



**Le mouvement de caméra 3D :
Projet d'interface tangible d'animation de caméra virtuelle**

PAR FABRICE VIENNE

**Mémoire présentée à l'Université du Québec à Chicoutimi en vue de l'obtention du grade de
Maître ès Arts en Maîtrise en art**

Québec, Canada

© Fabrice Vienne, 2016

RÉSUMÉ

Edgar Morin disait : « Plus généralement encore, c'est parce que le mouvement restitue la vie à qui en a qu'il donne la vie à qui n'en a pas. Il peut donner du corps à l'incorporel, de la réalité à l'irréalité, de la vie à l'inanimé. Mentir, illusionner! Tel est le résultat premier de la prodigieuse vérité du mouvement. [...] De même que le mouvement peut donner du corps à ce qui en est dépourvu, il peut insuffler de l'âme à ce qu'il anime » (MORIN, 1956).

Les caméras, dans un logiciel d'animation 3D, ne peuvent pas être directement manipulées avec nos mains comme le ferait un opérateur de caméra sur un plateau de tournage. Leurs mouvements sont plutôt générés par ordinateur à la suite de plusieurs manipulations sur les coordonnées spatiales de l'objet de caméra dans le logiciel. Ce sont des interventions très mathématiques. Lorsque j'anime une caméra, je visualise son déplacement en l'imaginant, grâce aux mouvements de mes mains. Je souhaiterais transférer ce mouvement de prévisualisation de façon intuitive et en temps réel sur l'objet-caméra de l'espace de travail 3D. Dans ce cas, comment concevoir un système de captation et d'interaction plus intuitif, plus près de l'humain et quel en serait le design? Comment réaliser une interface permettant de produire un mouvement de caméra virtuelle fluide et réaliste? Est-ce que le mouvement généré par ce système ne devient pas un mouvement autonome pouvant servir à de multiples usages?

C'est sur cette dimension que porte cette recherche, sur ce mensonge, cette illusion de l'intangibilité du mouvement. En fait, au-delà de l'outil et des technologies, l'axe principal de cette recherche réside dans l'exploration des différents moyens permettant d'insuffler de l'âme au mouvement, par conséquent humaniser la caméra virtuelle. Je souhaiterais tout de même aboutir par le biais de cette recherche à un outil assez convaincant pour pouvoir l'utiliser dans mon milieu de travail.

Mots-clefs : caméra, mouvements, captation, temps réel, prototypage rapide, design d'interaction, interface tangible.

REMERCIEMENTS

Ce mémoire n'aurait pas pu voir le jour sans l'aide de nombreuses personnes que je tiens à remercier chaleureusement.

Tout particulièrement le professeur Yan Breuleux, mon directeur de recherche ainsi que Benoît Melançon, codirecteur de cette recherche, qui ont accepté de me suivre dans ce projet et de partager avec moi leurs connaissances. Il va sans dire que leur disponibilité et leur aide m'ont été précieuses tout au long de cette démarche.

Je souhaite également exprimer ma gratitude à toutes les personnes que j'ai rencontrées et qui ont contribué à l'avancée de mes recherches. Je remercie tout particulièrement mon collègue de travail, M. Éric Pouliot, directeur technique, pour son implication sur la recherche de nouvelles technologies.

J'adresse également mes remerciements à tous les professeurs et élèves de la première cohorte.

Merci enfin à Monique pour la relecture attentive de mon mémoire et pour son soutien tout au long de mes études.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	i
REMERCIEMENTS	ii
TABLE DES MATIÈRES	iii
LISTE DES TABLEAUX	iv
LISTE DES FIGURES	v
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 - ASPECT THÉORIQUE	5
1.1 LA PRÉVISUALISATION 3D	5
1.1.1 QU'EST-CE QUE LA PRÉVISUALISATION 3D	5
1.2 CAMÉRA VIRTUELLE OU GÉNÉRIQUEMENT CALCULÉE	7
1.2.1 FONCTIONNEMENT	8
1.3 MOUVEMENTS DE CAMÉRA	9
1.3.1 INSUFFLER LA VIE À QUI N'EN A PAS	10
1.3.2 PERCEPTION DU MOUVEMENT	11
1.3.3 OPÉRATEUR DE CAMÉRA, CAMÉRA ÉPAULE	11
1.4 CAPTATION	12
1.5 PROTOTYPAGE	14
1.6 HYPOTHÈSES	15
CHAPITRE 2 - ETUDE DE CAS	18
2.1 ANALYSE DES TECHNOLOGIES EXISTANTES	18
2.1.1 CAMÉRA VIRTUELLE CHEZ <i>ILM</i>	19
2.1.2 CAMÉRA VIRTUELLE CHEZ <i>THE THIRD FLOOR</i>	20
2.1.3 CAMÉRA VIRTUELLE UTILISÉE DANS LE FILM <i>SURF'S UP</i>	21
2.1.4 <i>SMART VCS</i> , RECHERCHE DE GIRISH BALAKRISHNAN	22
2.2 SYNTHÈSE DES ÉTUDES DE CAS	24
CHAPITRE 3 - EXPÉRIMENTATIONS	25
3.1 SOLUTIONS EXPÉRIMENTÉES	25
3.1.1 CAPTATION DE MOUVEMENT PAR INFRAROUGE	26
3.1.3 CAPTATION DE MOUVEMENT CORPOREL, <i>NOITOM</i>	29
3.1.4 LOCALISATION ET CARTOGRAPHIE SIMULTANÉES, APPLICATION <i>ZEUS : TRACK</i> SUR IPAD	31
3.1.5 PROJET TANGO DE GOOGLE	33
3.2 SYNTHÈSE DES EXPÉRIMENTATIONS	35
3.3 RÉSULTATS	37
CHAPITRE 4 - CONCLUSION	39
ANNEXE A PROJET DE DIFFUSION	43
BIBLIOGRAPHIE ET LISTE DE RÉFÉRENCES	46
LEXIQUE	49

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : PONDÉRATION, RECHERCHE ET EXPÉRImentation, FABRICE VIENNE, FÉVRIER 2016	37
--	----

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : ÉDITEUR DE COURBE DANS SOFTIMAGE, [HTTP://DOWNLOAD.AUTODESK.COM/GLOBAL/DOCS/SOFTIMAGE2014/EN_US/USERGUIDE/INDEX.HTML] SITE VISITÉ EN SEPTEMBRE 2015	2
FIGURE 2 : INTERPRÉTATION GRAPHIQUE DE LA TRANSFORMATION DE PERSPECTIVE (JOHNSON, T. E. (1963). SKETCHPAD III: A COMPUTER PROGRAM FOR DRAWING IN THREE DIMENSIONS, PAGE 27)	3
FIGURE 3 : CADRE THEORIQUE, FABRICE VIENNE AVRIL 2014	5
FIGURE 4 : PANNEAU DE CONTROLE DE L'ARMATURE DE CAMERA CHEZ RODEOFX, CREE PAR FABRICE VIENNE MARS 2010	8
FIGURE 5 : ANATOMIE D'UNE CAMERA 3D, [HTTP://WWW.THE-WORKING-MAN.ORG/SEARCH/LABEL/CG%20CAMERAS], SITE VISITE LE 2 MAI 2015, TRADUCTION LIBRE	9
FIGURE 6 : SYSTEME DE CAPTATION DE CAMERA, DISNEY : [HTTP://WWW.AWN.COM/VFXWORLD/ALL-WORLD-S-VIRTUAL-STAGE-DISNEY-S-NEW-CAMERA-CAPTURE-SYSTEM], SITE VISITE LE 14 FEVRIER 2015	15
FIGURE 7 : HYPOTHESE D'UN PROTOTYPE DE CAMERA VIRTUELLE, CREE PAR FABRICE VIENNE LE 31 MAI 2015	16
FIGURE 8 : SCHEMA DE RECHERCHE, ÉTUDIANT UNIVERSITE KONAN, KOBE, JAPON [HTTP://WWW.JSPF.OR.JP/PFR/PDF/PFR2012_07-2406036.PDF], SITE VISITE LE 22 FEVRIER 2015.	17
FIGURE 9 : ÉTUDE DE CAS, FABRICE VIENNE, JUIN 2015	18
FIGURE 10 : SYSTÈME DE CAMÉRA VIRTUELLE ILM [HTTP://YOUTU.BE/EVMBM60OWOK], SITE VISITÉ NOVEMBRE 2011	19
FIGURE 11 : SYSTÈME VCS OPTITRACK, [HTTP://WWW.NATURALPOINT.COM/OPTITRACK/PRODUCTS/INSIGHT-VCS/], SITE VISITÉ EN NOVEMBRE 2011	21
FIGURE 12 : VIDÉO : [HTTPS://WWW.YOUTUBE.COM/WATCH?V=SILYCFJ7DBW], LA RÉALISATION D'UN DOCUMENTAIRE D'ANIMATION, SONY PICTURES IMAGEWORKS : [HTTP://LIBRARY.IMAGEWORKS.COM/PDFS/IMAGEWORKS-LIBRARY-SURFS-UP-THE-MAKING-OF-AN-ANIMATED-DOCUMENTARY.PDF], SITES VISITÉS EN NOVEMBRE 2011.	22
FIGURE 13 : CAMÉRA VIRTUELLE PAR GIRISH BALAKRISHNAN, [HTTP://GIRISHBALAKRISHNAN.COM/SMARTVCS/], SITE CONSULTÉ LE 15 OCTOBRE 2013	23
FIGURE 14 : EXPÉRIMENTATIONS, FABRICE VIENNE JUIN 2015	25
FIGURE 15 : SALON ART2PLAY À NANTES, [HTTPS://WWW.FACEBOOK.COM/CITYGAMEARDRONETEAM], SITE VISITÉ EN AVRIL 2013	26
FIGURE 16 : CONNEXION DU GYROSCOPE D'UN TÉLÉPHONE PORTABLE DANS TOUCH DESIGNER, TEST RÉALISÉ LE 6 DÉCEMBRE 2014 PAR FABRICE VIENNE	27
FIGURE 17 : CONNEXION DES NŒUDS DANS TOUCHDESIGNER, FABRICE VIENNE, DÉCEMBRE 2014.	28
FIGURE 18 : SCHEMA DU FONCTIONNEMENT DANS TOUCHDESIGNER, FABRICE VIENNE, DÉCEMBRE 2014.	28
FIGURE 19 : ENSEMBLE DE CAPTATION DE MOUVEMENT WIFI DE LA MARQUE NOITOM. .	29
FIGURE 20 : IMAGE DE LA VIDEO DU TEST DE CAPTATION, PAR FABRICE VIENNE, DÉCEMBRE 2014	30

FIGURE 21 : APPLICATION ZEUS : TRACK, [HTTP://WWW.ZEUSVIRTUALPRODUCTION.COM/] SITE VISITE EN MARS 2015.....	31
FIGURE 22 : PROTOTYPE DE CAMÉRA VIRTUELLE, EXEMPLAIRE FABRIQUÉ PAR FABRICE VIENNE LE 27 AVRIL 2015.	33
FIGURE 23 : PROJET TANGO GOOGLE, [HTTP://WWW.GOOGLE.COM/ATAP/PROJECTTANGO/], SITE CONSULTÉ LE 21 FÉVRIER 2014	33
FIGURE 24 : PROJET TANGO, [HTTPS://DEVELOPERS.GOOGLE.COM/PROJECT- TANGO/OVERVIEW/MOTION-TRACKING], SITE VISITÉ EN AOÛT 2015	34
FIGURE 25 : SCHÉMA DE LA DÉMARCHE, FABRICE VIENNE JUIN 2015.....	40
FIGURE 26 : MAQUETTE DE LA CAMÉRA VIRTUELLE, [HTTP://WWW.WIKIPAD.COM/], SITE VISITÉ EN SEPTEMBRE 2015.....	42
FIGURE 27 : SCHEMA DU PROJET «AMIS», FABRICE VIENNE, NOVEMBRE 2013.....	43
FIGURE 28 : IMAGE DE LA VIDEO DE NOTRE TEST : [HTTP://YOUTU.BE/R5DBCO6SCRO], REALISE EN AVRIL 2013.....	44
FIGURE 29 : REPRÉSENTATION D'UN BOXEL : [HTTPS://FR.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/VOXEL], SITE VISITÉ EN AVRIL 2013.....	45

INTRODUCTION

En tant que professionnel dans le domaine des effets spéciaux en cinéma, je crée des mouvements de caméra virtuelle. Ces mouvements sont soit intégralement générés virtuellement dans un logiciel d'animation 3D, sans références réelles, ou basés sur les mouvements provenant d'une caméra d'un plateau de tournage. Le trajet de la caméra de tournage est reproduit dans une caméra virtuelle en utilisant les moyens d'ancrage cinématographique. Par la suite il est possible de prolonger ce mouvement dans l'espace et le temps. J'ai réalisé de nombreux mouvements de caméra virtuelle dans des films comme *Mirror Mirror*, *Red Tails*, *Pacific Rim*, *Unbroken*, *Birdman* et bien d'autres. Dans mon temps de recherche et développement au sein de la compagnie *Rodeo FX*, j'ai conçu un standard de présentation des maquettes de composition d'images (*layouts*) et créé une caméra 3D permettant une animation plus réaliste. Ce domaine de compétence m'interpelle grandement, c'est pourquoi je souhaite l'approfondir davantage et ainsi poursuivre mon cheminement dans le domaine des caméras virtuelles et réelles.

Voici une citation de James Cameron qui évoque les fondements de ma recherche : « *I can't operate a camera with a ... mouse. It's ridiculous. It's why CG camera movements look computer-generated* » (WIRED, 2009). Actuellement mes mains et mon cerveau sont mis à contribution pour réaliser un mouvement de caméra dans un monde virtuel. Mais il n'y a pas de lien direct entre mes mains et l'objet de caméra. Ce lien est une interprétation de mon cerveau afin de reproduire un mouvement établi par mes mains et la souris par le biais de calculs mathématiques et de courbes d'animation dans un logiciel d'animation 3D.

Dans ce dernier, nous utilisons un éditeur de courbe d'animation (*F-Curves editor*). L'animateur fixe des valeurs clés (*keyframes*) pour chacun des différents paramètres de l'objet : coordonnées de position, de rotation et d'échelle. Il enregistre ces valeurs à des points particuliers

dans le temps et l'espace 3D. Après cette étape, c'est le logiciel d'animation 3D qui interpole les valeurs de paramètres de l'objet entre chaque image clé en créant une courbe reliant les différentes clés afin de produire un mouvement. L'éditeur de courbe montre une représentation graphique de la variation de la valeur des paramètres dans le temps : la courbe d'animation. Les doubles poignées sont disponibles à chaque point de contrôle et permettent à l'animateur de manipuler la forme des courbes et l'interpolation (*figure 1*).

