

UFR de mathématique et d'informatique

Université de Strasbourg



MASTER D'INFORMATIQUE
IMAGE ET 3D

Travail d'Étude et de Recherche

Ayoub ADIL
ayoub.adil@etu.unistra.fr

BIBLIOTHÈQUE DE POSTURES ET GESTES DANS L'INTERACTION EN RÉALITÉ VIRTUELLE AVEC MANETTES

26 mai 2023

Encadré par
Thierry BLANDET
thierry.blandet@unistra.fr

Table des matières

Résumé	3
Introduction.....	4
Travail d'Étude et de Recherche	4
Bibliothèque de postures et gestes.....	4
État de l'art	5
Approche	7
MANO	8
Travail effectif.....	9
Mise en œuvre de la structure de développement dans Unreal Engine	9
a. Configuration de l'environnement	9
b. Création de l'environnement virtuel	9
c. Intégration des dispositifs de capture de mouvement.....	9
Conception et intégration de l'ensemble de gestes et de postures	11
a. Analyse des gestes et des postures	11
b. Création de modèles de gestes et de postures	12
c. Intégration dans Unreal Engine	12
Conclusion	13
Bibliographie.....	14

Résumé

Le présent rapport porte sur l'étude et la recherche relatives à l'interaction avec des objets en réalité virtuelle en utilisant des manettes associées à un casque de réalité virtuelle. L'objectif principal de ce travail était de concevoir et mettre en œuvre une structure de développement dans l'environnement Unreal Engine, intégrant un ensemble de gestes et de postures cohérents et réalistes.

Après une étude bibliographique approfondie du sujet, une méthodologie a été suivie pour mettre en place la structure de développement. Cependant, en raison de contraintes liées à la situation actuelle, l'utilisation de la combinaison SmartSuit et des SmartGloves pour capturer les mouvements du corps et des mains n'a pas été possible. En tant qu'alternative, une intelligence artificielle a été utilisée pour analyser les mouvements à partir de vidéos et créer un modèle de squelette virtuel.

L'analyse des gestes et des postures a été réalisée afin de définir une liste pertinente de gestes et de postures à prendre en compte dans le projet. Bien que l'intégration de la combinaison SmartSuit et des SmartGloves n'ait pas été réalisée, la création de modèles de gestes et de postures ainsi que leur intégration dans Unreal Engine sont prévues dans le plan de travail initial.

Ce projet représente une première expérience dans le domaine de la réalité virtuelle, offrant l'opportunité d'acquérir des connaissances grâce à une étude bibliographique approfondie. Bien que le projet ne soit pas encore terminé, il constitue un point de départ prometteur pour d'autres étudiants intéressés par ce domaine, offrant des perspectives intéressantes pour des développements futurs.

En conclusion, ce rapport met en évidence les étapes réalisées jusqu'à présent dans le projet d'étude et de recherche sur l'interaction avec des objets en réalité virtuelle. Il souligne également les défis rencontrés, tels que l'utilisation de l'intelligence artificielle comme alternative pour enregistrer les mouvements et la nécessité de poursuivre les travaux prévus pour la création de modèles de gestes et de postures. Malgré ces limitations, ce travail a permis d'approfondir la compréhension de la réalité virtuelle et de poser les bases d'un projet prometteur pour de futures explorations.

Introduction

Travail d'Étude et de Recherche

Le projet de recherche que je présente dans ce rapport s'inscrit dans le cadre d'un programme d'études universitaires qui a pour but de familiariser les étudiants avec le monde de la recherche. Tout au long de ce semestre, j'ai travaillé à l'élaboration d'un mémoire qui sera évalué selon différents critères, notamment la qualité de la recherche bibliographique, la pertinence du sujet et la qualité de la présentation orale.

Dans ce rapport, je vais présenter les différentes parties qui le composent. Tout d'abord, je vais présenter le contexte dans lequel s'inscrit ce travail, ainsi que le sujet de recherche que j'ai choisi. Ensuite, je vais effectuer une revue de la littérature sur le sujet pour en extraire les principaux résultats et les conclusions qui en découlent. Enfin, je vais présenter les résultats de mes recherches et les conclusions auxquelles j'ai abouti, ainsi que les perspectives de ce travail de recherche.

