annonce que la deuxième version de son périphérique Kinect en sera capable. Il est probable que pour les années à venir, le gant de données ne se démocratise pas et reste confiné à des utilisations spécifiques malgré les avancées dans le domaine.

3.2.2 Google Glass

Les Google Glass consistent en un concentré de technologie qui fait la part belle à la réalité augmentée. Développée par le laboratoire de Google nommé « Google X Lab », cette paire de lunettes munie d'une caméra, d'un pavé tactile, d'un mini-écran et d'un système de reconnaissance vocale a pour objectif d'intégrer la réalité augmentée dans le quotidien de l'utilisateur. Les Google Glass disposent également d'une connexion Internet sans-fil.

Encore en cours de test à l'heure actuelle, ce dispositif est muni d'une caméra capable de prendre des photos et vidéos en haute définition 720p. Il possède 16 gigaoctets d'espace de stockage. Un pavé tactile disposé le long de la branche permet d'effectuer des manipulations telles que des zooms ou des déplacements dans les applications. Un dispositif Wi-Fi permet de les connecter à Internet. Un écouteur est fixé sur la branche droite pour le son.

Figure 21 : Google Glass fixée sur des lunettes sportives



http://www.slashgear.com/wp-content/uploads/2014/04/google_glass_lenses_sq_02-820x420.jpg

En 2013, Google a ouvert le Mirror API qui permet à des tiers de développer des applications pour les Google Glass. Les lunettes peuvent déjà fonctionner avec beaucoup d'applications Google comme Gmail ou Google Maps. En ouvrant leur API, Google laisse libre cours à chacun de développer des applications novatrices.

Les lunettes sont capables de recevoir et d'afficher des notifications de la part des applications, par exemple, lorsque l'utilisateur reçoit un e-mail. Une commande vocale permet de prendre une photo qui peut ensuite être transférée via une application Web ou stockée en mémoire.

Les Google Glass intéressent particulièrement le secteur médical de par ses capacités à afficher des informations dans le champ de vision de l'utilisateur en temps réel. La possibilité de le commander vocalement est un atout lors d'une intervention. La capacité de pouvoir filmer une intervention de point de vue de l'opérant à des fins démonstratives ou éducatives est particulièrement appréciée.

3.2.3 Oculus Rift

L'Oculus Rift a été conçu par Palmer Luckey, un passionné de réalité virtuelle qui n'était pas satisfait des dispositifs existant. Il fondera ensuite l'entreprise Oculus VR qui sera rachetée par Facebook au début de l'année 2014. L'Oculus Rift est un contrôleur de nouvelle génération, conçu en 2012, qui a pour objectif d'immerger l'utilisateur dans le monde virtuel.

Il s'agit d'un casque de réalité virtuelle qui ressemble à un masque de plongée. Il se place sur les yeux de l'utilisateur et est maintenu par une sangle passant derrière la tête. L'intérieur du casque est composé d'un écran précédé de deux lentilles, une pour chaque œil. Le système est stéréoscopique, c'est-à-dire qu'il produit une image perçue en relief par le cerveau. Les lentilles et l'écran sont placés de tel manière que l'on ne voit pas les bords de l'écran.

Avec l'Oculus Rift, l'utilisateur est totalement immergé dans un monde virtuel en relief. Pour achever le réalisme, l'Oculus Rift est muni d'un gyroscope et d'un accéléromètre. Il est capable de détecter les mouvements de la tête de l'utilisateur pour que la vue du monde virtuel puisse s'adapter. Ainsi, l'utilisateur peut regarder autour de lui dans le monde virtuel en tournant la tête.

Pour l'instant, ce contrôleur est encore en cours de développement. Une version « Kit de développement » peut être acquise pour 300 dollars. Cette version est livrée avec un SDK et des exemples d'applications et a pour objectif de permettre aux développeurs de concevoir des jeux intégrant l'Oculus Rift. Depuis le rachat d'Oculus

VR par Facebook, une version finale du contrôleur a été annoncée pour le troisième trimestre 2014. La technologie de l'écran devrait être améliorée par rapport au kit de développement et les temps de latence d'affichage en cas de mouvement rapide devraient être réduits.

Figure 22 : Oculus Rift et retour sur écran



<http://r.llb.be/image/38/533964b235704095cab4e638.jpg>

3.3 Technologies

3.3.1 Reconnaissance

3.3.1.1 Vocale

La reconnaissance vocale consiste à analyser le son des paroles captées au moyen d'un microphone afin de le transformer en texte exploitable par un programme. Le premier système faisant de la reconnaissance vocale a été développé dans les laboratoires Bell Labs en 1952 par trois ingénieurs. Il était en mesure de reconnaître dix chiffres prononcé de manière isolée. Dès lors, poussée par le secteur militaire, la recherche dans le domaine n'a cessé de croître pour livrer aujourd'hui des logiciels capables d'atteindre des taux de 90 à 95% de réussite.

Il y a plusieurs problèmes majeurs à résoudre pour faire de la reconnaissance vocale. Un des premiers est d'être capable d'interpréter des sources sonores qui ne sont pas identiques, qui n'ont pas les mêmes niveaux de bruit parasite, qui ne proviennent pas des mêmes environnements sonores et qui peuvent provenir de capteurs fournissant différentes qualités de son. Un deuxième problème réside dans la différence entre les langues. Il est nécessaire de disposer d'une base statistique des sonorités pour faire de la reconnaissance vocale. Or cette base est différente en fonction de chaque langue. De plus chaque individu possède un accent et prononce les mots

différemment. Un troisième problème réside dans le traitement des homophones. En effet, pour savoir quel mot utiliser parmi plusieurs mots qui se prononcent de la même manière, il est à nouveau nécessaire d'avoir une base statistique à laquelle se référer pour déterminer quel homophone correspond le mieux au contexte de la phrase.

Pour utiliser un logiciel de reconnaissance vocale personnel, l'utilisateur devra, la plupart du temps, passer par une phase d'entraînement afin de faire apprendre sa voix au système. Cette phase consiste en général à lire à haute voix des blocs de texte afin que le système puisse créer une base des sonorités permettant d'identifier la voix de l'utilisateur. Cependant ces systèmes sont personnalisés et nécessitent d'être entraînés longuement. Ceci ne correspond pas forcément à certains besoins comme celui d'avoir un système capable de traiter la voix de n'importe qui sans la connaître au préalable.

La reconnaissance vocale se déroule en plusieurs étapes. La première consiste à transformer les ondes acoustiques en signal numérique. Ce signal est ensuite découpé et transformé, grâce à des techniques d'analyse des fréquences, en symbole phonétique prédéfini. Ces symboles n'ont pas de sens précis et correspondent simplement à la transcription de l'onde sonore en texte. Les symboles sont ensuite traduits grâce à une base de données servant à faire la correspondance entre des chaînes de symboles phonétiques et des mots. Certaines chaînes de symboles phonétiques correspondent forcément à un mot avec un très faible taux d'ambiguïté possible. Reste alors le problème des homophones. Pour le résoudre, le système se base sur des statistiques décrivant qu'un mot a plus de chance de se trouver aux côtés de certains autres mots.