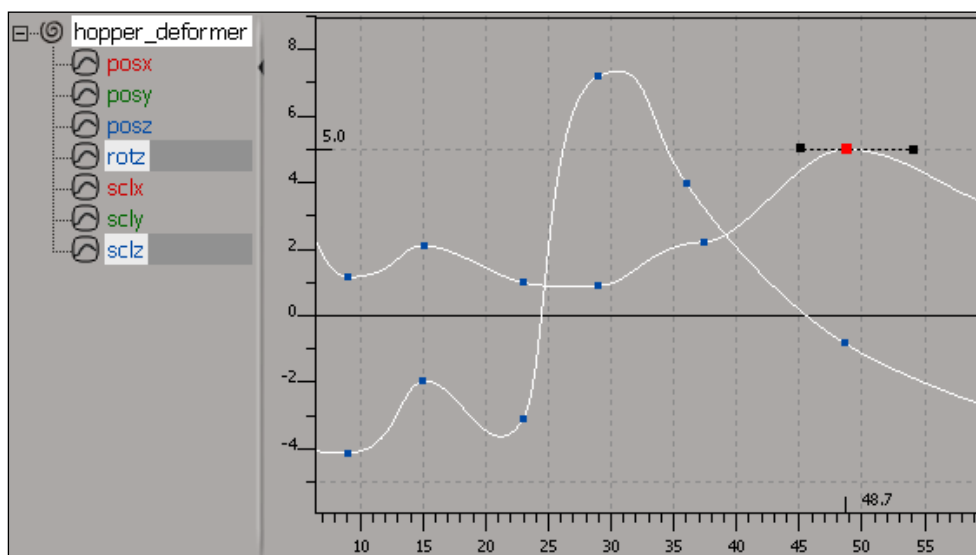


Figure 1 : Éditeur de courbe dans Softimage,
[\[http://download.autodesk.com/global/docs/softimage2014/en_us/userguide/index.html\]](http://download.autodesk.com/global/docs/softimage2014/en_us/userguide/index.html) site visité en septembre 2015

Certes, il serait plus productif que le mouvement envisagé soit transféré directement à la caméra 3D. Cela dit, comment concevoir un système de captation et d'interaction plus intuitif, plus près de l'humain et quel en serait le design?

Un opérateur de caméra regarde par le viseur afin de réaliser son cadrage en temps réel. Pour ma part, je dois imaginer ce cadrage à l'aide de mes mains ou dans ma tête avant de l'animer dans le monde virtuel. Relier directement la caméra virtuelle à un objet réel me permettrait de supprimer l'étape de l'interprétation en captant la position, l'orientation et la vitesse de déplacement de ce dernier.

Aujourd'hui, nous utilisons des écrans mobiles, des tablettes et des téléphones portables. C'est devenu une nouvelle façon de voir le monde à travers ces appareils. J'ai constaté qu'en utilisant ces écrans mobiles, je pouvais avoir une interaction directe de mon corps (usage intuitif) avec la caméra virtuelle. Tel un opérateur de caméra, je m'approprie le mouvement de la caméra par la mobilité de mon corps et l'orientation de l'écran. C'est sur cette dimension anthropologique que j'ai axé ma recherche.

En 1962, Ivan Sutherland, qui étudiait au *MIT*, créa le premier logiciel interactif pouvant dessiner des lignes sur un écran d'ordinateur avec un crayon : le *Sketchpad* (tablette à croquis). Il permettait de se déplacer littéralement dans l'image et même de l'agrandir. Par la suite, Timothy Johnson créa le *Sketchpad III*, une extension du logiciel original. Dans cette version, Johnson utilisa l'algorithme de découpage de l'image (*clipping plane*) pour séparer les images en quatre points de vue indépendants (*figure 2*).

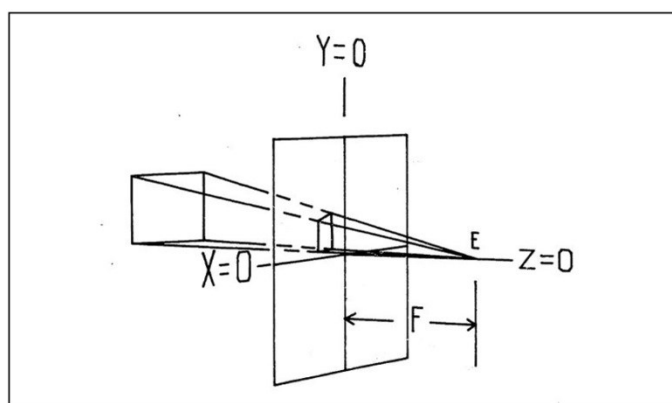


Figure 2 : Interprétation graphique de la transformation de perspective (Johnson, T. E. (1963). *Sketchpad III: a computer program for drawing in three dimensions*, page 27)

De cette manière, il pouvait voir les objets 3D sous différents angles grâce à une caméra virtuelle (JOHNSON, 1963). Un demi-siècle plus tard, nous sommes capables d'animer ces caméras comme sur un plateau de tournage grâce, notamment, à la technologie de la captation de

mouvement par caméras infrarouges, outils développé par James Cameron à l'occasion de la production d'*Avatar* (2009). Cependant, ces technologies impliquent des infrastructures complexes et surtout très onéreuses. Dans les arts numériques, il existe actuellement plusieurs développements technologiques sur les captations de mouvements permettant une éventuelle connexion directe avec les caméras virtuelles.

Je souhaiterais explorer certaines de ces technologies pour tenter de créer un outil de captation en temps réel et éventuellement l'intégrer dans le projet AMIS créé dans le cadre de l'atelier : production et démarche critique au centre NAD avec Yan Breuleux à l'automne 2013 (voir Annexe A).

Études de cas et expérimentations

Mes expérimentations sont basées sur les outils actuels et des prototypes disponibles sur le marché. Je n'ai pas fait de tests sur les équipements qui utilisent la technologie des capteurs de caméras à infrarouges, bien qu'ils soient très performants et déjà utilisés de façon professionnelle par les entreprises de notre industrie, telles que *ILM* et *The Third Floor*, désirant me concentrer sur des outils moins encombrants, plus simples d'installations et surtout moins coûteux. La simplicité et l'accessibilité de l'outil font partie de mes critères de recherche.

Les premiers tests avec les technologies des surfaces tactiles virtuelles telle la *LeapMotion* et la *Kinect* basées sur la captation du mouvement des mains, se sont très vite avérés insatisfaisants puisque le mouvement capté ne devenait qu'une interprétation de mouvement tel que le fait une souris d'ordinateur. Par conséquent, l'interaction n'est pas directe. Par contre, avec les outils de captation de mouvement corporel par WiFi, tels que le système de *Noitom* ou l'application *Zeus : Track* sur l'*iPad*, j'obtenais une interaction entre l'interface et mon corps plus directe donc plus intuitive. Ce sont principalement ces technologies qui font l'objet ma recherche.

CHAPITRE 1

ASPECT THÉORIQUE

Mes aspects théoriques s'appuient sur la captation, le design d'interaction et la prévisualisation. Je voudrais créer un outil de captation afin de pouvoir visualiser les mouvements de caméra dans un environnement 3D en temps réel, du prototypage rapide. Cela m'amène aussi dans le monde de la perception du mouvement et de l'anthropologie afin de comprendre le rapport entre les outils et l'être humain. Ce sont ces différents points que je vais aborder dans ce chapitre (*figure 3*).

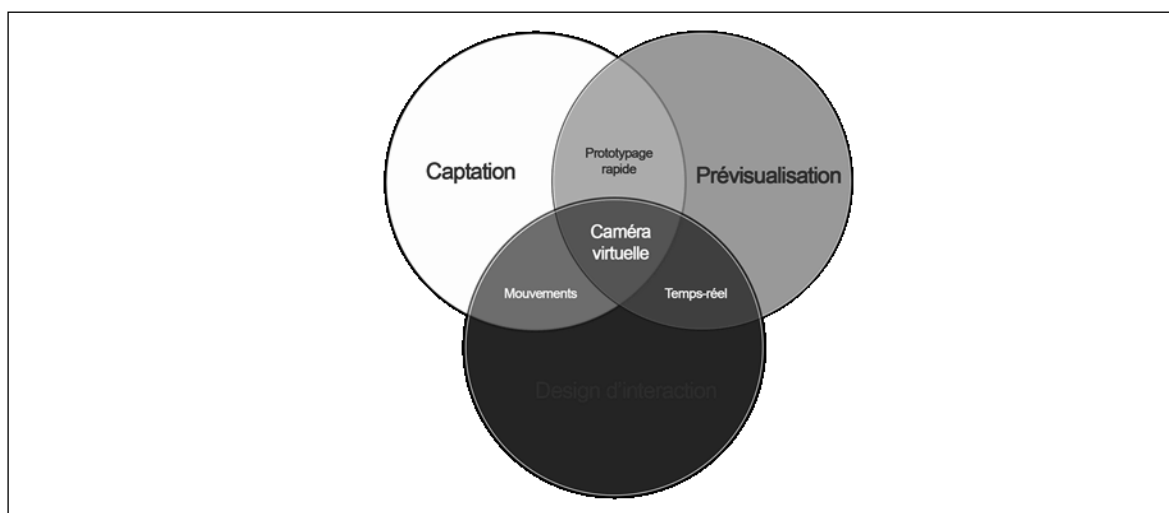


Figure 3 : Cadre théorique, Fabrice Vienne avril 2014

1.1 LA PRÉVISUALISATION 3D

1.1.1 QU'EST-CE QUE LA PRÉVISUALISATION 3D

Selon Benoît Melançon, le terme « prévisualisation » désigne un ensemble d'outils permettant à un réalisateur en cinéma de prévoir, de manière visuelle, le résultat d'un tournage à venir. Il s'agit d'une animatique, c'est-à-dire une séquence d'images en mouvement qui simule la version finale d'un plan ou d'une scène de film telle qu'elle pourrait apparaître à l'écran. Dans mon

présent travail, je vais utiliser le terme prévisualisation 3D, car elle représente cette nouvelle forme d'animation (MELANÇON, 2011).

Dans mon domaine plus particulièrement, nous utilisons la prévisualisation 3D à deux moments précis du processus d'un film. Il y a l'étape de prévisualisation, intervention réalisée avant le tournage, et la postvisualisation qui consiste à confirmer la prévisualisation après tournage. Au cours de cette dernière, nous pouvons accentuer un mouvement de caméra après un tournage ou même dans certains cas extrêmes, refaire au complet un nouveau mouvement de caméra et il est alors beaucoup plus important de réaliser un mouvement qui se rapproche de la réalité avec toutes les subtilités que peut retrouver une caméra de tournage. Dans le premier cas, il n'est pas toujours nécessaire d'animer un mouvement de caméra de la manière la plus réaliste possible. Par contre il est important de transmettre les intentions et le minutage du mouvement au plus proche de la réalité.

Les objectifs principaux de la prévisualisation 3D sont de définir à l'avance plusieurs informations telles que l'angle et la position de la caméra, la composition de l'image et la durée de chaque plan avec le rythme de l'action. De nos jours, il est possible d'effectuer de la prévisualisation 3D en temps réel. Ce médium est de plus en plus utilisé. Comment relier l'artiste CG (*Computer Graphic*) à la caméra 3D, dans le processus de prévisualisation et postvisualisation 3D, afin qu'il puisse réaliser des mouvements en temps réel et intuitivement sans avoir accès à un système trop complexe? Pour répondre à cette question il me faut mieux comprendre le fonctionnement des caméras virtuelles.

1.2 CAMÉRA VIRTUELLE OU GÉNÉRIQUEMENT CALCULÉE

Les caméras dans un logiciel d'animation 3D ne peuvent pas être directement manipulées avec nos mains comme le ferait un opérateur de caméra sur un plateau de tournage. Ces mouvements sont plutôt générés par ordinateur à la suite de plusieurs ajustements sur les coordonnées spatiales de l'objet de caméra, dans le logiciel, à l'aide d'une souris et d'un clavier. Ces interventions sont complexes et non intuitives. Lorsque j'anime une caméra, je simule préalablement son déplacement grâce aux mouvements de mes mains. Je souhaiterais transférer ce mouvement de prévisualisation afin qu'il soit intuitif et en temps réel sur l'objet caméra de l'espace de travail 3D.

Dans les logiciels que nous utilisons dans l'industrie du cinéma, la caméra 3D est certainement l'objet dans la scène, qui par sa nature, est le plus négligé. Pour ma part, je cherche toujours le moyen de reproduire le plus fidèlement un mouvement de caméra réalisé en milieu de tournage afin d'oublier que je filme au travers d'une scène virtuelle. Mais il est facile de placer cette caméra un peu n'importe où dans l'environnement 3D sans trop se poser de question sur les limites de cette caméra en comparaison avec une caméra authentique, manipulée sur un plateau de tournage.

Alors, afin de limiter l'animation et surtout de pousser l'animateur à réfléchir sur les mécanismes qui animent une vraie caméra, j'ai construit une armature (*rig*) de caméra me permettant de contrôler indépendamment chaque fonction d'une caméra : le déplacement ; le panoramique horizontal (*pan*), mouvement de rotation horizontal ; le panoramique vertical (*tilt*), mouvement de rotation vertical ; la rotation (*roll*), mouvement de rotation dans l'axe Z.

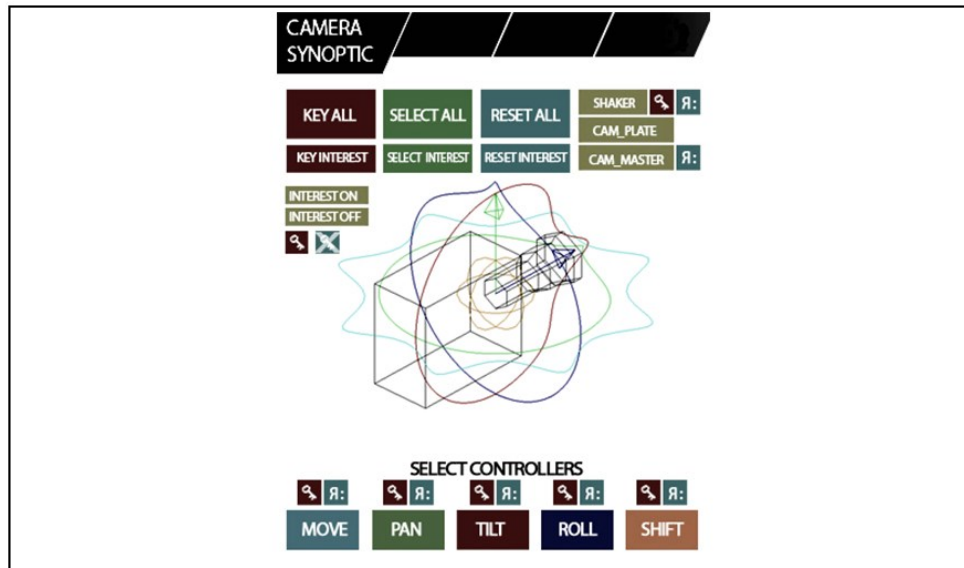


Figure 4 : Panneau de contrôle de l'armature de caméra chez RodeoFX, créé par Fabrice Vienne mars 2010

Voici une représentation du panneau de contrôle de cette caméra 3D illustré à la *figure 4*. Il me facilite la compréhension du mouvement en utilisant le même langage que sur un plateau de tournage en milieu réel. Par contre l'animation reste totalement mécanique, artificielle et sans émotion. Ce sont ces différents paramètres qui seraient connectés directement à l'outil de capture.

1.2.1 FONCTIONNEMENT

Physiquement, une caméra CG est un point géographique se trouvant à l'intérieur d'un logiciel d'animation 3D. Un point dans l'espace, décrit par des coordonnées tridimensionnelles de position et de rotation.