Bibliothèque de postures et gestes

La réalité virtuelle est une technologie qui permet aux utilisateurs de plonger dans des environnements simulés, créant ainsi une expérience immersive unique.

Dans ce contexte, l'équipe IGG est en train de développer une plateforme de réalité virtuelle qui permettra aux utilisateurs d'explorer différentes scènes 3D à l'aide de périphériques d'affichage et d'interaction.

Le travail consiste à mettre en place une structure de développement dans l'environnement Unreal Engine 5, qui associera des gestes et des postures pour interagir avec des objets virtuels de manière naturelle et cohérente. Afin de rendre l'expérience aussi réaliste que possible, nous utilisons une combinaison SmartSuit II et des gants SmartGloves de la marque Rokoko pour enregistrer les mouvements du corps et des mains qui reproduisent les mouvements de l'utilisateur.

État de l'art

L'avènement de la réalité virtuelle a permis la création d'expériences virtuelles immersives grâce à un degré élevé de réalisme visuel. Lorsque les objets virtuels semblent réels, l'interaction naturelle devient la prochaine étape logique. Cependant, cette action apparemment simple implique des tâches supplémentaires en VR : le suivi de main et la simulation de la main et des objets, qui sont généralement résolus indépendamment. Pour le suivi de main, la solution courante consiste à utiliser des méthodes de vision par ordinateur, qui fournissent la morphologie squelettique et la configuration de la main qui correspondent le mieux à la main réelle de l'utilisateur. Pour la simulation de la main et des objets, l'approche la plus générale consiste à trouver la configuration d'une main simulée qui prend la main suivie comme objectif, mais qui est soumise à un modèle de la biomécanique de la main et aux lois de la mécanique de contact.

Différentes approches ont été proposées pour capturer et interpréter les mouvements des mains et des objets, offrant ainsi une expérience immersive et réaliste pour les utilisateurs. Dans cette section, nous examinerons les avancées récentes dans ce domaine, en mettant l'accent sur l'utilisation de la combinaison SmartSuit et des SmartGloves pour l'enregistrement des mouvements du corps et des mains.

Une approche largement utilisée dans l'interaction mains/objets en RV est basée sur des dispositifs de capture de mouvement, tels que des caméras optiques (Leap Motion comme exemple) ou des capteurs inertiels. Ces dispositifs permettent de suivre les mouvements des mains de manière précise et en temps réel. Cependant, ils peuvent présenter des limitations en termes de précision, de coût et de complexité d'installation.

La combinaison SmartSuit, développée par une société Rokoko, offre une solution alternative pour l'enregistrement des mouvements du corps. Cette combinaison est équipée de capteurs inertiels intégrés qui captent les mouvements du corps de l'utilisateur. En combinaison avec les SmartGloves, qui sont dotés de capteurs de flexion et d'orientation au niveau des doigts, il est possible d'enregistrer et d'interpréter les mouvements des mains de manière précise et réaliste.

Plusieurs études ont exploré l'utilisation de la combinaison SmartSuit et des SmartGloves dans des applications d'interaction mains/objets en RV. Par exemple, l'étude menée par S. Ciklacandir et al. (2022) [4] a utilisé la combinaison Rokoko SmartSuit Pro, équipée de capteurs IMU, pour collecter des données de mouvement dans le domaine de la biomécanique sportive, démontrant ainsi son utilité en fournissant des résultats précis et fiables. Les résultats de l'étude ont montré que la combinaison Rokoko SmartSuit Pro était économique par rapport aux systèmes optoélectroniques traditionnels, tout en offrant une précision élevée et des résultats fiables en biomécanique sportive.

D'autres travaux ont également exploré des techniques de reconnaissance de gestes basées sur l'apprentissage automatique pour interpréter les mouvements enregistrés avec la combinaison SmartSuit et les SmartGloves. Ces approches permettent d'associer les gestes effectués par l'utilisateur à des actions spécifiques dans l'environnement virtuel, offrant ainsi une interaction plus intuitive et personnalisée.

