

La Réalité Virtuelle au département Informatique : application à la Théorie de la Relativité Restreinte

Angèle GERAUD, Baptiste LE GOFF,
Boris LABBE, Vincent DOUILLET

Encadrant : Valérie GOURANTON

Résumé

Dans le cadre de notre première année d'études au département Informatique de l'INSA de Rennes, nous avons réalisé un projet technique en équipe. Le sujet de notre projet est : « La réalité virtuelle au département informatique : application à la Théorie de la Relativité Restreinte ». Nous avons développé une application ludique en trois dimensions, à l'aide du moteur 3D Unity. Grâce à notre application, l'utilisateur peut se déplacer dans une modélisation 3D du département informatique, interagir avec les décors et se défendre à l'aide de plusieurs armes. Grâce à ces différentes interactions, l'utilisateur peut visualiser les différents effets de la Théorie de la Relativité Restreinte. Pour améliorer son immersion dans l'environnement virtuel, nous utilisons des périphériques de réalité virtuelle.

1 Introduction

L'apprentissage de la Théorie de la Relativité Restreinte¹ est difficile, car ses effets à la fois visuels et physiques contredisent certains comportements des objets auxquels nous sommes habitués. L'objectif de notre étude pratique était alors de mettre à profit l'immersion offerte par la réalité virtuelle pour faciliter l'apprentissage de la TRR en proposant un ressenti intuitif et animé en temps réel de ses effets. Ceci nous est rendu accessible par la salle de réalité virtuelle « μ RV » du département informatique de l'INSA de Rennes. Nous avons donc créé une application ludique exploitant la réalité virtuelle et implémentant une partie des effets de la TRR, qui prend place dans une modélisation du département Informatique de l'INSA de Rennes.

2 La réalité virtuelle

2.1 Qu'est-ce que la réalité virtuelle ?

Voici une définition technique extraite du *Traité de la réalité virtuelle* par Bruno ARNALDI et Pascal GUITON :

La réalité virtuelle est un domaine scientifique et technique exploitant l'informatique et des interfaces comportementales en vue de simuler dans

1. Dans la suite de ce rapport, « Théorie de la Relativité Restreinte » et « Réalité Virtuelle » seront respectivement abrégés TRR et RV

un monde virtuel le comportement d'entités 3D, qui sont en interaction en temps réel entre elles et avec un ou des utilisateurs en immersion pseudo-naturelle par l'intermédiaire de canaux sensori-moteurs.

Il s'agit donc de simuler un monde virtuel en trois dimensions à l'aide d'un ordinateur pour y plonger l'utilisateur. Il faut alors isoler l'utilisateur du monde réel pour qu'il puisse se concentrer sur le virtuel. Pour cela, les applications exploitant la RV se doivent de permettre des interactions naturelles et intuitives avec le monde virtuel.

2.2 La composante matérielle de la réalité virtuelle

Pour permettre ces interactions, plusieurs types de périphériques ont été développés.

Les périphériques qui permettent de visualiser le monde virtuel en trois dimensions, tout d'abord. Ces périphériques peuvent prendre la forme de casques ou de lunettes couplées à un écran compatible. Dans la salle μ RV, un kit Nvidia 3D Vision remplit ce rôle. Ce kit composé d'une paire de lunettes est associé à un écran et un vidéoprojecteur tous deux compatibles avec la technologie. Il permettent donc de recréer la sensation de profondeur.

Ensuite, les périphériques qui permettent d'interagir avec le monde virtuel. Ceux-ci peuvent prendre plusieurs formes :

- Des exosquelettes enveloppant la main pour détecter le moindre de ses mouvements,
- des marqueurs portés par l'utilisateur, dont la forme caractéristique est détectée par des caméras,
- des capteurs à base d'émetteurs et de caméras infrarouges qui ont l'avantage de détecter les mouvements de l'utilisateur tout en le libérant de tout équipement physique.

Pour notre réalisation, la salle μ RV est dotée de WiiMotes, les manettes développées par Nintendo pour sa console de salon Wii. Un Microsoft Kinect, qui est en fait un capteur de type infrarouge, est également à notre disposition en complément d'un joystick à retour de force.

2.3 La composante logicielle de la réalité virtuelle

Pour exploiter ces périphériques efficacement, plusieurs logiciels sont à notre disposition en salle μ RV :

- Ogre et OpenMask,
- Unity avec le plugin MiddleVR.

Ogre et Unity sont des moteurs de jeu alors que MiddleVR et OpenMask sont des composants additionnels qui leur ajoutent la gestion des périphériques de RV.