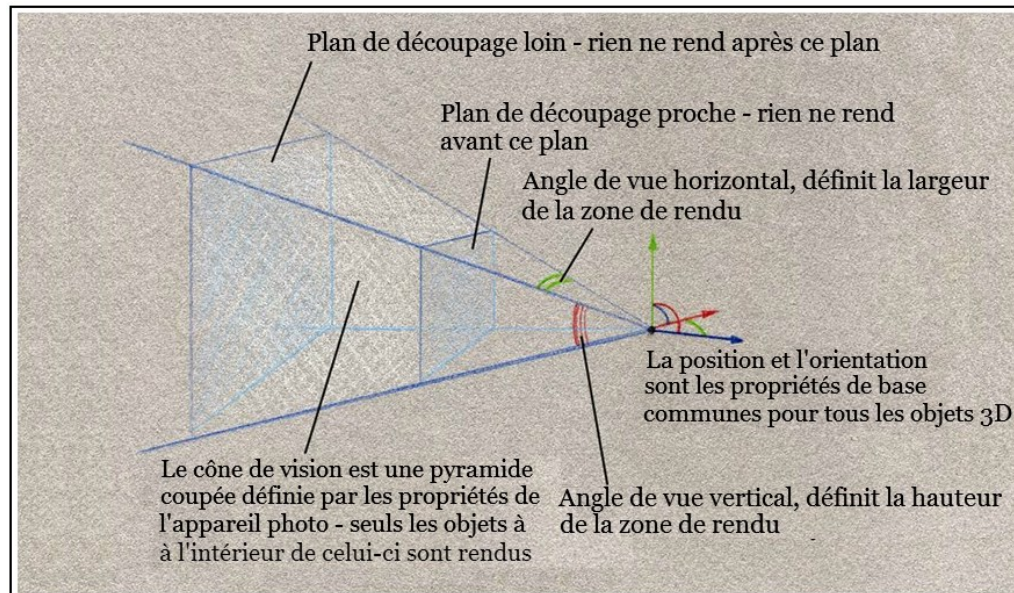


Figure 5 : Anatomie d'une caméra 3D, [<http://www.the-working-man.org/search/label/CG%20cameras>], site visité le 2 mai 2015, traduction libre.

Deux plans de coupe (*figure 5*), un proche et l'autre lointain forment ensemble une pyramide de vision : le point de vue de la caméra théorique (KOZLOV, 2014).

La camera 3D permet de changer le point de vue afin de créer le cadrage souhaité et, comme tout autre objet, est manipulable en translation et rotation. En posant des clés d'animation, il est possible de créer un mouvement de caméra. La caméra 3D, de par sa nature virtuelle, possède des caractéristiques spécifiques qui la différencient d'une caméra traditionnelle. Elle est dépourvue de limitations physiques telles que le poids, la gravité et le temps. La quantité d'actions réalisables dans l'environnement 3D devient infinie, ce qui ne serait pas possible en tournage réel (MELANÇON, 2006).

1.3 MOUVEMENTS DE CAMÉRA

Le mouvement de caméra dans un logiciel d'animation 3D n'est régi par aucune règle physique. C'est l'animateur qui, par le contrôle des courbes d'animation, va transmettre les

intentions de déplacement dans le temps. Les courbes d'animation sont des points de coordonnées représentés sur un graphique avec des données de valeur sur la verticale et de temps sur l'horizontal tel qu'expliqué dans mon introduction.

L'animateur anime la caméra comme un personnage. Il ajoute du poids, de la vitesse et toutes autres intentions de mouvement à l'aide de son clavier et de sa souris, ce qui peut prendre un certain temps avant d'avoir un résultat concluant correspondant à la demande du réalisateur. Alors, quel serait le moyen de transmettre le mouvement réel d'un opérateur et d'animer cette caméra 3D ainsi que cela se produit en milieu de tournage? Tel que mentionné précédemment, dans notre industrie, seules les grandes compagnies ont accès au système complexe de caméra virtuelle. Je souhaiterais qu'un simple artiste se trouvant dans une entreprise plus modeste puisse aussi avoir accès à ce privilège.

1.3.1 INSUFFLER LA VIE À QUI N'EN A PAS

L'objectif visé dans ma démarche est d'animer la caméra 3D comme si je la tenais dans mes mains. En utilisant les propos d'Edgar Morin cités dans mon résumé, je cherche à donner la vie à la caméra 3D qui n'a pas de corps et qui est dépourvue de toutes relations avec le réel. Lui insuffler un mouvement provenant directement d'un corps en vie avec des émotions et des intentions, devrait permettre à cette caméra 3D d'avoir une certaine âme (MORIN, 1956). Car l'âme, c'est ce qui fait mouvoir une personne, ce qui l'anime et qui la rend vivante. L'âme, c'est la vie (BOISVERT, 2003). Certes, je ne prétends pas que la caméra 3D soit une personne, mais par le fait même de pouvoir la mouvoir directement avec mon corps, elle prend, par conséquent, une partie de ma conscience. Je lui insuffle la vie.

1.3.2 PERCEPTION DU MOUVEMENT

Dans ma recherche, le mouvement est un concept essentiel. Un mouvement de caméra généré par ordinateur est perceptible. Il a une identité propre et des caractéristiques qui le trahissent. Il peut s'agir de mouvement linéaire ou d'interpolation des courbes d'animation par défaut ou encore de mouvements de caméra irréalisables en milieu réel de tournage. Pour Gilles Deleuze, le mouvement est une translation dans l'espace. Selon lui, le cadrage est la détermination d'un système, relativement clos, qui comprend tout ce qui est présent dans l'image : décors, personnages, accessoires. L'influence du cadrage et du mouvement de la caméra est déterminante pour la compréhension et l'ajout d'émotion dans l'image perçue par le spectateur (DELEUZE, 1983). En parallèle, Edmond Couchot évoque la relation du temps et de l'émotion perçue par la captation du mouvement de caméra en temps réel (COUCHOT, 2012). Ce que je souhaite avec mon prototype c'est que le mouvement généré par ordinateur soit perçu comme émanant d'une vraie caméra utilisée en milieu de tournage, plus particulièrement comme les mouvements générés par un opérateur de caméra épaule.

1.3.3 OPÉRATEUR DE CAMÉRA, CAMÉRA ÉPAULE

Je m'intéresse à la caméra épaule car c'est une technique qui rapproche l'outil de l'humain et qui représente le lien que je souhaite créer afin d'animer une caméra virtuelle de façon intuitive. En 1950, les caméras légères firent leur apparition ouvrant la voie à la caméra épaule, proche de l'opérateur, du corps humain. C'est au travers du journalisme et du documentaire que cette utilisation deviendra une quasi-référence. Plus tard, en 1977, un autre mode de caméra se révèle : le stabilisateur (*Steadycam^{MD}*). Il s'agit d'un harnais équipé d'un système qui soustrait les mouvements de l'opérateur de ceux de la caméra et permet de créer un mouvement plus fluide. Cette technique se fera remarquer dans le film *The Shining* (TOUCHE, 2006/2009). Tenir dans mes mains une tablette graphique équipée d'une caméra s'apparente à ce type de caméra. Ce point est

important pour moi, car c'est la relation que je veux apporter avec le lissage des courbes d'animation appliqué au moment de la captation de mouvement afin d'enlever les artéfacts superflus tels la vibration d'interprétation du système et des calculs mathématiques de l'ordinateur involontaires. Certes, tous les films ne sont pas tournés en « caméra épaule ». En me basant sur cette technologie, je peux comparer les mouvements d'une caméra virtuelle à ceux d'une caméra épaule. Ce type de mouvement devrait se rapprocher du mouvement obtenu lors de la captation de mouvement établie par l'outil se trouvant entre mes mains.

ILM a certainement laissé sa trace lors de ses progrès technologiques dans les années soixante-dix avec des artéfacts tels que le reflet d'objectif (*lens flare* en anglais), le zoom et la caméra à main levée. Selon les propos de Julie Turnock, *ILM* aurait eu une grande influence sur la façon de travailler actuelle dans notre industrie, entre autres sur les mouvements de caméra (TURNOCK, 2012). Je souhaite rapprocher cette technologie utilisée par les grands noms de notre domaine, plus près de l'artiste, à plus petite échelle et surtout avec des moyens techniques plus modestes. Alors quel serait le moyen de capter ces mouvements et surtout quel outil me permettrait de le faire en temps réel?

1.4 CAPTATION

Dans notre métier, il est toujours important de capter le mouvement d'une caméra provenant d'un plateau de tournage afin d'y ajouter les effets spéciaux escomptés. Il s'agit aussi de générer des mouvements de caméra simplement identiques à ceux des caméras conventionnelles afin de donner l'illusion qu'ils ont été réalisés sans artifices (BÉDARD, 1991). C'est en 1940 que deux systèmes d'enregistrement de mouvements firent leur apparition. L'un par O.L. Dupy, un ingénieur du son, qui enregistre le pan et le tilt sur un phonographe. Le second lit les informations de mouvements souhaités, précalculées mathématiquement et enregistrées sur la bande de film. Mais c'est en 1977, dans *Star Wars*, que Douglas Trumbull et John Dykstra inventent le

« Dykstraflex », commande de mouvement (*Motion Control*) à incréments (image par image) pilotée par ordinateur. Elle fut développée par la suite pour les effets chez *ILM*. C'est l'un des tout premiers outils numériques du cinéma. Avec la précision de la commande de mouvement (*Motion Control*), les trucages dans des plans complexes se sont avérés plus faciles. Les informations enregistrées sont récupérables, permettant de les importer dans un logiciel d'animation 3D et ainsi de reproduire le mouvement dans le monde virtuel. Aujourd'hui, avec les moyens d'ancrage cinématographique en postproduction numérique : concordance, mouvement, suivi (*match move, tracking*), pouvoir reproduire le trajet de la caméra de tournage dans une caméra virtuelle est devenu plus facile et quasiment sans limites (TOUCHE, 2006/2009).

Ces outils visent à transmettre les mouvements réalisés en milieu de tournage vers un logiciel d'animation 3D afin de permettre d'incruster les effets numériques directement sur l'image 2D. Mais cette étape ne sert qu'à la reproduction virtuelle d'une caméra réelle provenant d'un tournage déjà complété. La technologie utilisée dans ces logiciels pourrait servir à capter le mouvement d'un écran mobile en temps réel et le transmettre directement à la caméra 3D. C'est un autre paramètre important qui ouvre des pistes sur le repérage d'un point dans l'espace en utilisant des calculs de trigonométrie entre le point de vue de la caméra et l'espace environnant.

Actuellement, il existe plusieurs techniques de caméras virtuelles principalement basées sur la captation de mouvement par caméras infrarouges. Ce sont des systèmes qui demandent une installation plus ou moins complexe et assez onéreuse. Comment simplifier la captation du mouvement par le biais d'une interface tangible afin de contrôler cette caméra, en temps réel et à répétition jusqu'au résultat escompté? Car tous ces outils ont le même objectif, effectuer la captation d'un mouvement de caméra.

1.5 PROTOTYPAGE

Les avantages du prototypage rapide dans mon domaine sont multiples. Premièrement, la rapidité d'avoir un résultat concluant. Le temps étant un facteur crucial et le fait de pouvoir visualiser en temps réel le résultat du mouvement généré par la caméra virtuelle en interaction avec l'espace 3D est un atout non négligeable. Cela ouvre par contre la porte à des mouvements sans limites. C'est ici que les règles de base et le respect des facteurs utilisés en milieu de tournage sont importants. Cette règle est comparable avec l'avènement des appareils photographiques numériques dans le monde des appareils analogiques. Le nombre de photos que nous pouvons prendre avec un appareil photo est déterminé par la capacité de la carte mémoire pour la photographie numérique et le prix des pellicules pour l'analogique. Cette capacité de pouvoir faire plusieurs photos avec le numérique ne surpasse pas les connaissances techniques et artistiques de l'utilisateur pour réaliser une belle photo. Il en va de même avec la caméra virtuelle.

Dans une situation où le réalisateur d'un film ou le responsable des effets est à mes côtés pour placer une caméra dans un environnement 3D, il serait bien utile de pouvoir utiliser le potentiel de l'outil afin de pouvoir prototyper le placement et le mouvement de caméra tel que demandé par le réalisateur. Il n'aurait qu'à prendre l'outil de prototypage dans ses mains et réaliser lui-même le placement et le mouvement qu'il désire. C'est en relation avec les interfaces personne-machine qui nous offrent des expériences radicalement nouvelles. La réalité virtuelle nous permet de voyager dans des espaces tridimensionnels inexistantes (MANOVICH, 2001). Il est désormais possible de voir ces mondes virtuels sur des écrans.

Afin de permettre la réalisation des mouvements de caméra souhaités, la solution optimale est de concevoir un outil de prototypage rapide. Cet outil devrait permettre d'animer de façon intuitive un mouvement de caméra et ainsi optimiser le temps d'animation à la réalisation de mouvement.

C'est ce qui m'amène à faire le tour des outils existants qui ont le potentiel de répondre à une majorité de mes critères tels que la non-nécessité de liens externes servant à déterminer l'emplacement de ma caméra, la facilité d'utilisation, de manipulation et de création d'un mouvement de façon intuitive et un certain degré de précision par rapport aux outils technologiques déjà existants sur le marché.

1.6 HYPOTHÈSES

Les systèmes actuels sont trop encombrants et trop dépendants d'une installation fixe ainsi que le démontre la figure 6. Le but est de supprimer les capteurs externes et toute l'infrastructure qui en dépend.



Figure 6 : Système de captation de caméra, Disney : [<http://www.awn.com/vfxworld/all-world-s-virtual-stage-disney-s-new-camera-capture-system>], site visité le 14 février 2015

Pour ce faire, il suffirait de renverser la fonction première de ces capteurs : qui est de définir la distance d'un objet par rapport à eux dans un espace défini, en utilisant un seul de ces capteurs positionné sur le point de vue de la caméra afin de détecter sa position par rapport à ce même environnement. Pour y parvenir, le dispositif doit « voir » afin de détecter la position propre de la

caméra dans un environnement réel, tel que l'humain le fait en se déplaçant dans une pièce. Il a besoin d'un écran mobile pour visualiser le mouvement dans l'espace virtuel en temps réel et des contrôleurs afin de pouvoir appliquer les réglages similaires à ceux d'un opérateur de caméra sur un plateau de tournage. Pour finir, il lui faut un cerveau, c'est-à-dire, une application lui permettant de dialoguer avec la caméra 3D et de la manipuler. C'est cette dernière qui relie l'outil réel au monde virtuel (*figure 7*).

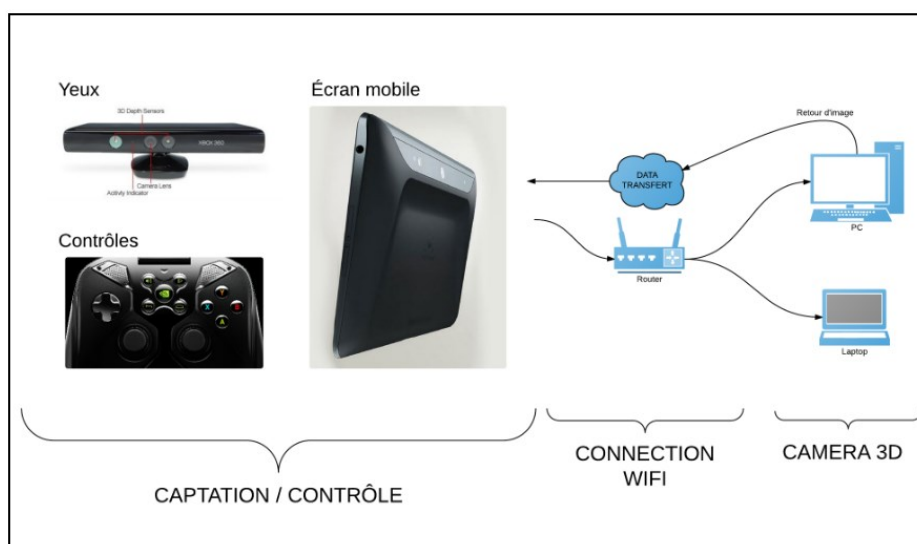


Figure 7 : Hypothèse d'un prototype de caméra virtuelle, créé par Fabrice Vienne le 31 mai 2015

Une recherche par des étudiants de l'Université Konan à Kobé au Japon démontre que nous pouvons utiliser le potentiel d'une caméra avec des capteurs RGB (canaux de couleurs rouge, vert et bleu) et infrarouge tels que la caméra *Kinect de Microsoft*, pour déterminer l'emplacement de cette caméra dans un environnement intérieur. Les étudiants ont constaté que des systèmes *GPS* ne pouvaient pas prendre en compte le déplacement d'un objet à l'intérieur d'un bâtiment à cause des interférences des planchers et des murs, et que les systèmes d'identification par fréquence radio ou par caméra infrarouge requièrent des équipements spécifiques. Ces étudiants ont trouvé le moyen de calculer la position propre d'une caméra avec des senseurs infrarouges dans un

environnement réel. Ils inversent le processus de calcul qui, dans sa fonction primaire, détecte la distance d'un objet par rapport à la position de la caméra (figure 8).