3.3.1.2 Faciale

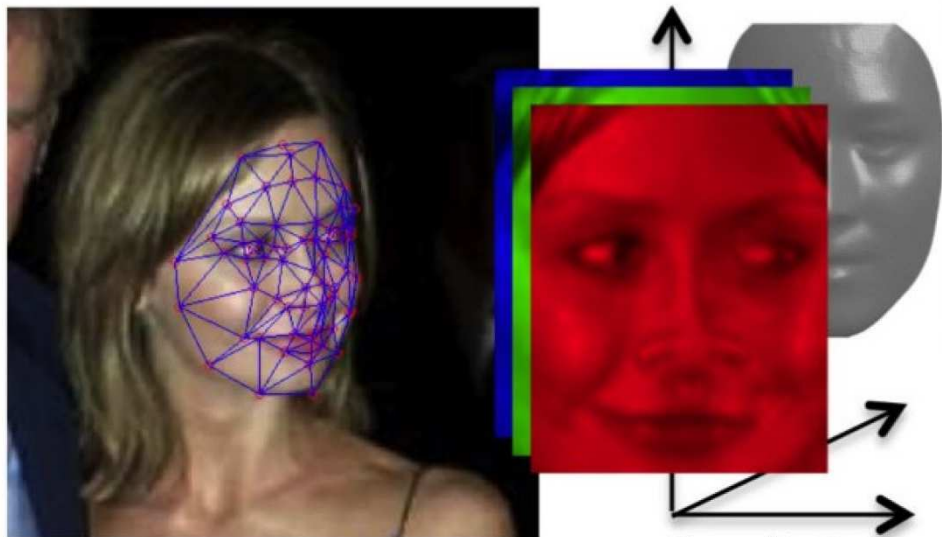
La reconnaissance faciale est une branche spécifique de l'analyse d'image. Le principe est de reconnaître un visage à partir d'une image ou d'une séquence vidéo. Dans la plupart des cas la reconnaissance faciale est utilisée dans les domaines de la sécurité et de la biométrie. L'objectif est de pouvoir comparer deux visages sur des images numériques afin de déterminer s'il s'agit de la même personne.

Avant de pouvoir faire de la reconnaissance de visage à proprement parler, il est d'abord nécessaire de détecter un visage sur une image. Il existe des algorithmes qui sont capables de détecter la présence ou l'absence d'un objet sur une image. Le plus connu est l'algorithme « Viola et Jones » qui, après une phase d'apprentissage basée sur plusieurs milliers d'images, est capable de détecter si une image numérique contient ou ne contient pas l'objet en question. Cet algorithme n'est, dans une certaine

mesure, pas gêné par la taille ou le positionnement de l'objet à détecter, ni par le fait qu'il puisse apparaître plusieurs fois dans l'image. Le logiciel OpenCV qui est en vogue ces dernières années implémente cet algorithme et fournit un classificateur déjà entraîné pour détecter les visages.

Une fois qu'un visage est détecté sur une image, c'est un algorithme de reconnaissance qui va l'analyser. Ces algorithmes peuvent se baser sur des milliers de critères différents pour identifier un visage. Les plus facile à comprendre pour un être humain sont, par exemple, la distance entre les yeux et leur couleur, la couleur de la peau, la taille et la forme de la bouche, la forme de la tête, la présence de fossette, l'angle des arcades, du menton et des pommettes, etc. Une fois que l'algorithme a analysé tous les critères dont il a besoin, il est en mesure de recommencer l'analyse sur un autre visage afin de déterminer s'il y a correspondance.

Figure 23 : Résultat de l'algorithme DeepFace



<http://i.huffpost.com/gen/1684572/thumbs/o-FACEBOOK-FACIAL-RECOGNITION-facebook.jpg>

La plupart des systèmes de reconnaissance faciale travaillent sous contrainte. C'est-à-dire que le visage doit apparaître sous un certain angle, le fond doit être d'une certaine couleur, la luminosité doit respecter une certaine intensité. Pour cette raison les algorithmes de reconnaissance faciale n'étaient pas considérés comme suffisamment fiables dans pas mal de situations. La donne est peut-être en train de changer suite aux travaux effectués par les laboratoires de Facebook. En effet, ceux-ci annoncent avoir développé un nouvel algorithme nommé DeepFace et qui atteindrait un taux de 97,25% de réussite et ce avec des contraintes bien moins élevées qu'habituellement. DeepFace serait capable de construire un masque 3D du visage qu'il analyse. Ainsi, sur une image où le visage n'est pas de face, le masque peut être orienté et

redimensionné afin d'obtenir une base de critères à comparer pour analyser le visage sur cette image.

3.3.2 Capture de mouvement

La capture de mouvement (motion capture) est un domaine de l'informatique qui regroupe l'ensemble des techniques permettant de numériser un mouvement. Si l'objectif de base de la capture de mouvement était d'animer des avatars 3D afin de rendre leur mouvement plus réaliste, l'évolution des capteurs et des algorithmes de détection est en train d'induire cette technique dans le domaine de l'interface homme-machine. De plus en plus de systèmes basés sur la capture partielle ou totale des mouvements du corps sont utilisés afin de communiquer avec des machines, principalement dans le cadre des interfaces naturelles.

Les premiers systèmes de capture de mouvement fonctionnaient de manière complexe. Un acteur était assorti de marqueurs, par exemple des balles blanches, sur toutes ses articulations ainsi que sur sa tête, ses mains et ses pieds. Un cercle de caméra infrarouge filmait l'acteur sous tous les angles pour produire des séries d'images noires contenant seulement du blanc au niveau des positions des marqueurs.

Figure 24 : Motion capture classique



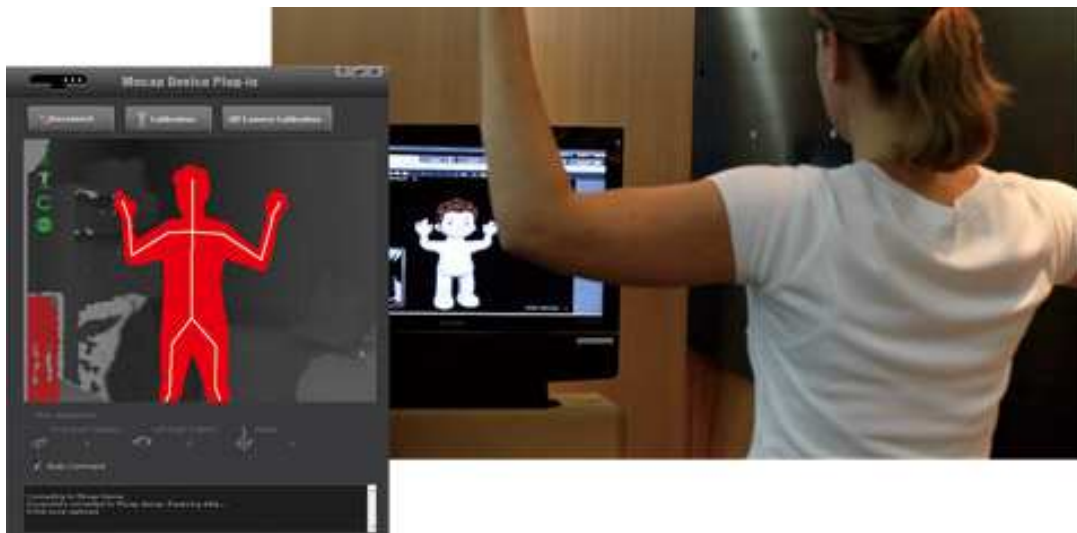
http://www.batou.fr/wp-content/uploads/motion_capture_1.jpg

De puissants logiciels triangulaient la position dans l'espace de chaque marqueur en analysant les images en fonction de la position des caméras. D'autres logiciels s'occupaient ensuite de calculer l'interpolation entre les marqueurs pour enfin

produire un squelette en mouvement. Ce mouvement était ensuite appliqué à un avatar 3D puis corrigé à la main. Un défaut du système résidait dans le fait que les marqueurs ne devaient pas quitter le champ des caméras. Qui plus est, il existait des risques de confusions, entre deux marqueurs se rapprochant trop à un moment, au niveau des logiciels de triangulation.