Bien que la combinaison SmartSuit et les SmartGloves offrent des avantages prometteurs pour l'interaction mains/objets en RV, des défis subsistent. Certains de ces défis incluent la calibration précise des capteurs, la réduction du temps de latence entre les mouvements réels et leur représentation virtuelle, ainsi que la gestion des problèmes liés aux interactions complexes, telles que la manipulation d'objets de grande taille ou la saisie d'objets fragiles.

En conclusion, l'utilisation de la combinaison SmartSuit et des SmartGloves pour l'enregistrement des mouvements du corps et des mains offre de nouvelles possibilités passionnantes dans le domaine de l'interaction

Approche

Dans notre travail, nous abordons les défis liés à la connexion du suivi de main et de la simulation de la main et des objets en utilisant des SmartGloves de la marque ROKOKO (*figure 1*). Par conséquent, nous visons à réaliser des animations VR de manipulation fine d'objets, commandées par le suivi interactif des mains de l'utilisateur.

En connectant le suivi de main et la simulation de la main et des objets, nous constatons que les modèles de main utilisés dans ces deux tâches peuvent différer en taille et en morphologie squelettique. Ces différences peuvent être dues à au moins deux raisons majeures : premièrement, il est difficile de produire un modèle de simulation qui correspond exactement à la taille et à la morphologie de la main de l'utilisateur. Même si l'incarnation de l'utilisateur dans un avatar avec une taille de main différente est parfaitement viable d'un point de vue perceptuel, cela n'est pas exempt de difficultés techniques. Deuxièmement, pour tirer parti du travail existant sur le suivi de main et la simulation de la main, il est pratique d'intégrer des solutions clés en main, mais il est peu probable que ces solutions utilisent des représentations de la main avec la même morphologie squelettique. Par exemple, il n'y a pas de consensus sur le placement des articulations entre différentes représentations de la main, en particulier sur la paume.



Figure 1. Le SmartGlove de la marque Rokoko, nous permettra le suivi des mains.

Nous rencontrons des défis de la connexion entre le suivi des mains et la simulation physique des objets virtuels en VR. Les représentations des mains peuvent varier en taille et en morphologie, ce qui rend la connexion difficile. Nous proposons une stratégie de retargeting de pose pour connecter les représentations des mains suivies et simulées. Cette approche fonctionne avec n'importe quelle méthode de suivi ou de simulation (dans le cadre de notre projet, les SmartGloves de Rokoko), et utilise une représentation intermédiaire des mains pour optimiser la configuration des doigts pour une manipulation fine. Nous présentons également une étude utilisateur pour comparer l'efficacité de l'approche de retargeting de pose par rapport à une copie naïve de la pose des mains (*figure 2*).

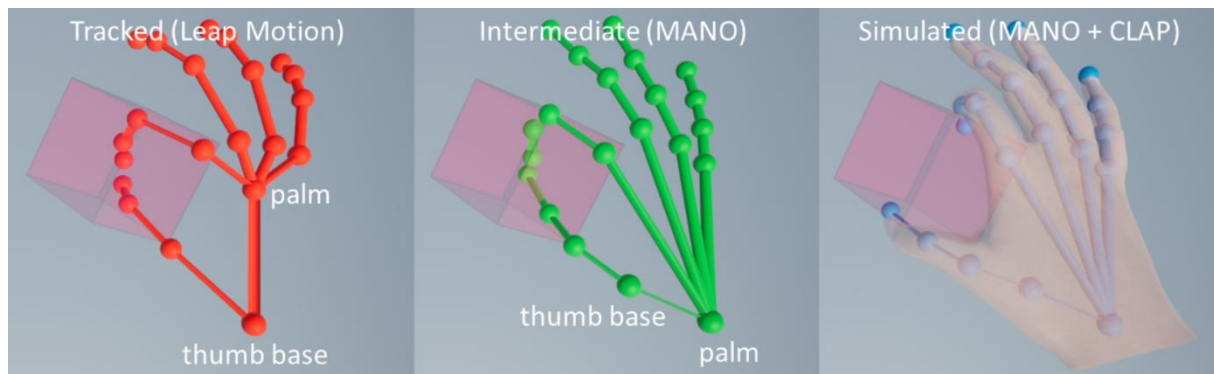


Figure 2. Gauche : Main suivie (en rouge), obtenue à l'aide d'un tracker Leap Motion. Droite : Main simulée en VR (squelette en bleu, chair semi-transparente) implémenté avec CLAP, et MANO pour la représentation de la main.