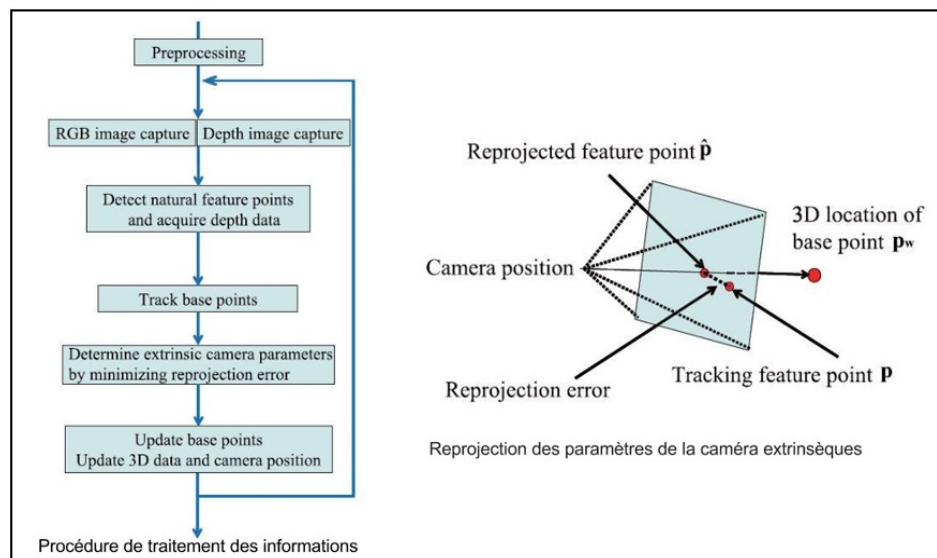


Figure 8 : Schéma de recherche, Étudiant Université Konan, Kobé, Japon
 [http://www.jspf.or.jp/PFR/PDF/pfr2012_07-2406036.pdf], site visité le 22 février 2015.

Dans cette recherche, il s'agit de détecter la position de la caméra par rapport à la distance d'un objet. Il s'agit d'une piste très prometteuse sur la manière de se libérer des capteurs externes. Une autre étude provenant d'un étudiant allemand, Sebastian Klose de l'université Technologique de Munich, qu'il a réalisée lors d'un stage chez Willow Garage, une compagnie développant du matériel et des logiciels *open source* pour les applications de la robotique personnelle, recherche démontrant les capacités des capteurs d'une caméra infrarouge pour déterminer la position de cette dernière dans l'espace (KLOSE, 2013). Ces deux dernières recherches confirment la pertinence de cette piste et me poussent à réaliser un prototype fonctionnel afin de démontrer le bien-fondé de l'utilisation de cette technique.

Ces notions me permettent à présent de poursuivre ma recherche en passant par une étude de cas des technologies existantes dans notre milieu de travail afin d'aboutir à des expérimentations plus concrètes qui devraient répondre à certaines de mes questions.

CHAPITRE 2

ETUDE DE CAS

2.1 ANALYSE DES TECHNOLOGIES EXISTANTES

Afin de mieux comprendre et surtout de cerner dans quelle direction mes expérimentations doivent s'orienter, j'ai étudié plusieurs technologies existantes dans l'industrie du cinéma telles que les systèmes de caméra virtuelle chez *ILM*, *The Third Floor*, celle utilisée dans le film *Surf's Up* et le projet de l'étudiant Girish Balakrishnan en utilisant des critères qui me permettront de mieux les définir. Les cinq critères principaux pris en compte pour ces études de cas sont l'indépendance du système de toute structure ou installation permanente, l'intuitivité du mouvement de caméra au travers de l'outil utilisé, la précision de la captation du mouvement, l'influence du système sur le décalage (*lag*) du transfert d'information entre l'interface tangible et la caméra virtuelle et finalement, la possibilité d'ajustement de la focale depuis l'outil. Ces études devraient soulever des questions auxquelles je tenterai de répondre dans des expérimentations subséquentes (*figure 9*).

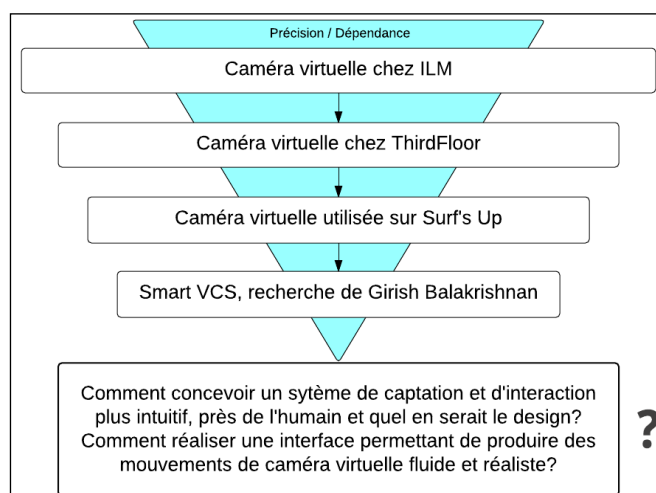


Figure 9 : Étude de cas, Fabrice Vienne, juin 2015

2.1.1 CAMÉRA VIRTUELLE CHEZ ILM

James Cameron avait comme défi de filmer en temps réel le monde qu'il avait créé, (*Pandora*) pour le film *Avatar*. Selon un article paru dans *Pixecreation.fr*, James citait :

« Le problème avec la 3D, c'est que vous expliquez vos intentions du mieux que vous pouvez, mais qu'ensuite, le plan est réalisé par une équipe d'infographistes et vous voyez le résultat des semaines plus tard. Et il faut bien comprendre que ce que vous obtenez alors, c'est une interprétation de ce que vous avez demandé. Résultat, on se retrouve souvent avec des malentendus, des erreurs d'appréciation. C'est très frustrant. J'ai donc cherché un moyen de réduire ces malentendus et de pouvoir décrire, sans ambiguïté possible, tous les détails d'un plan. Le seul moyen était que ce soit Jim qui tient la caméra... » Un complice de James, Rob Legato, conçut alors le « *Director-Centric System* ».

Il s'agit d'un simulacre de caméra, à savoir un cadre et un moniteur de 20 cm par 25 cm sur lequel est diffusée une version à basse résolution des images de synthèse (la qualité est à peu près équivalente à celle d'un jeu vidéo bas de gamme (*figure 10*)).

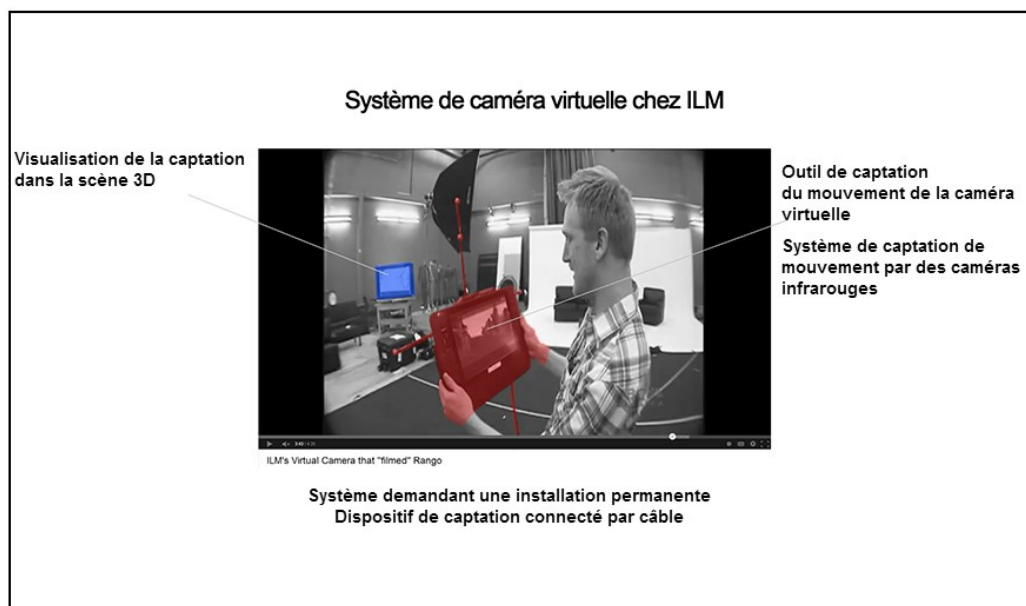


Figure 10 : Système de caméra virtuelle ILM [<http://youtu.be/evmBM6oOwok>], site visité novembre 2011.

Cette caméra virtuelle est dépourvue d'objectif, et possède des marqueurs permettant aux capteurs infrarouges employés pour la captation de repérer les déplacements de

l'outil dans un espace tridimensionnel. Après plusieurs tests, la « *Swing Cam* » permet à Cameron de modifier la vitesse de ses déplacements, mais aussi la taille de l'opérateur de caméra dans l'univers virtuel. Il reste que les plans réalisés lors du tournage ne seront que rarement conservés tels quels. Une deuxième phase en postproduction sera nécessaire afin d'affiner le cadrage et les mouvements captés (DUPUIS, 2010).

Cet outil demeure le moyen le plus précis et le plus efficace pour jumeler les acteurs et la caméra en captant le mouvement dans le même espace et en temps réel. Le simple fait de tenir la caméra à la main, au lieu de contrôler la prise de vue à l'aide d'une souris pendant que l'on est assis devant un moniteur, rend le tournage beaucoup plus intuitif. Par contre cette méthode nécessite une infrastructure plus imposante afin d'arriver à un certain niveau de précision, notamment une pièce assez grande pouvant accueillir des caméras infrarouges en nombre suffisant pour couvrir la zone de travail nécessaire au bon fonctionnement du tournage. De plus, le système doit demeurer fixe afin d'éviter le recalibrage trop fréquent des caméras infrarouges. On retient certains points positifs de cet outil tels que l'intégration de contrôle pour l'échelle de la scène et la hauteur de la caméra par rapport au sol.

2.1.2 CAMÉRA VIRTUELLE CHEZ *THE THIRD FLOOR*

Examinons maintenant, *The Third Floor* une compagnie spécialisée en prévisualisation. Elle utilise une technologie similaire à celle de James Cameron, une caméra épaule munie d'un écran avec des capteurs permettant la captation du mouvement de la caméra dans un environnement défini (*figure 11*).



Figure 11 : système VCS OptiTrack, [<http://www.naturalpoint.com/optitrack/products/insight-vcs/>], site visité en novembre 2011.

La principale différence est son accessibilité au grand public, car c'est la compagnie « *OptiTrack* » qui fournit l'accès à cette technologie. L'avantage est qu'il est possible de travailler directement avec les logiciels utilisés dans l'industrie grâce à des modules d'extension. Par sa nature similaire au système de captation de mouvement par infrarouge, ce système nécessite lui aussi une installation permanente afin d'assurer le bon fonctionnement du système. Un avantage de cette technologie est qu'elle comporte une structure équivalente à ce que nous pouvons trouver en milieu de tournage avec un opérateur de caméra épaule.

2.1.3 CAMÉRA VIRTUELLE UTILISÉE DANS LE FILM *SURF'S UP*

C'est chez *Sony Pictures Imageworks* que la « *HandyCam* » a vu le jour. Dans le film « *Surf's Up* » le mouvement de caméra est de type caméra reportage. Il s'agit ici d'une vraie caméra couplée à un système de capteurs qui permet le contrôle d'une caméra 3D en temps réel. L'opérateur de caméra a un retour simultané dans le viseur de la scène 3D (*figure 12*).



Figure 12 : Vidéo : [<https://www.youtube.com/watch?v=silyCFJ7dBw>], la réalisation d'un documentaire d'animation, Sony Pictures Imageworks : [<http://library.imageworks.com/pdfs/imageworks-library-Surfs-Up-the-making-of-an-animated-documentary.pdf>], sites visités en novembre 2011.

Dans ce cas, c'est le réalisme de la caméra épaulement qui est mis de l'avant : quoi de mieux pour générer ses propres mouvements dans une caméra virtuelle? L'opérateur se retrouve littéralement propulsé dans le monde virtuel. C'est une technique qui permet une grande précision au niveau du mouvement capté. Par contre cela demande un équipement professionnel très onéreux et un grand nombre de techniciens pour faire fonctionner le système.

2.1.4 SMART VCS, RECHERCHE DE GIRISH BALAKRISHNAN

Dans sa recherche cet étudiant aborde certaines questions qui sont similaires aux miennes. La principale étant : « Comment animer une caméra virtuelle avec des moyens technologiques à disposition sans que cela ne coûte trop cher, et permettre une meilleure accessibilité à l'outil? » Lors de cette découverte, j'ai fait remarquer ma déception à mon directeur de recherche : Balakrishnan avait conçu un outil avec les technologies existantes permettant de mouvoir une caméra 3D (*figure 13*).

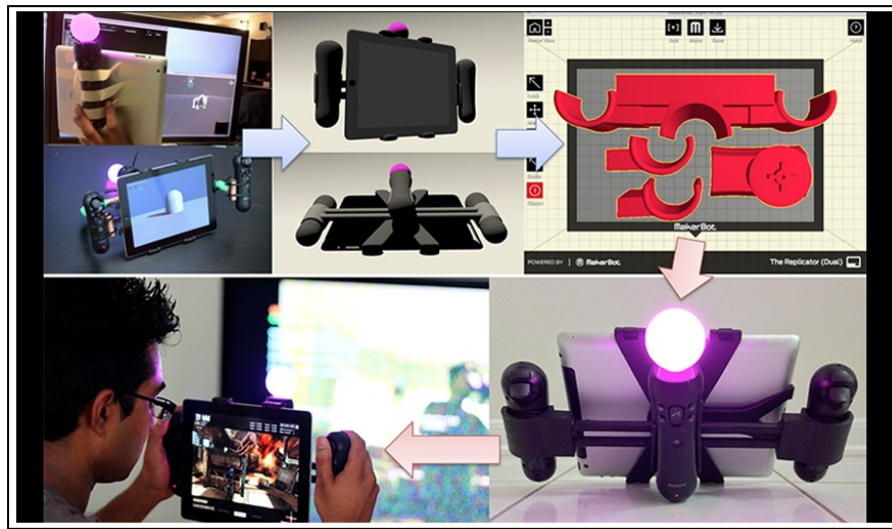


Figure 13 : Caméra virtuelle par Girish Balakrishnan, [<http://girishbalakrishnan.com/smartvcs/>], site consulté le 15 octobre 2013

Mais en examinant ses travaux, j'ai constaté qu'il y avait des paramètres qui ne correspondaient pas tout à fait à mes critères de recherche comme celui d'être déconnecté de capteurs externes. Ce n'est pas le cas avec son outil, car il se sert d'une caméra infrarouge pour détecter la position de son écran mobile, ce qui complexifie le système. La conception du prototype qu'il présente se situe entre la caméra virtuelle de chez *ILM* et celle de *The Third Floor*. Les caractéristiques de la position de la caméra par rapport à son opérateur se rapprochent plus de celle d'*ILM* mais celles des manipulateurs de contrôles de la caméra correspondent davantage à *The Third Floor*. C'est un système très intuitif avec ses deux poignées latérales et ses boutons de contrôle qui l'apparentent à une caméra de tournage. J'ai appris beaucoup grâce à ce projet en ce qui a trait aux informations visuelles nécessaires au contrôle de la caméra 3D tel que le ferait un opérateur de caméra sur un plateau de tournage : l'affichage de la lentille, de la vitesse de la caméra et du format de cadrage. Tous ces points sont importants à considérer, car ils permettent des ajustements précis selon les dimensions de la scène 3D.