Plusieurs systèmes améliorant cette technique de base et d'autres ont été développés par la suite. Des étudiants du MIT ont ainsi eu l'idée de remplacer les boules blanches par des balises de type sonar dont les positions pouvaient être déduite grâce aux ondes émises. Une autre technologie de capture de mouvement consiste à équiper l'acteur d'un exosquelette muni de capteurs d'angle à chaque articulation afin d'enregistrer le mouvement. Des systèmes basés sur un champ magnétique est des capteurs perturbant ce champ ont été mis au point. L'acteur était ainsi assorti des bobines de cuivre en lieu et place de marqueurs. De savants calculs permettaient de déduire la position et l'orientation de chaque bobine par rapport à l'induction qu'elles subissaient et aux perturbations du champ magnétique. Il existe également des systèmes à base de gyroscopes qui permettent d'obtenir l'orientation de chaque membre mais pas le positionnement dans l'espace qui est donc calculé par d'autres capteurs.

Figure 25 : Motion capture de la Kinect



http://www.reallusion.com/images/iclonpipeline/feature_mocap.jpg

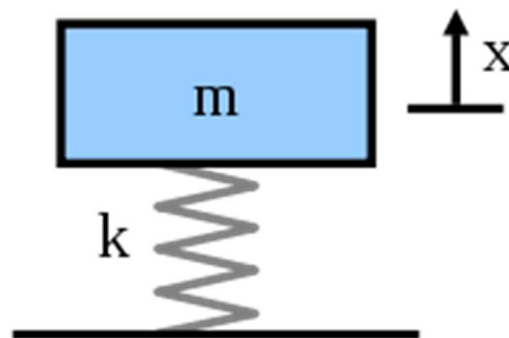
Les techniques de motion capture ayant existé sont diverses et variées. Elles pourraient faire l'objet d'une étude à elles seules. La dernière technique qui sera abordé dans cette section est celles utilisée par la Kinect. La Kinect utilise un laser infrarouge projetant des points sur la scène. Ces points de lumière invisible à l'œil nu sont filmés par une caméra infra-rouge. Les images recueillies par la caméra IR sont

ensuite analysées. La Kinect peut détecter la profondeur de la scène ainsi que la distance des objets dans son champ de vision en se basant sur les points de lumière infrarouge. En effet, plus un point est gros plus il est proche de la Kinect. Le reste du travail est effectué par des algorithmes du même type que pour la détection d'objets dans une image. Grâce aux informations combinées de la profondeur et des images de la caméra couleur, les algorithmes sont capables de créer, en temps réel, un squelette de l'utilisateur.

3.3.3 Accéléromètre

Un accéléromètre est un dispositif qui permet de calculer l'intensité d'un mouvement sur un axe. Par extension, le terme accéléromètre désigne également un dispositif comprenant trois accéléromètres, un pour chaque axe des trois dimensions. Un accéléromètre peut être schématisé par le modèle physique d'un système masse-ressort. Dans ce modèle, une masse est fixée sur un ressort. Quand un système masse-ressort est fixé dans un contenant et que ce contenant subit un déplacement suite à la poussée d'une force, la masse va avoir tendance à rester à sa position à cause de son inertie. Ceci aura pour effet de comprimer ou d'étendre le ressort. Ainsi en mesurant la déformation du ressort, il est possible de mesurer l'intensité du déplacement ou, autrement dit, l'accélération.

Figure 26 : Schéma d'un système masse-ressort



(<http://fr.wikipedia.org/wiki/Acc%C3%A9l%C3%A9rom%C3%A8tre>)

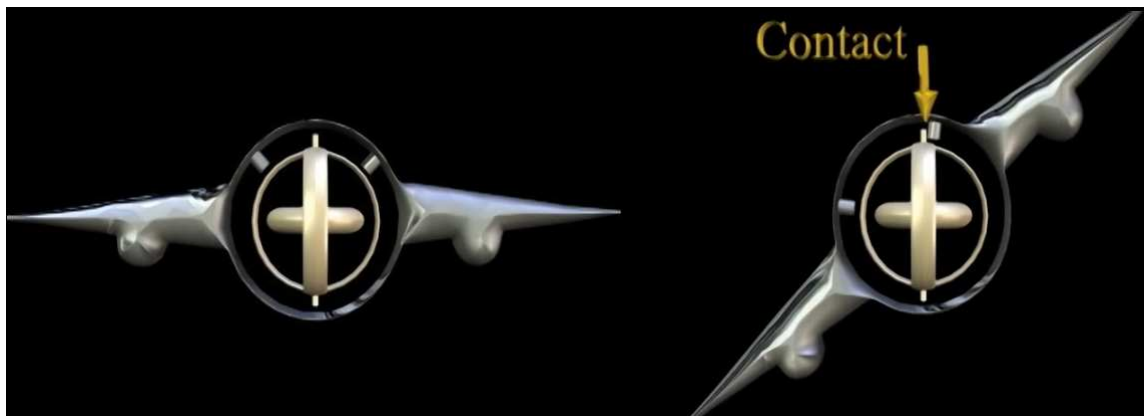
Les accéléromètres sont utilisés dans de nombreux domaines et sous de nombreuses formes. Des versions électroniques, obtenues grâce à l'effet piézo-électrique, sont utilisées dans les téléphones modernes pour déterminer leur orientation. Les manettes modernes de consoles disposent d'accéléromètres afin que l'on puisse jouer avec leur inclinaison. Les accéléromètres se trouvent également dans les domaines de l'industrie, de l'aviation, de l'automobile et bien d'autres encore.

3.3.4 Gyroscope

Un gyroscope est un dispositif qui exploite le principe de conservation du moment angulaire. Une toupie est l'exemple le plus simple d'un objet exploitant l'effet gyroscopique. Le principe qui régit le fonctionnement est que lorsqu'un corps équilibré est en rotation, il tend à conserver son axe de rotation invariable. Ainsi si l'on pousse une toupie en rotation pour la faire pencher, celle-ci aura tendance à se remettre droite tant que sa vitesse de rotation est assez élevée pour combattre la gravité. La terre elle-même est une sorte de gyroscope.

Le gyroscope est donc un dispositif qui, une fois lancé, tend à résister au changement d'orientation de son axe. Il est très utilisé dans le domaine de l'aéronautique en tant qu'instrument qui permet de connaître l'orientation de l'appareil. Dans un avion par exemple, le gyroscope fixé à un axe et maintenu en rotation grâce à un dispositif électrique va conserver son orientation verticale lorsque l'orientation horizontale de l'avion va être modifiée. Il constitue alors un appareil de vol permettant de connaître l'inclinaison de l'avion.