MANO

La méthode MANO, ou Modèle d'Analyse Neurale pour les Opérations de Main, est un modèle d'apprentissage profond développé pour la reconnaissance des mains en réalité virtuelle et augmentée. Elle permet de capturer les mouvements et les poses des mains en temps réel, en utilisant des données d'entrée provenant de dispositifs de capture de mouvement tels que des gants intelligents ou des capteurs de mouvement.

Le modèle MANO repose sur une approche d'apprentissage supervisé et utilise un réseau de neurones convolutifs (CNN) pour prédire les paramètres de la main, tels que les positions des articulations et les orientations des os, à partir des données de capture de mouvement. Il est capable de modéliser avec précision l'anatomie de la main humaine, y compris les articulations, les os et les muscles, ce qui permet de capturer les mouvements complexes des mains avec une grande fidélité.

Le modèle MANO est capable de prédire la pose de la main en temps réel, ce qui permet de l'utiliser dans des applications de réalité virtuelle ou augmentée pour permettre la manipulation d'objets virtuels avec les mains. Par exemple, en utilisant des gants intelligents équipés de capteurs de mouvement, les mouvements des doigts, du pouce et des mains peuvent être capturés et utilisés pour contrôler les mouvements d'objets virtuels dans un environnement de réalité virtuelle.

La méthode MANO est largement utilisée dans le domaine de la réalité virtuelle, de la réalité augmentée, de la robotique et de la capture de mouvement, car elle permet de créer des expériences immersives et interactives où les utilisateurs peuvent manipuler des objets virtuels avec leurs mains de manière naturelle et réaliste. Elle offre également des possibilités d'animation de personnages virtuels avec des mouvements de main réalistes, ce qui peut être utilisé dans des jeux, des simulations, des applications médicales et bien d'autres domaines.

Travail effectif

Dans cette section, je décris en détail la méthode que je voudrais utiliser pour mettre en œuvre la structure de développement dans Unreal Engine, ainsi que la conception et l'intégration de l'ensemble de gestes et de postures. J'identifierais également et expliquerais les difficultés spécifiques rencontrées lors de la mise en place de cette structure.

Mise en œuvre de la structure de développement dans Unreal Engine

Pour réaliser notre projet, nous avons choisi d'utiliser l'environnement du moteur de jeu Unreal Engine en raison de sa flexibilité, de ses fonctionnalités avancées et de sa compatibilité avec les dispositifs de capture de mouvement.

Il convient de noter que l'utilisation d'Unreal Engine était une première pour moi, n'ayant aucune connaissance préalable de cette plateforme de développement. Cependant, conscient de son potentiel et de sa popularité dans le domaine de la réalité virtuelle, j'ai entrepris des recherches approfondies et suivi des formations en ligne, que Mr. Blandet nous avait envoyé pour acquérir les compétences nécessaires. À travers des tutoriels, des forums et des ressources disponibles sur Internet, j'ai appris les fondamentaux d'Unreal Engine.

Nous avons suivi les étapes suivantes pour mettre en place notre structure de développement :

a. Configuration de l'environnement

J'ai installé Unreal Engine sur mon système et configuré les paramètres nécessaires pour assurer une intégration fluide avec les dispositifs de capture de mouvement, à savoir la combinaison SmartSuit et les SmartGloves.

b. Création de l'environnement virtuel

Comme Unreal Engine propose des scènes virtuelles d'interaction, j'ai conçu un environnement virtuel adapté à notre scénario d'interaction avec des objets. Cela comprend la modélisation et le placement des objets interactifs et la définition des interactions physiques avec ces objets.

c. Intégration des dispositifs de capture de mouvement

L'équipe IGG a établi la connexion entre la combinaison SmartSuit, les SmartGloves et Unreal Engine, permettant ainsi la transmission en temps réel des données de mouvement du corps et des mains.