2.2 SYNTHÈSE DES ÉTUDES DE CAS

Ces études de cas m'ont permis d'identifier certains aspects fondamentaux de mes besoins pour mes expérimentations. Premièrement, elles ont confirmé le fondement de mes questions : Comment concevoir un système de captation et d'interaction plus intuitif, plus près de l'humain et quel en serait le design? Comment réaliser une interface permettant de produire des mouvements de caméra virtuelle fluides et réalistes? Et surtout comment capter le mouvement d'un écran mobile sans capteurs externes dans un environnement réel?

Chaque cas étudié correspond à la même intention de départ : « Comment manipuler une caméra 3D autrement que par la souris et le clavier d'ordinateur ? » Toutes ces études démontrent le grand potentiel des caractéristiques des différents dispositifs telles qu'une grande précision et une manipulation intuitive de l'appareil. Les similitudes apparentes aux contrôles de l'opérateur de caméra en font des outils aux performances dignes de ceux utilisés dans le milieu professionnel. Mon objectif, à partir de ces études, est de supprimer les capteurs externes. Pour ce faire, il me faut analyser quelques composantes individuellement afin de mieux les comprendre et de pouvoir par la suite les réunir dans un seul outil. Je souhaite y parvenir via quelques expérimentations.

CHAPITRE 3

EXPÉRIMENTATIONS

3.1 SOLUTIONS EXPÉRIMENTÉES

Afin de pouvoir éventuellement satisfaire à mes objectifs de recherche, je vais expérimenter quatre technologies existantes et accessibles sur le marché : les capteurs de mouvement par infrarouge, le capteur gyroscopique d'un écran mobile, la captation de mouvements corporels et pour finir, la localisation et cartographie simultanées avec l'application d'une tablette (*figure 14*).

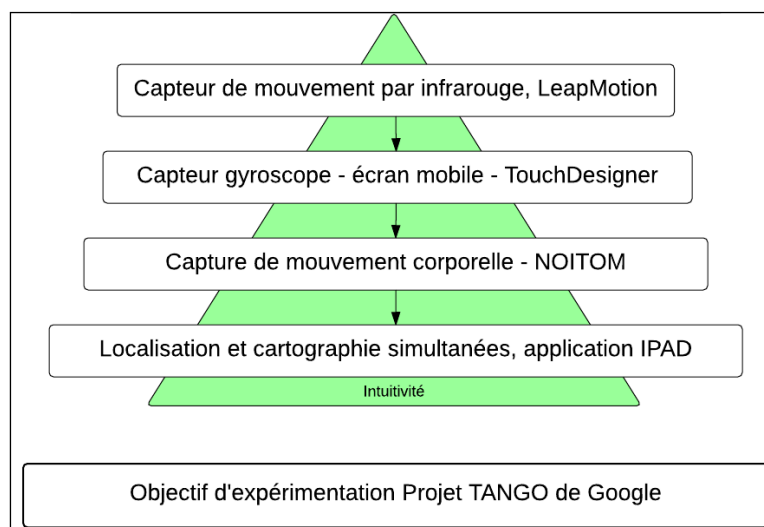


Figure 14 : Expérimentations, Fabrice Vienne juin 2015

Lors de mes cours de maîtrise, j'ai eu l'occasion d'essayer des techniques sur la captation des mouvements du corps, en partie ou sur sa totalité. Tel qu'étudié dans le chapitre précédent, le système de caméra comprenant des capteurs infrarouges détectant la couleur, la profondeur et la reconnaissance physique du corps, tel que la *Kinect*, était un bon point de départ. Cette technologie permet de capturer la distance d'un objet par rapport à la caméra. De cette technologie est née la « *Leap Motion* » qui est un système miniaturisé permettant une précision plus grande basée sur la captation et la reconnaissance des mouvements des mains. Durant l'atelier : *artiste en résidence* de

la session d'été 2013, j'ai bénéficié d'une initiation au logiciel *TouchDesigner* qui permet la lecture des données provenant de capteurs divers tels que le gyroscope et l'accéléromètre d'un téléphone portable. Par la suite, j'ai eu l'opportunité d'expérimenter par le biais de mon travail chez *Rodeo Fx* un système de captation de mouvement corporel de la marque *NOITOM* et un autre avec une application sur l'iPAD, *Zeus : Track* . Le dernier test que j'ai effectué est avec la trousse de conception de la tablette du « *Projet Tango* » de *Google*.

3.1.1 CAPTATION DE MOUVEMENT PAR INFRAROUGE

Le projet réalisé par des étudiants de l'école Epitech à Nantes, présenté lors du cours de méthodologie de la recherche-crédation en avril 2013 par Yan Breuleux, m'a lancé sur une piste (*figure 15*).



Figure 15 : Salon Art2Play à Nantes, [<https://www.facebook.com/CityGameArDroneTeam>], site visité en avril 2013

Ce projet démontre que nous pouvons contrôler un drone grâce aux mouvements de la main captés par le périphérique de la *Leap Motion*. Ce système a été parmi mes premiers tests visant à animer une caméra 3D. J'avais pour objectif de contrôler la caméra avec les mains. En testant une application permettant de connecter directement le capteur à la caméra 3D du logiciel *Maya*, j'ai pu rapidement constater que l'animation n'était pas aussi intuitive que souhaité. De plus,

la manipulation nécessite un certain temps d'apprentissage. À ma grande déception, l'interface ajoutait de la confusion en créant un intermédiaire entre le visuel et la génération du mouvement. Cela n'était pas intuitif. Le cerveau devait traduire le mouvement de la main en rapport au visuel. C'est le même principe que pour une souris d'ordinateur. Lorsque vous déplacez la souris vers l'avant, le curseur sur l'écran monte, mais le cerveau compense cet effet. J'ai donc décidé de ne pas continuer dans cette direction.

3.1.2 CAPTEUR GYROSCOPIQUE DANS TOUCH DESIGNER

Dans ce test, il était question de démontrer le point de vue de ma recherche. Je voulais savoir s'il était possible, en manipulant l'écran mobile de mon téléphone portable, d'obtenir une relation directe et intuitive avec la caméra 3D (*figure 16*).

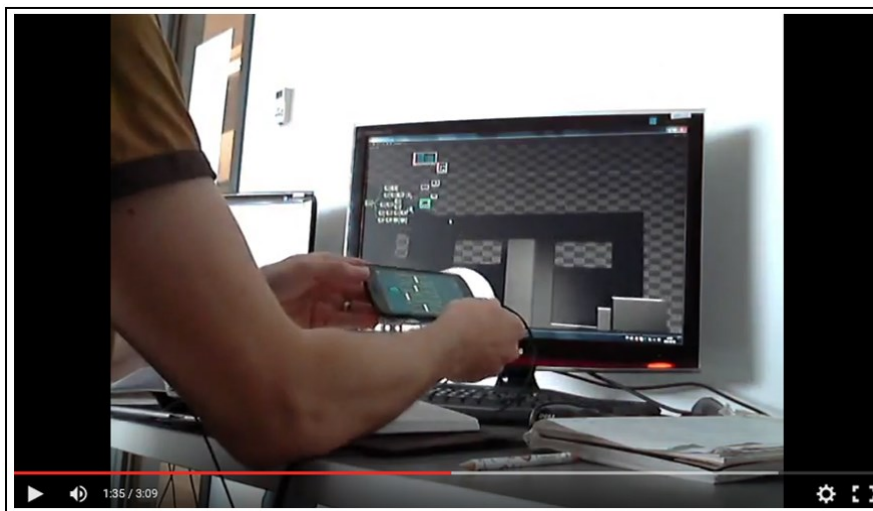


Figure 16 : Connexion du gyroscope d'un téléphone portable dans Touch Designer, test réalisé le 6 décembre 2014 par Fabrice Vienne

J'ai utilisé la plateforme de *TouchDesigner* pour sa simplicité à connecter des appareils et à analyser les informations gyroscopiques transmises. Tous les paramètres nécessaires à la

réalisation de mon prototype, selon mon hypothèse, sont réunis ici, sauf celui qui me permettrait de capter le déplacement de cet objet dans un environnement : les yeux. L'installation du système exige un écran mobile avec un capteur gyroscopique, une application permettant l'analyse et le transfert de ces données (OSC, *Open Sound Control* est un format de transfert de données en temps réel) ainsi qu'un logiciel pour interpréter ces données. Tel que schématisé sur les figures 17 et 18, je récupère les informations provenant de l'écran mobile.

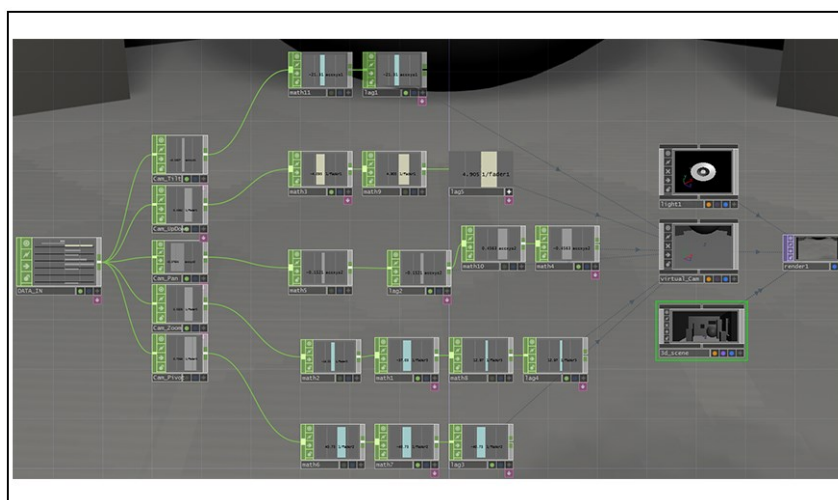


Figure 17 : Connexion des nœuds dans TouchDesigner, Fabrice Vienne, décembre 2014.

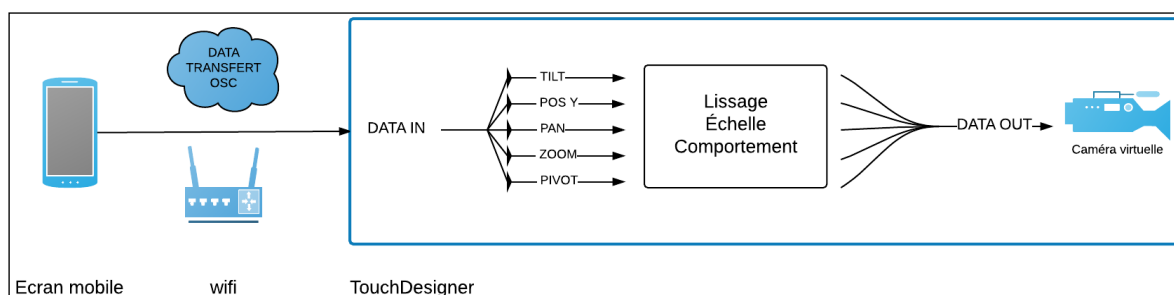


Figure 18 : Schéma du fonctionnement dans TouchDesigner, Fabrice Vienne, décembre 2014.

Par la suite, je les sépare pour y appliquer les modifications nécessaires, comme des réglages de conversion, un lissage ou une mise à l'échelle. Une fois toutes les transformations

complétées, je peux les réassigner sur les contrôleurs de la caméra 3D. Cette dernière est maintenant contrôlée par l'écran mobile. Après quelques raffinements des différents paramètres, la manipulation devient assez directe et intuitive. Ce test m'a permis de confirmer que mon point de départ était adéquat. En tournant mon écran mobile sur la droite, ma caméra tourne aussi sur la droite. Cette sensation de pouvoir contrôler la caméra 3D et de la sentir réagir en temps réel est pour moi une belle réussite. Toutefois cela n'est pas suffisant pour que je puisse utiliser le dispositif dans mon domaine de compétence. Je suis encore trop restreint dans mes mouvements et surtout je n'arrive pas, avec ce procédé, à obtenir le déplacement de la caméra dans l'espace. Il me faut donc faire d'autres tests avec d'autres technologies.

3.1.3 CAPTATION DE MOUVEMENT CORPOREL, *NOITOM*

Sur la figure 19, il s'agit du système de captation de mouvement de *NOITOM*. C'est un système de captation et de transmissions de mouvements du corps sans présence de fils ni caméras infrarouges, ne nécessitant par conséquent qu'une infrastructure simplifiée.



Figure 19 : Ensemble de captation de mouvement WiFi de la marque NOITOM.

Ce système comprend trois composantes distinctes comme tous les autres systèmes de captation de mouvement similaires. La première composante est celle des capteurs. Il s'agit d'un

ensemble de dix-sept microcapteurs qui calculent les données d'accélération et d'orientation, répartis sur tout le corps. La deuxième composante est une antenne WiFi, pour faire le lien entre les capteurs et la dernière composante du système : le logiciel permettant l'analyse des données.

Tout en demeurant simple, la mise en place de ce dispositif demande un certain temps de préparation. Il faut placer les dix-sept capteurs sur notre corps. La suite des opérations constitue un vrai jeu d'enfant. Il suffit, à partir du logiciel, d'activer les capteurs, de faire trois poses pour le calibrage adapté à notre morphologie et le système est prêt. Pour mes tests, j'ai utilisé l'écran mobile de mon téléphone afin de simuler une caméra entre mes mains. Cela m'a permis de filmer une référence visuelle de mon déplacement dans l'environnement réel afin de le comparer avec le résultat donné dans le logiciel d'animation 3D (*figure 20*).