Figure 27 : Fonctionnement d'un gyroscope



<http://www.sitesquibuzz.com/2010/04/le-gyroscope-et-son-fonctionnement.html>

Il existe bien évidemment des versions électroniques du gyroscope et se sont ces types de composant qui sont intégrés dans les manettes de jeux comme la Wiimote. Comme pour beaucoup de systèmes mécaniques réduits à l'état de composants électroniques, c'est l'effet des matériaux piézo-électriques qui convertissent un mouvement en tension qui est utilisé pour créer des gyroscopes électroniques.

3.3.5 Electro-encéphalographie

Un nouveau type de contrôleur est en train d'apparaître dans le domaine de l'interface homme-machine et il s'agit de notre cerveau. De plus en plus de chercheurs se penchent sur les possibilités de communiquer avec les machines grâce au cerveau.

Bien que l'étude de son fonctionnement soit un des domaines les plus complexes et sur lequel la recherche à encore le plus à progresser, il est aujourd'hui possible d'envisager d'utiliser le cerveau pour communiquer avec les machines, ce grâce à son activité électrique.

Utilisée dès les années 1950, l'électro-encéphalographie est une méthode qui étudie l'activité électrique du cerveau afin d'en cerner le fonctionnement. Son domaine d'application premier est celui du médical. Cette technique fut beaucoup employée pour la détection et l'étude des troubles épileptiques. Des capteurs nommés électrodes sont placés en différents points du crâne de l'utilisateur afin de capter l'activité électrique et de la retransmettre sous forme de tracés nommés électro-encéphalogrammes. Ces tracés ressemblent à ceux obtenus pendant un examen de type électrocardiogramme.

Le principe qui permet d'utiliser le cerveau comme un contrôleur, dans l'état actuel de la science, réside dans le fait que son activité électrique varie en fonction des choses auxquels l'utilisateur pense ou en fonction de son état émotionnel. Par exemple, lorsque le sujet pense à un carré bleu, les électro-encéphalogrammes retransmis par les électrodes ne sont pas les mêmes que lorsqu'il pense à un rond rouge. La technique consiste donc à étudier et à comparer les tracés, tout en éliminant les « bruits parasites » produit par l'immense activité d'un cerveau, afin de pouvoir s'en servir pour communiquer avec la machine.

Le contrôle de la machine par le cerveau et plus précisément par la pensée permettrait d'approcher un maximum le concept d'interface naturelle. Des interfaces de ce genre, dès lors qu'elles seront pleinement fonctionnelles, permettront à des personnes en situation de handicap ou à motricité réduite d'améliorer leur quotidien, notamment grâce à des systèmes domotiques qu'elles pourront contrôler facilement.

3.4 Les interfaces de nouvelle génération

3.4.1 L'interface utilisateur naturelle

L'interface utilisateur naturelle abrégée par son acronyme anglais NUI (Natural User Interface) désigne un concept novateur basé sur les contrôleurs de nouvelle génération ainsi que sur tout système qui permettra de communiquer avec une machine d'une manière qui est naturelle pour l'être humain. Selon certains spécialistes et selon toute vraisemblance, il s'agit du type d'interface qui va succéder aux interfaces graphiques classiques. Cependant, les interfaces naturelles n'en sont qu'à leurs prémices et beaucoup reste encore à être imaginé et réalisé dans le domaine.

L'objectif principale d'une interface naturelle est de rendre abordable la technologie aux plus grand nombres de personnes. Une NUI se veut accessible, intuitive, transparente pour l'utilisateur et facile à appréhender. Les écrans tactiles sont un bon début. Les interfaces basées sur la reconnaissance vocale ne sont malheureusement pas encore assez au point, ou trop limitées dans leurs utilisations, pour pouvoir être utilisée de manière naturelles. Elles sont tout de même des interfaces naturelles. Les contrôleurs basés sur la reconnaissance de mouvement ont, quant à eux, fait un bond exceptionnel ces dernières années. Le domaine de l'électro-encéphalographie en est à ses prémices mais reste très prometteur pour le futur.

Figure 28 : Exemple d'interface naturelle



<http://www.infohightech.com/IMG/jpg/flowton1.jpg>

4. Application de démonstration

4.1 Présentation

Le logiciel développé en parallèle de ce document se nomme 3DLayer et a pour objectif premier d'utiliser et de démontrer certaines capacités du périphérique Kinect de Microsoft. La Kinect est un périphérique qui s'inscrit dans la logique des interfaces naturelle. Le second objectif de 3DLayer est donc de mettre en œuvre une interface naturelle en utilisant la Kinect. Pour atteindre cet objectif, l'application réalise un explorateur de fichier 3D contrôlé par les gestes de l'utilisateur.

Le SDK « Kinect for Windows SDK v1.8 » est utilisé pour communiquer avec la Kinect. L'application se base sur le Framework « XNA Game Studio 4.0 » afin d'obtenir un environnement 3D virtuel. Elle est développée au moyen de l'IDE « Visual Studio 2010 » dans le langage C#. Les capacités de la Kinect démontrées par cette application incluent la reconnaissance vocale, le suivi du squelette de l'utilisateur, la reconnaissance de mouvement, les flux de profondeur et de vidéo, ainsi que la localisation d'une source sonore.

4.2 SDK de la Kinect

Le SDK « Kinect for Windows SDK » fournit par Microsoft afin de permettre aux développeurs d'intégrer le périphérique Kinect dans leurs applications offre une multitude de fonctionnalités. La première version du SDK est sortie en février 2012. Comme à l'accoutumé, il se présente sous la forme d'une bibliothèque au format DLL à intégrer à l'application. Le principal langage pour programmer avec la Kinect est le C#. Cette section a pour objectif de présenter les différentes fonctionnalités de haut niveau offertes par le SDK.

Grâce aux SDK, le développeur peut avoir accès aux différentes données captées par la Kinect. Ces données se présente sous formes de flux, comme le flux des squelettes utilisateurs ou le flux d'image de la caméra RGB par exemple. Le SDK offre un accès à ces données et des outils pour les exploiter.

4.2.1 Reconnaissance des utilisateurs

La Kinect est en mesure de détecter jusqu'à six utilisateurs en même temps. Une fois un utilisateur détecté, le périphérique va suivre ses mouvements en temps réel. Le système va établir, pour chaque utilisateur, un squelette dont les coordonnées varient en temps réel en fonction des mouvements de la personne suivie. Les squelettes des

utilisateurs sont ainsi rendu accessibles par le SDK sous la dénomination de « flux des squelettes » (Skeleton Stream, en anglais).

4.2.2 Reconnaissance de mouvement

Le SDK offre certaine fonctionnalité de détection de mouvement comme la reconnaissance de la main fermée ou de la main ouverte. Le SDK présente cette fonctionnalité sous le nom de « flux d'interaction » (Interaction Stream, en anglais). Grâce aux flux d'interaction, l'application est en mesure de capter et réagir à des évènements provoqués par la reconnaissance d'un mouvement de la part du périphérique.

4.2.3 Identification des sources sonores

Le périphérique Kinect dispose de plusieurs microphones. Ceci lui permet détecter la localisation d'une source sonore. Le SDK présente ce concept en tant que « flux audio » (Audio Stream, en anglais). Le périphérique est entre-autre capable d'attribuer une source sonore à un utilisateur parmi plusieurs et de conserver l'attribution même lorsque l'utilisateur se déplace.