Malheureusement, je n'ai pas pu bénéficier de l'accès à la combinaison SmartSuit et aux SmartGloves pour enregistrer les mouvements du corps et des mains. Travaillant depuis mon domicile, je n'ai pas pu établir physiquement la connexion entre ces dispositifs et Unreal Engine sur ma machine. Par conséquent, j'ai dû adapter ma méthodologie en utilisant d'autres ressources disponibles pour simuler les gestes et les postures dans l'environnement virtuel. Bien que cela représente une limitation.

Comme alternative à l'utilisation des dispositifs de capture de mouvement, j'ai opté pour l'utilisation d'une intelligence artificielle proposée par la même entreprise Rokoko afin d'enregistrer des Mocap (Motion Capture) (*Figures 3 et 4*) à distance depuis mon domicile.

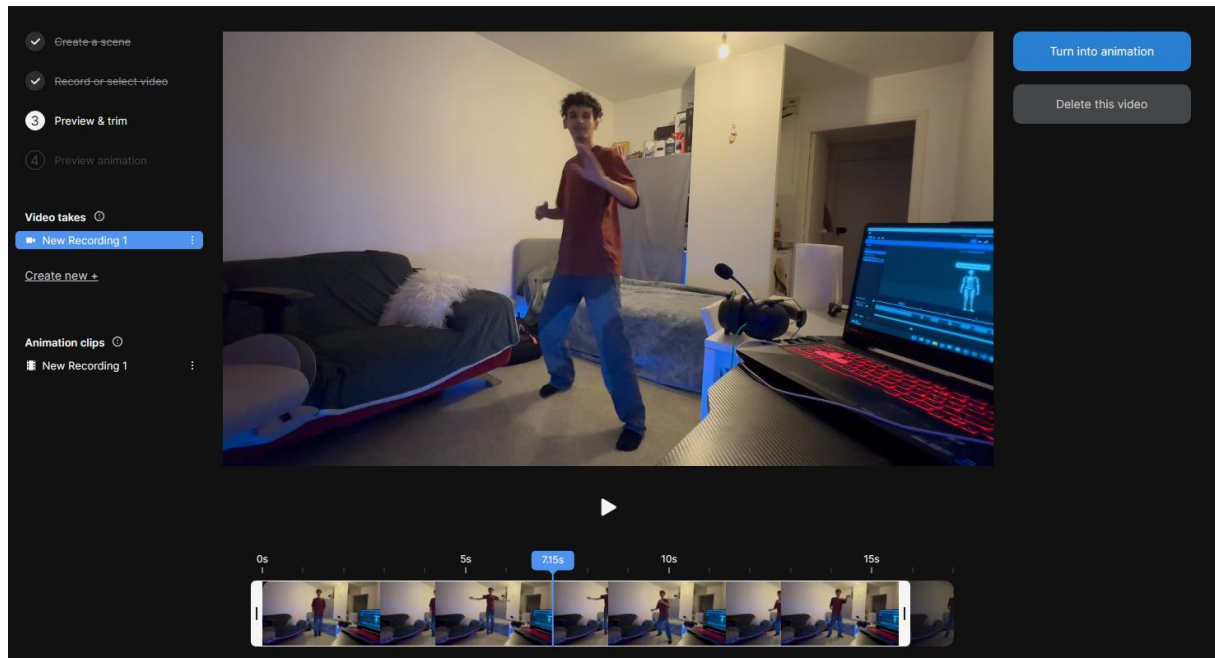


Figure 3. Enregistrement d'une vidéo qui servira comme Mocap sur Rokoko Vidéo. (Moi)