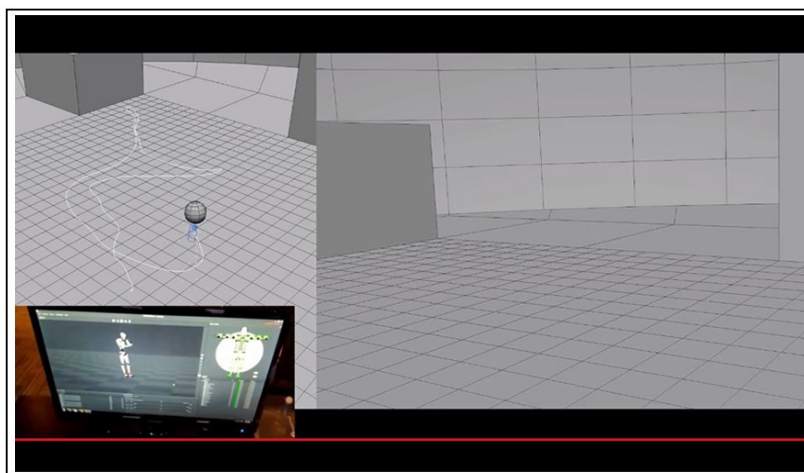


Figure 20 : Image de la vidéo du test de captation, par Fabrice Vienne, décembre 2014

Je n'ai toutefois pas été en mesure de connecter directement le système à un logiciel d'animation 3D. Il s'agit là d'un manque de connaissance en programmation. Néanmoins, je ne trouvais pas cela nécessaire pour comprendre et analyser à quel point le caractère intuitif relevant du contrôle de la caméra s'avérerait satisfaisant. Une fois les données enregistrées, il est facile de charger celles-ci dans un logiciel d'animation 3D. Les données me fournissent un squelette humain

en 3D représenté par des points dans l'espace. Ces points génèrent l'animation enregistrée par la captation de mouvement. Il s'agit d'un simulacre de mon corps avec mes mouvements. Par la suite, la caméra 3D est contrainte sur l'un de ces points, à l'emplacement où se situe mon téléphone mobile, c'est-à-dire entre mes mains. Le résultat est très concluant. Afin de rendre les mouvements plus fluides et d'éliminer certaines imperfections dues non pas aux mouvements de mon corps, mais davantage à l'interprétation du système, j'applique un lissage sur les courbes d'animations. Cela rend le mouvement plus crédible. J'ai fait différents tests de mouvement, des plus subtils au plus rapides. Dans tous les cas, la similitude entre le mouvement réalisé par mon corps et celui représenté dans le logiciel d'animation 3D était très grande et précise. Cette technologie a visiblement un bon potentiel d'application et d'intégration dans un système de caméra virtuelle.

3.1.4 LOCALISATION ET CARTOGRAPHIE SIMULTANÉES, APPLICATION ZEUS : TRACK SUR IPAD

Mon collègue de travail, Éric Pouliot, a partagé avec moi une application existante sur l'iPad, Zeus : Track (figure 21).



Figure 21 : Application Zeus : Track, [<http://www.zeusvirtualproduction.com/>] site visité en mars 2015

Cette application installée sur l'écran mobile permet de créer des points dans un environnement virtuel en se servant des zones de contrastes capturées par la caméra. L'ensemble de ces points forme ce que l'on appelle « un nuage » permettant de situer l'emplacement de l'écran mobile. C'est le système se rapprochant le plus de la caméra utilisée par James Cameron. L'application est connectée directement au logiciel d'animation 3D *Maya* grâce à un module d'extension appliqué sur la caméra 3D. Par le biais du WiFi, les données enregistrées sur l'écran mobile sont transmises, en temps réel, à la caméra 3D. Lors des premiers tests, le système a démontré certaines faiblesses. La localisation des points est imparfaite et la caméra perd sa position si le mouvement est trop rapide. Il y a un certain délai entre l'action de la tablette et le mouvement de la caméra 3D. Par contre, du point de vue de l'interaction et de la prise en main, ce dispositif correspond exactement aux critères recherchés : soit l'interactivité avec la caméra en temps réel, la relation entre le corps et l'outil et l'indépendance du système.

Lors de mes tests, je me rends compte que je suis limité dans mes déplacements par l'interface entre la tablette et l'écran de l'ordinateur. Mon regard doit se concentrer à la fois sur ce qui se passe sur la tablette et sur le résultat se trouvant à l'écran de l'ordinateur dans le logiciel d'animation 3D. Comment libérer mon attention de l'interface de l'écran de l'ordinateur tout en me permettant une plus grande liberté de mouvements?

En me basant sur les systèmes existants de captation de mouvements impliquant une caméra infrarouge, je constate que le résultat du point de vue de la caméra 3D est transmis en temps réel dans l'interface de captation. Il me faut donc trouver le moyen de transmettre simultanément le visuel de mon écran d'ordinateur sur un autre écran mobile, puisque que l'application dans l'*iPad* ne me permet pas de diffuser en même temps le résultat et le calcul des points. En ajoutant un second écran qui me transmet le visuel de l'écran de l'ordinateur, je peux maintenant être libre de parcourir l'espace qui m'entoure sans être restreint au contact visuel avec l'écran d'ordinateur. Afin de juxtaposer ces deux écrans et de pouvoir les manipuler avec aisance, j'ai construit le dispositif représenté sur la figure 22.



Figure 22 : Prototype de caméra virtuelle, exemplaire fabriqué par Fabrice Vienne le 27 avril 2015.

Ce prototype me permet de créer des mouvements de caméra 3D en relation directe entre le monde réel et mon espace virtuel.

3.1.5 PROJET TANGO DE GOOGLE

J'ai découvert le « Projet Tango » de *Google* lors de ma recherche sur l'intégration des capteurs d'une caméra infrarouge dans une tablette en février 2014 (*figure 23*).

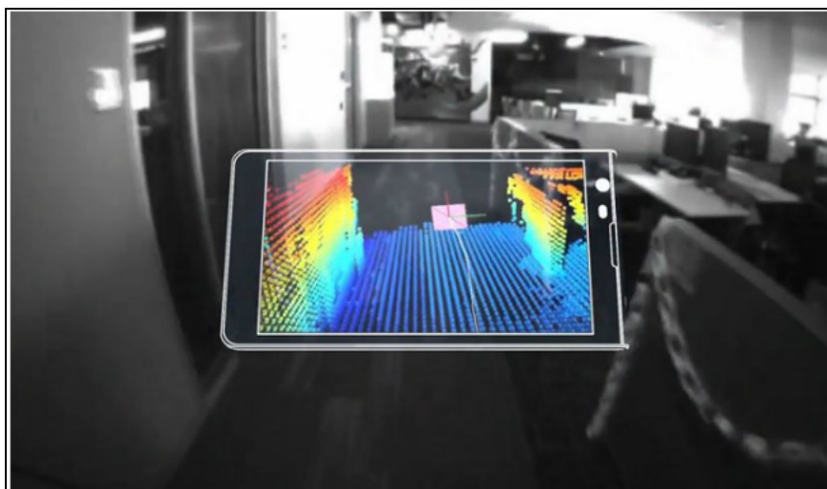


Figure 23 : Projet Tango Google, [<http://www.google.com/atap/projecttango/>], site consulté le 21 février 2014

Le « Projet Tango » apporte l'ancrage cinématographique et la perception de la profondeur dans un seul outil. La tablette capte et identifie sa position et son déplacement grâce à ses capteurs de profondeur qui analysent l'environnement qui l'entoure. Durant l'été 2015, j'ai fait l'acquisition d'une trousse de conception. Cela m'a permis de prendre en main l'outil et de faire mes premiers tests. En ouvrant l'application d'exploration, celle-ci nous permet de voir en temps réel le déplacement de la caméra représenté par une icône et son chemin parcouru (figure 24).

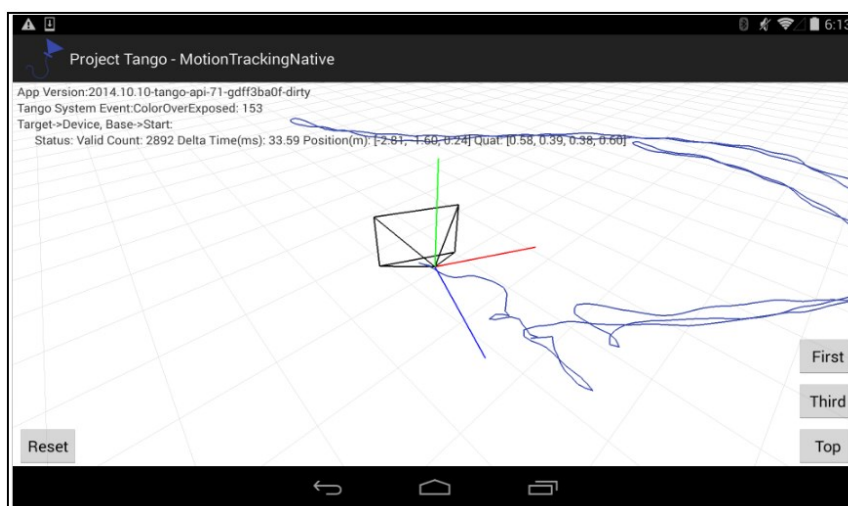


Figure 24 : Projet Tango, [<https://developers.google.com/project-tango/overview/motion-tracking>], site visité en août 2015

J'ai essayé de connecter la tablette au programme de Touch Designer afin de prendre les informations de position et de rotation pour manipuler la caméra dans le programme comme pour le test réalisé avec le téléphone portable. Mais voilà, je n'ai pas pu trouver les informations de position. Mes connaissances en programmation étant limitées, je ne pouvais pas pousser l'expérimentation plus loin.

Certes, je n'avais pas besoin de faire cette preuve, déjà donnée par ailleurs lors d'une démonstration en août 2014 au SIGGRAPH par Wil Braithwaite. Lors de cette présentation, il réussit à transférer les informations de position et de rotation de la tablette à la caméra du programme d'animation 3D. En temps réel, le visuel du programme est transmis sur la tablette. Cet

outil permet d'avoir une complète indépendance, sans être limité dans un environnement scénique équipé de marqueurs et de caméras de capture de mouvement. En résumé c'est un outil presque parfait qui correspond à tous mes critères de recherche.

3.2 SYNTHÈSE DES EXPÉRIMENTATIONS

Les quatre expérimentations explicitées plus haut identifient clairement chaque composante telle que la reconnaissance corporelle avec les caméras infrarouges, le capteur gyroscopique, les senseurs de captation de mouvement et les capteurs RGB d'une caméra.

En les analysant séparément, j'ai pu identifier et préciser leurs forces et leurs faiblesses. J'ai aussi découvert que si je fusionnais certains capteurs, je pouvais augmenter la précision et le caractère intuitif du mouvement ainsi généré.

L'utilisation des capteurs de mouvement par infrarouge m'a permis une meilleure compréhension sur le caractère dit « intuitif ». Je pensais qu'en utilisant mes mains, je pourrais contrôler la caméra intuitivement. Mais cette technologie analyse le mouvement de la main afin de générer un autre mouvement. De plus, cette analyse est mathématique et non humaine, et de ce fait l'application nécessite un apprentissage, similaire à la manipulation d'une souris d'ordinateur. Cette technologie est fonctionnelle pour piloter un drone car il réagit à la gravité terrestre, contrairement à une caméra CG qui en est dépourvue. Le point positif de cette technologie est la miniaturisation des capteurs qui permet une intégration plus facile dans un autre dispositif, tel un écran.

Le test du capteur gyroscopique est venu confirmer mes résultats précédents. Contrôler un objet 3D directement en relation avec un objet réel est, selon moi, une façon très intuitive d'interagir avec le monde virtuel. Cela supprime l'interprétation d'un mouvement de caméra entre ce que veut le réalisateur et ce que l'artiste CG va animer.

Le système de captation de mouvement corporel est un autre moyen d'agir directement avec le monde virtuel. La précision de ces capteurs est un atout non négligeable. Ce test m'a servi de tremplin pour réaliser un mouvement de caméra réel dans un monde virtuel. Il m'a permis d'utiliser le mouvement de mon corps à l'état brut, et de transférer ces informations dans le logiciel d'animation 3D pour y créer un simulacre de mon corps. Ce dernier manipule par la suite la caméra tel un opérateur en milieu réel. Je prévois expérimenter l'utilisation d'un capteur sur mon prototype de caméra virtuelle afin de créer directement un simulacre de la caméra et non de mon corps.

La localisation et cartographie simultanée est une approche combinant le capteur gyroscope et l'analyse des informations RGB de la caméra afin de déterminer un point dans l'espace. C'est l'outil qui se rapproche le plus du système de la caméra infrarouge inversée, en faisant référence au « Projet Tango » de Google, il intègre toutes ces composantes dans un seul outil. Bien que cette expérimentation présente les résultats les moins précis, c'est celle qui m'a permis de réaliser un prototype de caméra virtuelle fonctionnel intégrant tous mes critères de base. Je suis désormais capable de manipuler une caméra 3D en temps réel, et de contrôler autant le déplacement que la rotation de la caméra, le tout de manière intuitive. Certes, plusieurs paramètres de réglage sont absents, mais ce prototype est suffisamment fonctionnel pour que je puisse l'utiliser dans le cadre de mon travail.

Je n'ai pas eu assez de temps ni les connaissances suffisantes en programmation pour approfondir mes tests avec la tablette de Google. Mais le peu que j'ai pu découvrir avec ce prototype est qu'il correspond au mieux à mes critères de recherche.

3.3 RÉSULTATS

Le tableau suivant (*tableau 1*) situe chaque technologie étudiée et expérimentée selon un système d'évaluation qualitative. Cette évaluation est basée sur mes critères de recherche définis en page 18 dans mes analyses des technologies existantes, afin de m'aider à répondre à ma question de recherche.

Études de cas		Caméra virtuelle chez ILM		Caméra virtuelle chez The Third Floor		Caméra virtuelle utilisée sur Surf's Up		Smart VCS, recherche de Girish Balakrishnan	
Critères	Coefficient	1/3/5	total	1/3/5	total	1/3/5	total	1/3/5	total
Indépendance et flexibilité	5	1	5	1	5	1	5	3	15
Intuitivité du mouvement et de l'interface	4	5	20	5	20	5	20	3	12
Précision de captation	3	5	15	5	15	5	15	3	9
Décalage (lag)	2	3	6	3	6	3	6	3	6
Ajustement de focale (zoom)	1	5	5	5	5	5	5	5	5
		51		51		51		47	
Expérimentations		Capteur de mouvement par infrarouge, Leapmotion		Capteur gyroscopique téléphone portable, Touch Designer		Capteur de mouvement corporel, NOITOM		Localisation et cartographie simultanées, application IPAD	
Critères	Coefficient	1/3/5	total	1/3/5	total	1/3/5	total	1/3/5	total
Indépendance et flexibilité	5	5	25	5	25	3	15	5	25
Intuitivité du mouvement et de l'interface	4	1	4	5	20	5	20	5	20
Précision de captation	3	1	3	1	3	5	15	1	3
Décalage (lag)	2	1	2	1	2	3	6	1	2
Ajustement de focale (zoom)	1	1	1	3	3	1	1	1	1
		35		53		57		51	
Objectif		Objectif d'expérimentation Projet TANGO de Google							
Critères	Coefficient	1/3/5	total						
Indépendance et flexibilité	5	5	25						
Intuitivité du mouvement et de l'interface	4	5	20						
Précision de captation	3	5	15						
Décalage (lag)	2	3	6						
Ajustement de focale (zoom)	1	5	5						
		71							

Pondération	1	médiocre
	3	assez bien
	5	très bien

Tableau 1 : Pondération, études de cas et expérimentations, Fabrice Vienne, février 2016

Après mes études de cas et mes expérimentations, je suis en mesure de pouvoir les qualifier selon cinq critères fondamentaux : l'indépendance et la flexibilité du système, l'intuitivité du mouvement généré, la précision de captation, le décalage (lag) du transfert d'information et finalement, la possibilité d'ajustement de la focale. J'accorde plus d'importance aux deux premiers critères. Ils répondent précisément à ma question : « Comment animer une caméra 3D de façon

intuitive? » C'est pour cette raison que je leur ai mis des coefficients plus élevés. Pour chaque critère, j'ai adressé des points, un, trois ou cinq, correspondant à une pondération qualitative : médiocre, assez bien et très bien, que je multiplie par leur coefficient d'importance tel qu'indiqué sur le tableau 1.