4.2.4 Suivit du visage

Indisponible lors de sa sortie en 2012, le SDK dispose maintenant des fonctionnalités permettant la détection et le suivit du visage. Cette fonctionnalité permet de détecter et suivre les positions et orientations des visages qui apparaissent sur le flux de la caméra (Face tracking). Le SDK permet entre autre de détecter certaines expressions du visage ou bien une langue tirée. Cependant, ces fonctionnalités ne sont pas optimisées pour les premières versions de la Kinect et seront proposée avec la seconde version du périphérique qui devrait sortir fin 2014.

4.2.5 Capture d'objet en 3D

Présenté sous le nom de Fusion, le SDK de la Kinect permet de disposer d'une série de fonctionnalités servant à capturer un objet en 3D. Le principe est de constituer un modèle 3D à partir d'un objet en faisant tourner la Kinect autour de cet objet. Les fonctionnalités du Fusion sont très impressionnantes. Il est possible d'établir un modèle d'un objet, voire d'une pièce entière en déplaçant la Kinect. Les algorithmes sont capables de construire le modèle 3D en temps réel et d'intégrer des modifications de manière dynamique.

4.3 Framework XNA

Le Framework « XNA Game Studio » développé par Microsoft a pour objectif de fournir une architecture d'application permettant d'afficher un environnement virtuelle 2D et

3D. XNA s'utilise avec l'environnement de développement « Visual Studio » et fournit tout une série d'outils.

En premier lieu, XNA fournit des classes permettant de gérer l'importation des ressources (images, modèles 3D, textures, police de caractère, etc.). En partant d'un fichier externe, au moyen de divers importateurs, le flux d'importation permet d'obtenir un objet applicatif manipulable par le logiciel.

Ensuite, le Framework XNA apporte les moteurs de rendus 2D et 3D qui permettent d'afficher des images et des modèles 3D. Des panoplies de classes et de fonctions sont mises à disposition afin de résoudre et utiliser les équations nécessaires à la manipulation et au rendu d'objets sur un plan 2D et dans un espace 3D.

XNA est un puissant Framework basé sur la technologie DirectX. Il permet à l'application d'exploiter les ressources graphiques de la machine au mieux. Il est pensé de manière à être générique et facilement extensible. Il se limite à fournir le minimum vital d'une application 3D et le fait de manière à simplifier le travail de l'utilisateur et à lui laisser un maximum de champs libre.

4.4 Architecture

4.4.1 Les classes

Dans cette section, sont décrites exclusivement, les classes qui ont été développées spécifiquement pour cette application.

4.4.1.1 Layer3D

Layer3D est la classe qui contient le flux principale de l'application. Cette classe hérite directement de la classe *Game* du Framework XNA. Il s'agit donc d'une application XNA à part entière. Comme toute application XNA, *Layer3D* possède les méthodes de dessin et de mis à jour des objets 2D et 3D.

La classe *Layer3D* possède l'objet applicatif représentant le périphérique Kinect. Elle définit les méthodes de retour d'évènement associées à la Kinect. Par exemple, la méthode appelée lorsque la Kinect a capturé une image avec la caméra RGB.

Layer3D contient également les objets de classe *Room3D* représentant les différentes scènes de l'application ainsi qu'un objet de classe *VocalControl* qui lui est fortement lié et qui permet d'utiliser des commandes vocales. Enfin *Layer3D* contient les objets de type *Skeleton3D* qui représente les squelettes des utilisateurs dans l'environnement 3D virtuel.

4.4.1.2 Object3D

Object3D est une classe représentant un objet 3D dans l'application. Cette classe contient notamment les informations sur le modèle 3D de l'objet, sa position dans l'espace, son échelle (scale), ses rotations sur les trois axes, son état de visibilité, etc. *Object3D* contient également la fonction de détection de collisions entre les objets 3D.

4.4.1.3 Skeleton3D

La classe *Skeleton3D* contient une collection d'objets de classe *Object3D* pour représenter les jointures des squelettes des utilisateurs captés par la Kinect. Elle dispose d'une fonction permettant de mettre à jour les informations de position de ces objets. Cette fonction de mise à jour est alimentée par le flux de squelette envoyé par la Kinect.

4.4.1.4 DesktopObject3D

DesktopObject3D est une classe qui hérite de la classe *Object3D*. Un objet de la classe *DesktopObject3D* représente un fichier ou un dossier dans l'environnement 3D virtuel. Il dispose de l'information du nom et du chemin du fichier qu'il représente.

4.4.1.5 AudioPlayer3D

La classe *AudioPlayer3D* hérite de la classe *Object3D*. Elle décrit un objet 3D qui permet de lire et jouer certain type de fichiers audio. Un objet de classe *AudioPlayer3D* possède l'information du chemin du fichier ainsi que des fonctions permettant de commencer et arrêter la lecture de ce fichier.

4.4.1.6 TextReader3D

La classe *TextReader3D* hérite de la classe *Object3D*. Elle décrit un objet 3D qui permet de lire et afficher les fichiers textes. Un objet de classe *TextReader3D* possède l'information du chemin du fichier ainsi que des fonctions permettant de commencer et arrêter l'affichage de ce fichier.

4.4.1.7 Room3D

La classe *Room3D* représente le concept de pièce, de chambre ou, plus généralement, de scène. Cette classe contient une collection d'objets de classe *Object3D*, l'information de son propre nom ainsi qu'une méthode pour se dessiner dans l'environnement 3D virtuel.

4.4.1.8 DesktopRoom3D

DesktopRoom3D est une classe qui hérite de la classe *Room3D*. Elle représente une chambre particulière qui réalise un explorateur de fichier 3D contrôlé par les gestes de l'utilisateur.

Pour concrétiser ceci, un objet de type *DesktopRoom3D* possède et définit l'information d'un répertoire courant. Les fichiers et dossier contenu dans le répertoire courant sont instanciés par des objets de type *DesktopObject3D* et sont dessinés dans l'environnement 3D virtuel avec des modèles 3D propres à leur type. Le nom du fichier ou dossier est affiché à l'écran en dessous de l'icône.

La classe définit qu'au maximum, douze objets du répertoire courant peuvent être affichés en même temps. La classe *DesktopRoom3D* dispose donc d'un système de page afin de passer à la prochaine ou précédentes séries de douze objets. Pour passer d'une page à l'autre, l'objet dans la classe *Skeleton3D* qui représente une main de l'utilisateur doit entrer en contact avec un objet 3D servant à incrémenter ou décrémenter la page en courante.

DesktopRoom3D dispose d'une fonction de mis à jour lui permettant de connaître l'état ouvert ou fermé des deux mains. Cette fonction est alimentée par le flux d'interactions de la Kinect.

La classe définit les effets découlant des collisions entre les objets du répertoire et les objets représentant les mains de l'utilisateur de telles manières que l'utilisateur puisse déplacer sa main sur un objet 3D, la refermer pour le saisir, déplacer sa main avec l'objet et relâcher l'objet à l'endroit voulu (système Drag and Drop). L'utilisateur peut également change de répertoire courant en refermant sa main sur une icône de dossier.