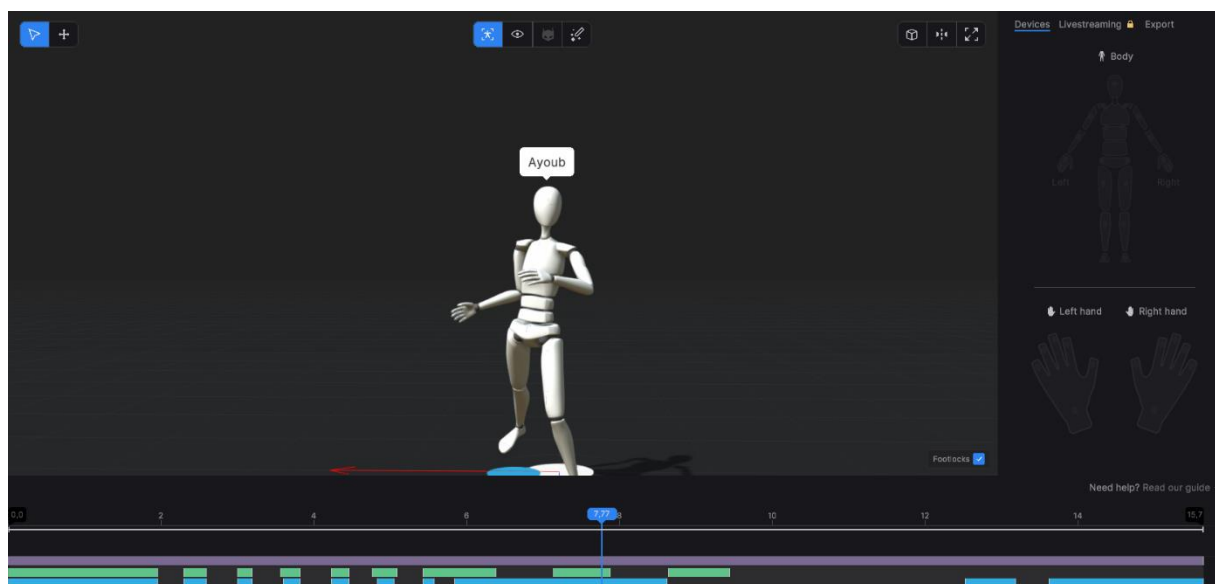


Figure 4. Rokoko Studio

Cependant, malgré tous les efforts déployés dans l'utilisation de comme alternative pour enregistrer les mouvements, il est important de noter que cette approche s'est avérée plus efficace pour capturer les mouvements du corps plutôt que ceux des mains. En raison des limitations inhérentes à l'analyse vidéo et à la création d'un modèle de squelette virtuel, les subtilités des mouvements des mains peuvent être moins précisément reproduites voir pas

reproduites du tout, ce qui peut entraîner une certaine perte de fidélité dans la simulation des gestes et des postures spécifiques des mains. Néanmoins, cette méthode alternative a été utile pour enregistrer et analyser les mouvements globaux du corps, fournissant des informations précieuses sur l'interaction corporelle générale lors de l'utilisation d'objets en réalité virtuelle. Pour des études plus approfondies sur les gestes et les postures spécifiques des mains, l'utilisation de dispositifs de capture de mouvement dédiés tels que les SmartGloves demeure essentielle.

Conception et intégration de l'ensemble de gestes et de postures

Pour permettre une interaction réaliste et cohérente avec les objets virtuels, j'ai développé un ensemble de gestes et de postures qui peuvent être enchaînés de manière fluide. Les étapes suivantes résument mon approche de conception et d'intégration :

a. Analyse des gestes et des postures

J'ai effectué une étude approfondie des gestes et des postures associés à l'interaction avec différents types d'objets. Cela m'a permis de définir une liste ([Tableau 1](#)) de gestes et de postures pertinents à prendre en compte dans notre projet. Cette liste n'est pas exhaustive, mais elle donne un aperçu des gestes et des postures couramment utilisés lors de l'interaction avec des objets en réalité virtuelle. Elle servira de base pour la conception et l'intégration de notre ensemble de gestes et de postures dans notre projet