La tablette avec capteurs infrarouges intégrés est, selon mes critères de recherche, l'outil qui répond le mieux à mes attentes. J'ai très vite abandonné le projet d'animer la caméra avec le système de caméra captant les mouvements de mes mains par infrarouge. Je trouve qu'il n'est pas intuitif et qu'il ne s'agit que d'un simulacre de la souris d'ordinateur. Je ne sentais pas l'effet de la gravité, qui est primordial pour rendre le mouvement de la caméra crédible.

Le système de captation de mouvement basé sur la technologie *NOITOM* donne le meilleur résultat en qualité et précision des mouvements. Le seul point négatif est qu'il faut installer les capteurs et que cela prend un peu de temps. Mais il me reste à effectuer quelques tests avec seulement un ou deux capteurs pour voir si cela s'avérerait satisfaisant. Ces capteurs pourraient être installés sur mon prototype de caméra virtuelle afin de voir si ces derniers sont capables d'enregistrer avec précision le déplacement et la rotation de ma caméra.

Le test avec l'iPad est le plus concluant, malgré son imprécision. Lors de la mise en application en situation réelle, j'ai constaté que le système se prépare assez rapidement. La prise en main en est très intuitive et surtout c'est celui qui se rapproche le plus d'un opérateur de caméra. Seulement quelques secondes furent nécessaires à mon collègue pour prendre en main le dispositif et créer ses propres captations de mouvement. Il est suffisant pour réaliser du prototypage rapide. En quelques minutes, j'ai pu obtenir différentes versions qui ont permis de faire une sélection des variantes les plus satisfaisantes pour les besoins de l'expérimentation.

Le « Projet Tango » de *Google*, malgré le peu de tests que j'ai effectués atteint la meilleure note. Il correspond à tous mes critères, il est totalement indépendant de tout capteur externe, la

prise en main pour animer la camera 3D est très intuitive, sa précision de captation est amplement suffisante, malgré une petite imprécision de repositionnement lors d'un retour au point de départ.

CHAPITRE 4

CONCLUSION

Dans mon métier, je pratique quotidiennement la manipulation de caméra dans un environnement 3D. Pour ce faire, j'utilise les dispositifs existants tels que le clavier, la souris et les courbes d'animation pour réaliser un même mouvement. Mais comment remettre en question cette façon de travailler et mouvoir cette caméra sans utiliser ces interfaces traditionnelles? En étudiant les outils actuels mis à disposition, je me suis rendu compte que ce sont des systèmes trop chers et encombrants, ou encore qu'ils ne peuvent pas générer un mouvement de caméra de manière intuitive. Après mes études de cas et mes expérimentations, je suis arrivé à la conclusion qu'il me fallait fusionner la captation avec la génération d'images. En utilisant les capteurs gyroscopiques d'une tablette ou d'un téléphone et la captation de la position d'une caméra avec ses capteurs infrarouges dans un environnement réel, j'obtiens un outil qui permet de contrôler la camera 3D sans nécessiter une installation élaborée en milieu réel. Cet outil me permet de choisir un point de vue cohérent dans un monde imaginaire en temps réel. Il sera mis à contribution sur deux projets distincts. Le premier impliquant un environnement 3D très simple, et l'autre dans le projet «AMIS» qui consiste en la réalisation d'un environnement 3D représentant différents portraits pour former un paysage dans lequel l'opérateur se déplacera pour expérimenter différents points de vue afin de vivre une expérience en mouvement.

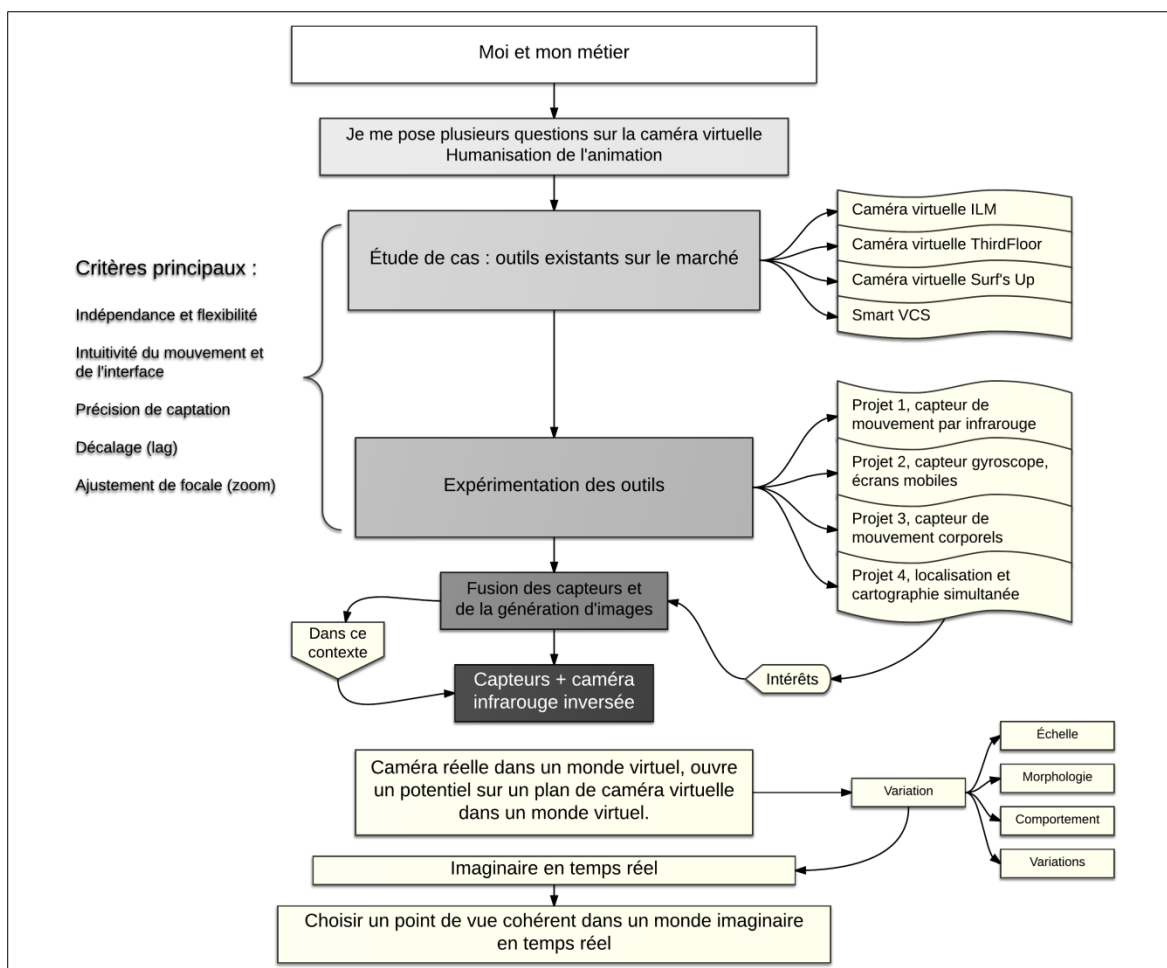


Figure 25 : Schéma de la démarche, Fabrice Vienne juin 2015

Une fois l'outil en main, il est très satisfaisant de mouvoir la caméra 3D en temps réel et de transmettre ses intentions sans aucune interprétation. Cela permet de se laisser aller davantage à la création du mouvement de la caméra tout en faisant disparaître, en partie, la contrainte d'une souris et d'un clavier. La première fois que j'ai fait fonctionner mon prototype de système de caméra virtuelle, j'ai immédiatement eu la sensation d'être un opérateur de caméra. Je m'approprie la caméra 3D en agissant avec mon corps. J'insuffle la vie à la caméra 3D.

Avec la réalisation de mon prototype de caméra virtuelle, je suis satisfait de ma recherche. J'ai réussi, avec des technologies existantes, à réaliser un simulacre de mouvement de caméra capté par un opérateur sans utiliser la souris ou le clavier d'ordinateur. C'est pour moi un grand accomplissement de pouvoir générer ce type de mouvement en temps réel sur une caméra 3D.

Le plaisir esthétique réveille en nous une expérience personnelle et nous fait vivre des émotions variées et d'intensité plus ou moins forte : allégresse, bien-être, excitation, surprise, ravissement, (COUCHOT, 2012). L'artiste 3D peut enfin se consacrer au plaisir de réaliser un mouvement de caméra dans le monde virtuel.

Actuellement je possède la tablette du Projet Tango de *Google*. Celle-ci comporte toutes les caractéristiques nécessaires à la réalisation d'un outil permettant la captation de mouvements en temps réel, sans capteur externe. Je vais revenir, comme pour ma première expérimentation, à *TouchDesigner*. Ce logiciel me permet de tester les données accessibles de l'écran mobile, telles que les informations provenant du gyroscope et surtout des coordonnées spatiales selon les axes x, y et z. Si cette expérimentation est concluante, cela ouvre les portes à la connexion directe sur un logiciel d'animation 3D afin de contrôler la caméra. Il existe déjà un module d'extension applicable dans le logiciel d'animation 3D de *Maya*, mais il n'est pas encore accessible au grand public. Par conséquent, une certaine part de programmation s'avèrera nécessaire. Entre temps, je vais continuer mes expérimentations avec les capteurs de mouvements corporels. Je souhaiterais les installer sur mon prototype de caméra afin de capter les mouvements de ce dernier. Si cela s'avère convaincant, je gagnerai en précision de mouvement.

Pour terminer, voici une maquette de ce que pourrait devenir le prochain outil de contrôle d'une caméra virtuelle représenté sur la figure 29. Il est basé sur un concept provenant de la tablette de *Wikipad*. Elle a été conçue, au départ, pour jouer aux jeux vidéo, mais elle contient également tous les paramètres de contrôle d'un éventuel système de caméra virtuelle. L'intégration

de l'écran entre des poignées de contrôle sur le côté permettrait une bonne prise en mains. Il suffirait d'intégrer la technologie existante du « Projet Tango » de *Google* avec les contrôleurs provenant des jeux vidéo pour atteindre l'objectif ultime de ma recherche : un contrôleur de caméra virtuelle indépendant et intuitif (figure 26). La finalité de ce concept demandera une étude approfondie sur le design d'interaction selon Dan Saffer, afin d'avoir une configuration optimale entre l'interaction de l'outil et les boutons de contrôle (SAFFER, 2010).

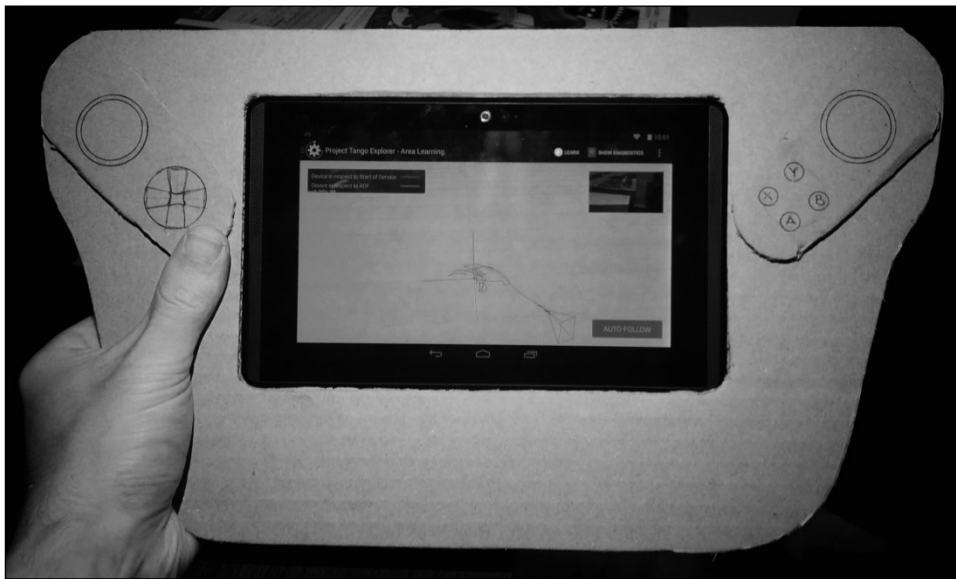


Figure 26 : Maquette de la caméra virtuelle, [<http://www.wikipad.com/>], site visité en septembre 2015

ANNEXE A

PROJET DE DIFFUSION

En cherchant un moyen de diffusion pour ma recherche avec les différentes techniques de captation, le projet AMIS est né dans le cadre de l'atelier : production et démarche critique au centre NAD avec Yan Breuleux à l'automne 2013 (figure 27).

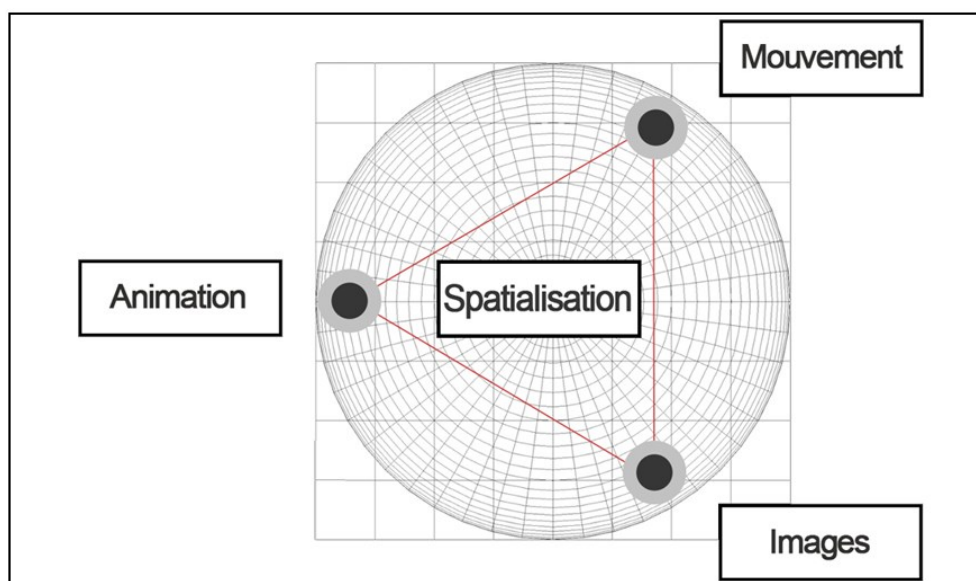


Figure 27 : Schéma du projet «AMIS», Fabrice Vienne, novembre 2013

J'ai conçu ce projet sur quatre principes de base : l'animation, le mouvement, les images et la spatialisation. J'ai remarqué que cela formait l'anagramme «AMIS». Dans le cadre de ce projet, je cherchais un moyen simple de capter le mouvement d'une caméra réelle afin de manipuler une caméra dans l'espace 3D. Ces principes sont à la base de l'élaboration de ma recherche. Ils constituent les fondements de mes études sur les technologies existantes en vue d'obtenir une interactivité en temps réel et un contrôle intuitif de la caméra virtuelle.

J'ai repris le projet « Images en mouvement » présenté lors du cours d'art et interdisciplinarité (7ART812) en avril 2013 en collaboration avec Michel Trudeau représenté par la *figure 28*.