Cette chambre 3D possède un objet de classe *AudioPlayer3D* pour lire et jouer les fichiers audio et d'un objet de classe *TextReader3D* pour lire et afficher les fichiers texte. Lorsqu'un fichier est relâché sur un objet de classe *AudioPlayer3D* ou de classe *TextReader3D* ce fichier va être lu et, si possible, joué ou affiché.

4.4.1.9 VideoRoom3D

La classe *VideoRoom3D* a pour objectif d'afficher les flux vidéo captés par la Kinect dans l'environnement 3D virtuel.

4.4.1.10 AudioRoom3D

La classe *AudioRoom3D* a pour objectif de démontrer les capacités de la Kinect à détecter la position d'une source sonore.

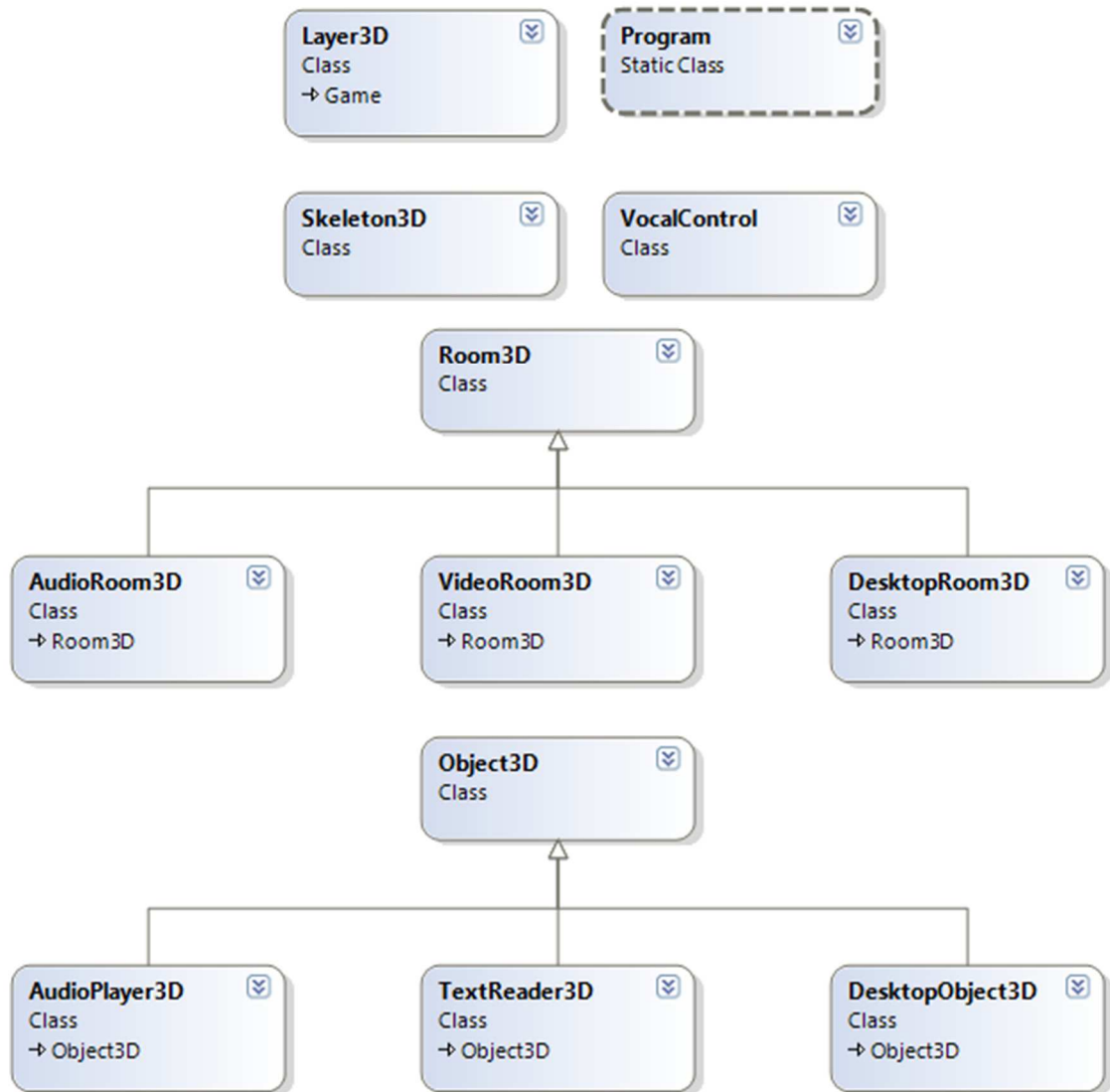
4.4.1.11 VocalControl

La classe *VocalControl* met en œuvre le mécanisme de contrôle vocal. Elle définit le vocabulaire utilisable ainsi que les actions réalisées en cas de détection d'un mot du

vocabulaire. Elle est alimentée par le flux audio de la Kinect. Le contrôle vocal permet de passer d'une chambre 3D à une autre, de modifier l'affichage du squelette de l'utilisateur et de quitter l'application.

4.4.2 Diagramme de classe

Figure 29 : Diagramme de classe de l'application



(Visual Studio 2010)

4.5 Manuel utilisateur

Ce manuel décrit l'installation du périphérique et l'utilisation de l'application de démonstration.

4.5.1 Installation

1. Branchez le périphérique Kinect à l'ordinateur sur le port USB.
2. Installer les drivers pour Kinect disponible sur le site de Microsoft

3. Disposez le périphérique Kinect à 2 ou 3 mètres de l'endroit où vous êtes assis et à environ 1 mètre du sol. Assurez-vous que la caméra regarde dans votre direction
4. Lancer l'application de démonstration

4.5.2 Détection de l'utilisateur

Pour que la Kinect détecte un utilisateur, celui-ci doit se tenir dans le champ de la caméra et bouger légèrement (écarter les bras suffit en général). Une fois que l'utilisateur est détecté, les jointures des mains de son squelette sont affichées sous la forme de sphères vertes dans l'environnement 3D virtuel de l'application. Le squelette peut-être affiché de manière plus complète grâce à une commande vocale.

4.5.3 Les commandes vocales

L'application est dotée d'une série de commande vocale. La reconnaissance est optimisée pour la langue anglaise. Il est donc préférable de prononcer les commandes avec un accent anglais, à haute et intelligible voix.

4.5.3.1 Changer de chambre 3D

Les commandes suivantes permettent de changer la chambre 3D active. Prononcer :

- « **Desktop Room** » afin d'afficher la chambre de l'explorateur de fichier 3D
- « **Audio Room** » afin d'afficher la chambre de localisation de source sonore
- « **Video Room** » afin d'afficher la chambre des flux vidéos de la Kinect

4.5.3.2 Modifier l'affichage du squelette 3D

Les commandes suivantes permettent de changer le type d'affichage du squelette de l'utilisateur. Prononcer :

- « **Full Skeleton** » afin d'afficher l'intégralité du squelette 3D
- « **Hand Skeleton** » afin d'afficher seulement les mains du squelette 3D

4.5.3.3 Quitter l'application

Une commande permet de quitter l'application. Prononcer :

- « **Exit Application** » afin de fermer l'application

4.5.4 Utilisation de l'explorateur de fichier 3D

L'explorateur de fichiers 3D permet de visualiser et manipuler les fichiers et dossiers d'un répertoire.