Gestes de saisie et de manipulation	Gestes de pointage et de sélection	Gestes d'interaction spécifiques	Postures du corps et des mains
Saisir un objet avec une main ou deux mains	Pointer un objet avec le doigt	Ouvrir une porte en la poussant ou en la tirant	Se pencher en avant, en arrière ou sur les côtés
Tenir un objet fermement ou délicatement	Sélectionner un objet en appuyant dessus avec le doigt	Tourner une poignée de porte pour l'ouvrir ou la fermer	Lever les bras ou les mains pour atteindre des objets en hauteur
Lâcher un objet	Faire glisser un objet ou une interface virtuelle avec le doigt	Utiliser une clé pour ouvrir ou fermer une serrure virtuelle	S'accroupir ou s'agenouiller pour interagir avec des objets au sol
Déplacer un objet d'un endroit à un autre		Appuyer sur des boutons ou des interrupteurs virtuels	Tendre les bras pour attraper ou lancer un objet à distance
Tourner un objet dans différentes directions			

Tableau 1. Liste de gestes et de postures

b. Création de modèles de gestes et de postures

Dans le cadre de notre plan de travail défini, notre prochaine étape consistera à développer des modèles de gestes et de postures. Pour ce faire, nous utiliserons les données de mouvement capturées par la combinaison SmartSuit et les SmartGloves. En utilisant des techniques d'apprentissage automatique, nous analyserons et classifierons ces données afin de les associer aux gestes et aux postures spécifiques.

c. Intégration dans Unreal Engine

Une fois les modèles de gestes et de postures créés, notre objectif sera de les intégrer dans l'environnement d'Unreal Engine. Nous mettrons en place des scripts et des composants spécifiques pour lier ces modèles aux actions et aux interactions avec les objets virtuels. Ainsi, en fonction des gestes et des postures effectués par l'utilisateur, nous garantirons une réponse appropriée et immersive dans notre application de réalité virtuelle. Bien que cette partie du travail ne soit pas encore réalisée, elle représente une étape cruciale dans le développement de notre projet et nous permettra d'explorer les interactions avancées entre les gestes, les postures et les objets virtuels dans notre environnement de réalité virtuelle.

Conclusion

En conclusion, ce projet d'étude et de recherche m'a offert une occasion précieuse d'explorer le domaine captivant de la réalité virtuelle, constituant ma première expérience significative dans ce domaine. À travers une étude bibliographique approfondie, j'ai pu acquérir de nouvelles connaissances et une meilleure compréhension des enjeux liés à l'interaction avec des objets en réalité virtuelle.

Il convient de souligner que ce travail représente une initiation et n'est pas encore achevé. Bien qu'une structure de développement ait été mise en œuvre dans Unreal Engine, il reste encore des aspects importants à réaliser, tels que la création de modèles de gestes et de postures et leur intégration dans l'environnement virtuel. Néanmoins, ce projet constitue un excellent point de départ pour d'autres étudiants intéressés par ce domaine, offrant un potentiel prometteur pour des développements futurs.

En résumé, ce travail m'a permis d'approfondir ma compréhension de la réalité virtuelle, d'acquérir des connaissances grâce à l'étude bibliographique et de m'initier à la mise en œuvre d'une structure de développement dans Unreal Engine. Bien que le projet ne soit pas encore achevé, il représente une base solide pour de futures explorations et constitue une opportunité passionnante pour des travaux ultérieurs.

Bibliographie

- [1] Suzanne Sorli, Dan Casas, Mícheál Verschoor, Ana Tajadura-Jiménez, Miguel A. Otaduy. Fine Virtual Manipulation with Hands of Different Sizes. Madrid, Spain
- [2] M. Verschoor, D. Lobo, and M. A. Otaduy. Soft-Hand Simulation for Smooth and Robust Natural Interaction. In Proc. of the IEEE virtual Reality Conference, 2018
- [3] J. Romero, D. Tzionas, and M. J. Black. Embodied Hands: Modeling and Capturing Hands and Bodies Together. ACM Transactions on Graphics, (Proc. SIGGRAPH Asia), 36(6), Nov. 2017.
- [4] S. Ciklacandir, S. Ozkan, Y. Isler: A Comparison of the Performances of Video-Based and IMU Sensor-Based Motion Capture Systems on Joint Angles