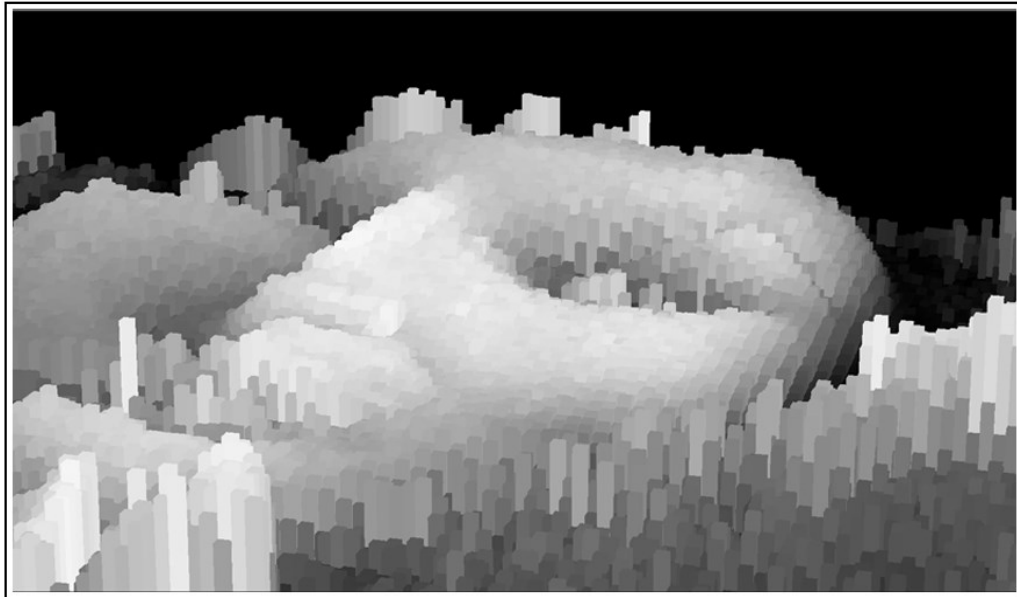


Figure 28 : Image de la vidéo de notre test : [<http://youtu.be/r5dBCO6sCRo>], réalisé en avril 2013

Il me sert de base de travail afin de me permettre de comprendre davantage le côté intuitif du mouvement d'une caméra et de pousser le moyen de captation. Avec du prototypage de mouvement, je vais pouvoir sélectionner mes mouvements de caméra correspondant le plus au mouvement souhaité. Par la suite, je vais continuer le processus en appliquant divers types de filtres et manipulations sur les courbes d'animation, communément appelé le lissage (élimination de variables aléatoires ou résiduelles dans une courbe d'animation).

« Images en mouvement » consiste à utiliser le phénomène de l'anamorphose en décomposant une image en *boxel*, donnant ainsi une troisième dimension (*figure 29*).

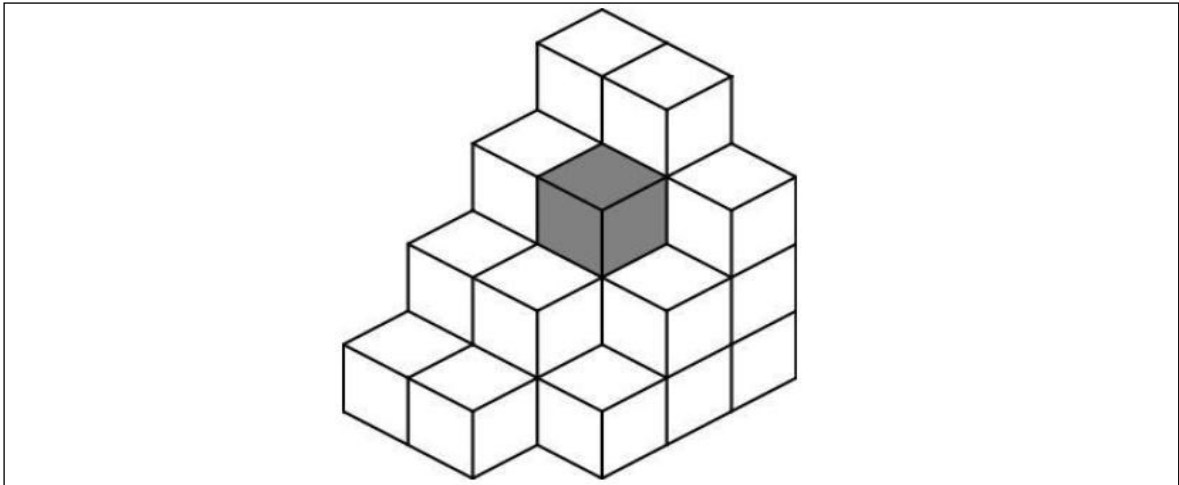


Figure 29 : Représentation d'un boxel : [<https://fr.wikipedia.org/wiki/Voxel>], site visité en avril 2013

Cette image crée un environnement qui sera diffusé dans le dôme de la SAT en utilisant des vidéos préenregistrées ou mieux encore, une captation visuelle en direct qui modifierait l'image par le changement de luminosité des pixels. Par ce fait, nous nous trouvons dans une situation où le spectateur devient le chef d'orchestre du contenu visuel et sonore en interaction directe avec ses propres mouvements. Nous pourrions utiliser le son pour jouer le rôle de turbulence et accentuer l'interaction. Nous essayons de créer des émotions telles que l'admiration, la joie, la peur ou la surprise. Je me sers donc de ce projet comme contenu visuel pour mes tests de prototypage de caméra virtuelle. Avec les prototypages rapides obtenus dans le cadre de cette œuvre, je peux poursuivre mon processus de sélection et de lissage de la version d'animation de la caméra la plus satisfaisante.

BIBLIOGRAPHIE ET LISTE DE RÉFÉRENCES

Ouvrages

- BÉDARD, Yves. (1991). *Images technologiques : ce qu'il advient de la mémoire*. Cinémas : Revue d'études cinématographiques, Vol. 1, numéro 3: p. 88 à 101.
- COUCHOT, Edmond. (2012). *La nature de l'art : ce que les sciences cognitives nous révèlent sur le plaisir esthétique*. Paris, Hermann éditeurs.
- DELEUZE, Gilles. (1983). *L'image mouvement*. Paris, Éditions de Minuit.
- JOHNSON, T. E. (1963). *Sketchpad III: a computer program for drawing in three dimensions*. Proceedings of the May 21-23 1963, spring joint computer conference. Detroit, Michigan, ACM: p. 347 à 353.
- MANOVICH, Lev. (2001). *The language of new media*. Cambridge, Mass., MIT Press.
- MELANÇON, Benoît. (2006). *Réaliser un film en animation 3D*. Montréal, Les 400 coups.
- MELANÇON, Benoît. (2011). *La prévisualisation 3D comme nouveau médium créatif*. Chicoutimi, Université du Québec à Chicoutimi, vii, 57 f.
- MORIN, Edgar. (1956). *Le cinéma ou l'homme imaginaire essai d'anthropologie*. Paris, Éditions de Minuit.
- SAFFER, Dan. (2010). *Designing for interaction: creating innovative applications and devices*. Berkeley, CA London, New Riders; Pearson Education [distributeur].
- TOUCHE, A. (2006/2009). *Le mouvement de caméra virtuelle*. Mémoire de fin d'études et de recherche, ou comment demander l'impossible, Section Cinéma.

Publications - Articles

- BOISVERT, Léandre. (2003). *L'âme qui nous anime*, [http://www.interbible.org/interBible/source/lampe/2003/lampe_031107.htm], Québec, Interbible.
- DUPUIS, Julien. (2010). *Avatar : Les vraies révolutions partie 2 - La mise en scène en temps réel*, [http://www.hdvision-mag.fr/2010/02/avatar-6-les-vraies-r%C3%A9volution-partie-2-la-mise-en-sc%C3%A8ne-en-tempsr%C3%A9el.html], HDVision, France.
- KOZLOV, Denis. (2014). *On anatomy of CG Cameras*, [http://www.the-working-man.org/search/label/CG%20cameras], Prague.
- TURNOCK, Julie. (2012). *Film History*, Volume 24, p. 158 à 168. Indiana University Press, USA.
- WIRED, Frank Rose. (2009). *Inventing Effects to Create the Avatar Universe*, [http://www.wired.com/2009/11/ff_avatar_movie/], New York.
- Yuichi TAMURA, Yuki TAKABATAKE, Naoya KASHIMA and Tomohiro UMETANI. *Localization System using Microsoft Kinect for Indoor Structures*. [http://www.jspf.or.jp/PFR/PDF/pfr2012_07-2406036.pdf], Konan University, Kobe 658-8501, Japon.

Vidéos

VIENNE, Fabrice. (23 avril 2013). *Anamorphose test ICE*. [En ligne : 23 avril 2013]. <http://youtu.be/r5dBCO6sCRo>.

KLOSE, Sebastian. (janvier 2013). *IMU Filter*. [En ligne : 20 octobre 2011]. <https://youtu.be/FETKBGZuwbl>.

VIENNE, Fabrice. (6 décembre 2014). *Recherche, caméra virtuelle, démarche dans TouchDesigner*. [En ligne : 21 septembre 2015]. <https://vimeo.com/140010642>.

VIENNE, Fabrice. (6 décembre 2014). *Recherche, caméra virtuelle, démarche avec NOITOM*. [En ligne : 21 septembre 2015]. <https://vimeo.com/140011312>.

VIENNE, Fabrice. (14 septembre 2015). *Recherche, caméra virtuelle, démonstration du prototype de caméra virtuelle*. [En ligne : 14 septembre 2015]. <https://vimeo.com/137140304>.

VIENNE, Fabrice. (14 septembre 2015). *Recherche, caméra virtuelle, résultat de la captation dans Maya*. [En ligne : 14 septembre 2015]. <https://vimeo.com/140011312>.

VIENNE, Fabrice. (30 octobre 2015). *Recherche, caméra virtuelle, étapes de lissage*. [En ligne : 30 octobre 2015]. <https://vimeo.com/144388505>.

VIENNE, Fabrice. (30 octobre 2015). *Recherche, caméra virtuelle, résultat final*. [En ligne : 30 octobre 2015]. <https://vimeo.com/144388523>.

LEXIQUE

Ancrage cinématographique :

Fonction logicielle de détection de mouvements, servant à repérer un mouvement réel (caméra) sur une vidéo par analyse de plusieurs points sur une suite d'images. Une fois le mouvement codé, l'intérêt est identique à la commande de mouvement : intégration de prises virtuelles dans la vidéo réelle.

WiFi :

Ensemble des techniques qui permettent de transmettre sans fil les données d'un réseau utilisant Ethernet

Artéfact :

Défaut visible dans une image vidéo perturbée à cause de limitations technologiques et, d'une manière générale, apparition de phénomènes artificiels liée à la méthode utilisée lors d'une expérience.

Cadrage :

En photographie, c'est un élément majeur, sur lequel s'appuie la composition. Le cadrage est lié au sujet et aux éléments à photographier, à l' et à la construction de l'image. Il conditionne la sensation dégagée par le visuel.

Caméra 3D :

Définit le point de vue par l'observateur. Différentes lentilles simulent les perspectives obtenues avec des objectifs réels de différentes distances focales.

Caméras infrarouges :

Système de caméras émettant des rayonnements infrarouges utilisé pour la captation de mouvement.

Captation du mouvement :

Technique de capture des mouvements d'acteurs réels en vue d'animer, en temps réel ou différé, des acteurs de synthèse. Il ne s'agit plus d'animateur 3D, mais de réalisation professionnelle nécessitant du matériel spécialisé.

CG :

Diminutif de Computer Graphic, infographie.

Décalage (lag) :

Lag est un anglicisme désignant un délai dans les communications informatiques

Découpage de l'image (clipping plane) :

On définit donc un plan de coupe sur lequel on effectue la projection (plan near), et un plan de coupe à partir duquel les objets ne sont plus rendus (plan far).

Drone :

Engin volant télécommandé qui emporte une charge utile comme une caméra et qui permet le survol d'un espace ou de personnes à grande hauteur. L'utilisation d'un drone est soumise à des autorisations préfectorales et à des équipes ayant un permis de vol et ne se prête pas à tous les lieux de prises de vues.

Facteur de reflet d'objectif (lens flare) :

Effet parasite de forme circulaire ou étoilée produit par un rayon lumineux frappant les lentilles d'un objectif photographique. D'effet parasite qu'en photographie on cherche à éliminer par l'usage de

pare-soleil, il est devenu un effet esthétique que la plupart des programmes de retouche 2D et certains moteurs de rendu 3D permettent de recréer.

Focale :

Champ de vision de la caméra, exprimé en degrés.

Interactivité :

Système d'aller-retour entre la machine et l'utilisateur, souvent en temps réel

Interface tangible :

Éléments intermédiaires qui permettent le dialogue entre la machine et l'utilisateur (la souris, le menu, l'écran)

Une interface graphique est un ensemble de commandes affichées à l'écran de l'ordinateur et permettant de piloter un logiciel sans saisie de lignes de commandes.

Layout :

Une maquette, un projet permettant d'obtenir l'aperçu le plus juste possible avant réalisation.

Lissage :

Action d'élimination ou adoucissement des points de rebroussement d'une courbe d'animation. Suppression du bruit, des secousses de caméra; se produit dans une scène lorsque les mouvements de caméra bougent légèrement ou rapidement et dans plusieurs directions. On a l'impression de ressentir un impact ou une vibration (par exemple les bosses sur la route).

Keyframe :

Image référence dans un processus d'animation. L'utilisateur définit au moins deux keyframes, et le programme d'animation calcule par interpolation, c'est-à-dire : détermination de valeurs évolutives entre deux pôles, les images intermédiaires

Technique d'animation recourant à l'interpolation pour calculer les scènes intermédiaires entre deux scènes-clés (Keyframes) définies par l'utilisateur.

Commande de mouvement (Motion Control) :

Contrôle informatique d'une caméra pour la prise de vue réelle. Elle permet une mise au point parfaite de mouvements complexes et une répétition exacte de ceux-ci à l'infini. Les données ainsi recueillies peuvent ensuite être sauvegardées numériquement, et permettent de piloter une caméra virtuelle pour une intégration dans un décor 3D, par exemple. Son usage est très courant en studio virtuel.

Plan de coupe (clipping plane) :

Technique de suppression des éléments situés hors du champ de vision de l'observateur. Ainsi les faces cachées des objets sont supprimées des calculs de rendu afin de gagner en vitesse. Certaines cartes graphiques effectuent elles-mêmes le tri des surfaces à éliminer du calcul.

Prototypage rapide :

Le prototypage rapide désigne l'activité consistant à réaliser un prototype, une maquette, un moule d'un projet avant son industrialisation.

Opérateur de caméra

C'est un technicien qui est aux commandes d'une caméra lors d'une prise de vues pour le cinéma ou la télévision, qu'il s'agisse de films ou d'émissions en direct ; il est responsable du cadrage, soit sous les recommandations ou indications d'un réalisateur, soit selon sa propre initiative

RGB :

Acronyme de Rouge–Vert–Bleu, mode de composition des couleurs basé sur le principe additif des trois couleurs citées. C'est le mode de composition utilisé pour l'affichage sur tube électronique, écran de télévision ou moniteur d'ordinateur. En anglais, se dit RGB, Red–Green–Blue. On notera que l'addition deux à deux des couleurs de base RVB produit les couleurs Cyan, Magenta et Jaune de la composition soustractive CMJN.

Scène :

Ensemble des objets, caméras, lampes, etc. disposés de façon à former une représentation graphique tridimensionnelle.

Siggraph :

Festival international annuel consacré aux nouvelles technologies qui se déroule chaque année aux États-Unis.

Zoom :

La fonction Zoom dans un modeleur agit comme un changement de focale de l'objectif de la caméra virtuelle. Celle-ci reste fixe dans la scène, et l'effet de rapprochement ou d'éloignement est dû à l'emploi d'une focale longue(téléobjectif) ou d'une focale courte (grand angle). De ce fait, les perspectives de la scène sont traitées de façon à simuler la vision obtenue à travers des objectifs réels qui auraient les mêmes distances focales; elles pourront donc être ramassées et aplaties, ou au contraire, très allongées, voire courbées.