4.5.4.1 Saisir un fichier

Afin de saisir un fichier l'utilisateur doit déplacer sa main devant lui de manière à faire entrer en contact la sphère verte représentant sa main et l'icône 3D du fichier qu'il souhaite sélectionner dans l'environnement 3D virtuel. Une fois que la sphère et l'icône s'illuminent lorsqu'elles entrent en contact. Dès lors, l'utilisateur peut fermer sa main pour attraper le fichier. L'utilisateur peut ensuite déplacer sa main, tout en la gardant fermée, afin de déplacer le fichier. L'utilisateur peut relâcher le fichier à tout moment en ouvrant sa main.

4.5.4.2 Jouer un fichier audio

Pour jouer un fichier audio, l'utilisateur doit saisir le fichier audio, le déplacer sur l'objet en forme d'enceinte audio et le relâcher. Afin d'arrêter la lecture, l'utilisateur doit déplacer sa main sur l'objet en forme d'enceinte et la fermer.

4.5.4.3 Afficher un fichier texte

Pour afficher un fichier texte, l'utilisateur doit saisir le fichier texte, le déplacer sur l'objet en forme de machine à écrire et le relâcher. Afin d'arrêter l'affichage, l'utilisateur doit déplacer sa main sur l'objet en forme de machine à écrire et la fermer.

4.5.4.4 Afficher les autres dossiers et fichiers du répertoire courant

L'explorateur de fichier affiche les fichiers et dossiers du répertoire courant par séries de douze. Pour passer à la série suivante ou précédente, l'utilisateur doit déplacer sa main devant lui de manière à faire entrer en contact la sphère verte représentant sa main et une des icônes 3D en forme de flèche, pointant vers la droite ou vers la gauche.

4.5.4.5 Changer de répertoire courant

Afin de changer de répertoire courant, l'utilisateur doit déplacer sa main devant lui de manière à faire entrer en contact la sphère verte représentant sa main et l'icône 3D d'un dossier. Dès lors, l'utilisateur peut fermer sa main pour changer le répertoire courant par le dossier choisi. Dans chaque répertoire, un dossier nommé « .. » permet de remonter au répertoire parent.

4.6 Bugs connus

Liste des bugs connus dans l'application.

4.6.1 Autorisation d'accès à un répertoire

Certain répertoire comme le dossier « Documents » de l'utilisateur nécessite une autorisation d'accès spécial. Le programme n'est pas en mesure d'acquiescer cette

autorisation et cela provoque un état où les dossiers et fichiers affichés par l'application ne correspondent pas au répertoire courant.

4.6.2 Caractères spéciaux

La police utilisée pour écrire dans l'environnement 3D virtuel ne possède pas les caractères accentués ni certains caractères spéciaux. L'application peut s'interrompre brutalement suite à la tentative d'écrire dans l'environnement 3D virtuel, par exemple, le nom d'un répertoire disposant d'un caractère spécial.

4.6.3 Perte du tracking du squelette

Il arrive parfois que la Kinect ne soit plus en mesure de déterminer les positions de certaines jointures du squelette. Par exemple, si les deux mains sont jointes, le périphérique peine à déterminer la position de chaque main. Il en va de même quand l'utilisateur effectue des mouvements trop rapides. Lorsque cela se produit quand l'utilisateur déplace un fichier, un bug peut se produire au niveau du drag and drop des fichiers.

4.7 Améliorations futures

4.7.1 Création d'objets permettant de lire d'autres formats de fichiers

Actuellement l'application dispose seulement d'objets permettant de lire les fichiers audio et texte. D'autres objets peuvent être facilement développés afin de lire d'autres formats de fichiers. Par exemple, un Word3D permettant de lire les fichiers Word ou un Zip3D permettant d'ouvrir les archives dans l'environnement 3D virtuel sont envisageables dans le futur de l'application.

4.7.2 Création d'autres chambres 3D

Actuellement l'application ne dispose que d'une chambre 3D destinée à montrer le fonctionnement de la Kinect. Une infinité de scènes peuvent être imaginées comme par exemple une chambre remplie d'instruments de musique virtuels utilisables grâce au geste de l'utilisateur, une salle de jeux d'échecs, un stand de tir virtuel, etc.

5. Conclusion

Après de longues heures de recherche et de rédactions, de programmation et de débogage, viens enfin le moment tirer les conclusions de ce travail de Bachelor dont la réalisation m'a apporté beaucoup de plaisir.

Mon premier constat est que la frontières qui sépare les contrôleurs de nouvelle génération et les contrôleurs classique est moins marquée que ce que j'envisageais au début de ce travail. Il ne s'agit pas d'un bond technologique énorme mais simplement de la continuité du développement des technologies ainsi que de leurs mises à disposition du grand public de manière industriel.

Dans les romans et film de science-fiction, l'interface naturelle a souvent été représentée par une intelligence artificielle avec laquelle il est possible de converser comme avec un autre être humain et qui effectue les actions qui lui sont demandées. Si une telle technologie n'est pas à exclure dans le futur, présentement les interfaces naturelles sont abordées de manière à être capables d'interpréter les mouvements, la parole, les expressions faciales et même le comportement cérébral de l'humain.

Cette période est certainement le début d'une époque de transitions entres les interfaces graphiques et naturelle. Peut-être qu'un jour l'utilisation de la souris et du clavier sera, pour l'utilisateur lambda, aussi obscure que l'utilisation des lignes de commandes ou des cartes perforée peut l'être aujourd'hui.

Bibliographie

Les cartes perforées (consulté le 30 mai 2014) :

http://fr.wikipedia.org/wiki/Cartes_perfor%C3%A9es

40 ans d'interaction homme-machine (consulté le 30 mai 2014) :

https://interstices.info/jcms/c_23015/40-ans-dinteraction-homme-machine-points-de-repere-et-perspectives

Interaction homme machine (consulté le 30 mai 2014) :

http://fr.wikipedia.org/wiki/Interactions_homme-machine

Pavé tactile (consulté le 30 mai 2014) :

http://fr.wikipedia.org/wiki/Pav%C3%A9_tactile

L'évolution des joysticks (consulté le 30 mai 2014) :

<http://ludopad.over-blog.com/article-12033743.html>

Contrôleur de jeu (consulté le 30 mai 2014) :

http://fr.wikipedia.org/wiki/Contr%C3%B4leur_de_jeu

Ecran tactile (consulté le 30 mai 2014) :

http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89cran_tactile

Souris informatique (consulté le 30 mai 2014) :

http://fr.wikipedia.org/wiki/Souris_%28informatique%29

Manette de jeu (consulté le 30 mai 2014) :

http://fr.wikipedia.org/wiki/Manette_de_jeu

Électro-encéphalographie (consulté le 30 mai 2014) :

<http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89lectro-enc%C3%A9phalographie>

History of Trackball (consulté le 30 mai 2014) :

<http://www.trackballworld.com/trackball-history.html>

La carte perforée (consulté le 30 mai 2014) :

http://agora.qc.ca/documents/ordinateur--la_carte_perforee_par_jacques_dufresne

Technologies de stockage – la carte perforée (consulté le 30 mai 2014) :

<http://www.journaldunet.com/solutions/0705/070515-histoire-technologies-stockage/2.shtml>

Premier ordinateur (consulté le 30 mai 2014) :

http://fr.wikipedia.org/wiki/Ordinateur#Premier_ordinateur_.281937-1946.29

The ENIAC (consulté le 30 mai 2014) :

<http://ei.cs.vt.edu/~history/ENIAC.Richey.HTML>

Clavier d'ordinateur (consulté le 30 mai 2014) :

http://fr.wikipedia.org/wiki/Clavier_d%27ordinateur#Claviers_des_compatibles_PC

Xerox (consulté le 03 juin 2014) :

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Xerox>

Pistolet optique (consulté le 03 juin 2014) :
http://fr.wikipedia.org/wiki/Pistolet_optique

Crayon optique (consulté le 03 juin 2014) :
http://fr.wikipedia.org/wiki/Crayon_optique

Tablette graphique historique (consulté le 03 juin 2014) :
http://thibault.dussert.free.fr/peripherique/Tablette_Graphique/historique.html

Tablette graphique (consulté le 03 juin 2014) :
http://fr.wikipedia.org/wiki/Tablette_graphique

Interrupteur (consulté le 03 juin 2014) :
<http://fr.wikipedia.org/wiki/Interrupteur>

Commutateur électronique (consulté le 03 juin 2014) :
http://fr.wikipedia.org/wiki/Commutateur_%28%C3%A9lectronique%29

Transistor (consulté le 03 juin 2014) :
<http://fr.wikipedia.org/wiki/Transistor>

La souris mécanique (consulté le 03 juin 2014) :
<http://www.commentcamarche.net/contents/772-la-souris#souris-mecanique>

Tube cathodique (consulté le 03 juin 2014) :
http://fr.wikipedia.org/wiki/Tube_cathodique

La première tablette graphique (consulté le 03 juin 2014) :
<http://www.01net.com/editorial/505987/a-quoi-ressemblait-la-premiere-tablette-graphique/>

Fonctionnement du pavé tactile (consulté le 03 juin 2014) :
<http://forums.futura-sciences.com/electronique/50541-fonctionnement-touchpad.html>

Fonctionnement de l'écran tactile (consulté le 03 juin 2014) :
<http://www.linternaute.com/science/technologie/comment/06/ecran-tactile/comment-ecran-tactile.shtml>

Retour de force (consulté le 03 juin 2014) :
http://fr.wikipedia.org/wiki/Retour_de_force

Interface en ligne de commande (consulté le 03 juin 2014) :
http://fr.wikipedia.org/wiki/Interface_en_ligne_de_commande

Opérateur pipe (tube) de la CLI (consulté le 03 juin 2014) :
http://fr.wikipedia.org/wiki/Tube_%28shell%29

Interface graphique (consulté le 03 juin 2014) :
http://fr.wikipedia.org/wiki/Interfaces_graphiques

API Windows (consulté le 03 juin 2014) :
http://bob.developpez.com/tutapiwin/?page=page_3

Gestionnaire de fenêtre (consulté le 03 juin 2014) :
http://fr.wikipedia.org/wiki/Gestionnaire_de_fen%C3%AAtres

Programmer des fenêtres (consulté le 03 juin 2014) :
<http://fr.openclassrooms.com/informatique/cours/programmez-avec-le-langage-c/introduction-a-qt>

Wiimote (consulté le 03 juin 2014) :
<http://fr.wikipedia.org/wiki/Wiimote>

Fonctionnalité Wiimote (consulté le 03 juin 2014) :
http://www-igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2009/la_wiimote/fonctionnalite.html

Kinect (consulté le 03 juin 2014) :
<http://fr.wikipedia.org/wiki/Kinect>

Playstation Move (consulté le 03 juin 2014) :
http://fr.wikipedia.org/wiki/PlayStation_Move

Gants de données (consulté le 03 juin 2014) :
http://fr.wikipedia.org/wiki/Gant_de_donn%C3%A9es

Annexe gants de donnée (consulté le 03 juin 2014) :
<http://rvirtual.free.fr/interfaces/motrice/gants.htm>

Google Glass (consulté le 03 juin 2014) :
http://fr.wikipedia.org/wiki/Google_Glass

Oculus Rift (consulté le 03 juin 2014) :
http://fr.wikipedia.org/wiki/Oculus_Rift

Reconnaissance de la parole (consulté le 03 juin 2014) :
http://fr.wikipedia.org/wiki/Reconnaissance_automatique_de_la_parole

Reconnaissance vocale (consulté le 03 juin 2014) :
http://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/reconnaissance_vocale/86296

Reconnaissance de visage (consulté le 03 juin 2014) :
http://fr.wikipedia.org/wiki/Reconnaissance_de_visage

Technologie biométrie visage (consulté le 03 juin 2014) :
<http://www.biometrie-online.net/technologies/visage>

Méthode Viola et Jones (consulté le 03 juin 2014) :
http://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9thode_de_Viola_et_Jones

DeepFace (consulté le 03 juin 2014) :
<http://www.lesnumeriques.com/deepface-reconnaissance-faciale-haute-performance-par-facebook-n33688.html>

Accéléromètre (consulté le 03 juin 2014) :
<http://fr.wikipedia.org/wiki/Acc%C3%A9l%C3%A9rom%C3%A8tre>

Gyroscope (consulté le 03 juin 2014) :
<http://fr.wikipedia.org/wiki/Gyroscope>

Fonctionnement du gyroscope (consulté le 03 juin 2014) :
<http://www.sitesquibuzz.com/2010/04/le-gyroscope-et-son-fonctionnement.html>

Interface utilisateur naturelle (consulté le 03 juin 2014) :
http://en.wikipedia.org/wiki/Natural_user_interface

Annexe 1 : Les gants de donnée

Les gants de données sont des interfaces capables de détecter certains, ou la totalité, des 20 mouvements relatifs des doigts par rapport au poignet.

Les gants de données à fibres optiques mesurent l'atténuation de la lumière qui se propage dans une fibre optique fixée le long du doigt, lorsque le doigt la courbe.



DataGlove



5DT Data Glove

Les "gants de données à lamelles" mesurent la variation de résistance d'une lamelle de silicium (jauge de contraintes), ou d'une lamelle métallique recouverte d'une fine couche d'encre conductrice, lorsque le doigt sur lequel elle est fixée la déforme.



CyberGlove



PC PowerGlove

Les gants de données à effet Hall se composent d'un exosquelette, structure métallique qui associe un bras articulé miniature à chaque phalange. Des capteurs à effet Hall donnent accès à l'angle articulaire des phalanges du doigt sur lequel le système est fixé.



DHM

Les gants de données pneumatiques convertissent en un signal électrique la pression générée par la flexion du doigt.



SuperGlove

Le problème commun à ces différentes technologies, aux performances inégales, est le processus de calibrage, indispensable avant toute nouvelle utilisation du gant de données. Le choix d'un gant de données utilisant un capteur linéaire (relation linéaire entre l'angle articulaire et la grandeur mesurée) permet un gain de temps certain: son calibrage se résume à la détermination de deux valeurs de la grandeur (main ouverte - main fermée).

Il existe également des gants de données qui sont capables de détecter uniquement les pincements des doigts, et qui ne nécessitent aucun calibrage pour converser gestuellement (autant que l'interface le permet) avec l'ordinateur.



PinchGlove

<http://rvirtual.free.fr/interfaces/motrice/gants.htm>

Annexe 2 : Evolution des contrôleurs de jeu



(<http://bigbrowser.blog.lemonde.fr/files/2013/05/video-game-controller-evolution-large1.jpg>)