3 La Théorie de la Relativité Restreinte

Pendant des siècles, l'étude de la mécanique des corps a reposé sur les travaux d'Isaac Newton et ses fameuses trois lois du mouvement (le principe de l'inertie, le

principe fondamental de la dynamique, et le principe des actions réciproques). La Théorie de la Relativité Restreinte (TRR), développée en 1905 par Albert Einstein, a fait voler en éclats la supposée toute-puissance de la mécanique newtonienne en y intégrant de nouvelles prévisions lorsque la célérité de l'objet en mouvement se rapproche de la vitesse (indépassable) de la lumière.

3.1 Postulats et principes

La TRR repose sur deux postulats simples : les lois de la physique sont les mêmes quel que soit le référentiel, et la vitesse de la lumière est une constante absolue de l'univers. Partant de là, la différence fondamentale entre les deux théories repose sur la nature même de l'espace et du temps : absolus et distincts pour Newton et la mécanique classique ; relatifs et indissociables selon Einstein et sa théorie relativiste.

3.2 Conséquences et effets

Les effets de la TRR, bien qu'ils aient depuis longtemps été prouvés par l'expérience, n'en restent pas moins inconnus pour la majorité de la population : il faudrait en effet se déplacer à une vitesse proche de celle de la lumière pour les percevoir. Mais si cela était possible pour un observateur humain, quel ne serait pas son étonnement, car les effets de cette théorie vont à l'encontre de la logique de notre monde familier.

Par exemple, lorsque la vitesse d'un objet se rapproche de c (la vitesse de la lumière), la longueur de cet objet se contracte dans le sens du mouvement ; par un effet associé, le temps ralentit dans le référentiel de cet objet. Une expérience de pensée, imaginée par Paul Langevin, illustre bien cet effet surprenant : soient deux frères jumeaux, l'un restant sur terre et l'autre voyageant dans l'espace à une vitesse proche de c . Lorsque le jumeau ayant voyagé revient sur terre, il a bien moins vieilli que son frère resté sur notre planète car le temps s'est écoulé plus lentement dans son référentiel.

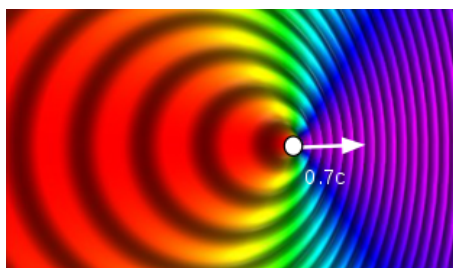


FIGURE 1 – L'effet doppler relativiste. A gauche du point, les fréquences dilatées, à droite les fréquences contractées

Un autre effet singulier repose sur une variante de l'effet Doppler (voir Figure 1) : la fréquence des ondes lumineuses se contracte en avant du mouvement, et se dilate à l'arrière, provoquant ainsi un décalage des couleurs de l'environnement. De manière un peu similaire, l'intensité d'une source lumineuse augmente en avant du mouvement et diminue en arrière de celui-ci.

Une dernière conséquence de la TRR, très perturbante pour un observateur non averti, entraîne la déformation des lignes droites à ses yeux (cet effet, contrairement

aux précédents, est uniquement visuel : les objets semblent se déformer aux yeux de l'observateur mais ne se déforment pas).

Mathématiquement, ces déformations (de longueurs, de durées, de fréquences, de masses...) découlent de la présence du facteur de Lorentz dans les équations relativistes : lorsque v se rapproche de c , ce facteur tend vers l'infini.

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Des effets très impressionnants, mais qui resteront impossibles à observer tant que la technologie humaine ne nous permettra pas de nous approcher significativement de la célérité de la lumière. La théorie de la relativité restreinte, vieille de plus d'un siècle, reste donc difficile à appréhender pour les néophytes ou les étudiants. Pour percevoir de manière la plus réaliste possible les conséquences de la TRR, la meilleure solution semble donc être la création d'une application ludique, qui aurait les caractéristiques suivantes : point de vue à la première personne, et qualité immersive rendue possible par l'implémentation d'un système de réalité virtuelle, qui permettra à l'utilisateur de ressentir les effets de la TRR "comme s'il y était".

4 Le cahier des charges

Nous avons établi ce cahier des charges durant le 1^{er} semestre. Voici les choix que nous avons faits, accompagnés d'une description de leur motivation.

Création d'une application ludique de type « Doom-like ». C'est à dire un jeu de tir à la première personne. L'avantage d'un tel type de jeu réside dans le fait qu'il est largement répandu. Ses mécanismes sont donc familières pour une grande partie de la population. De plus, il offre un point de vue sur le monde virtuel proche de celui que nous avons sur le monde réel, ce qui nous permet d'offrir l'intuitivité dont nous avons besoin.

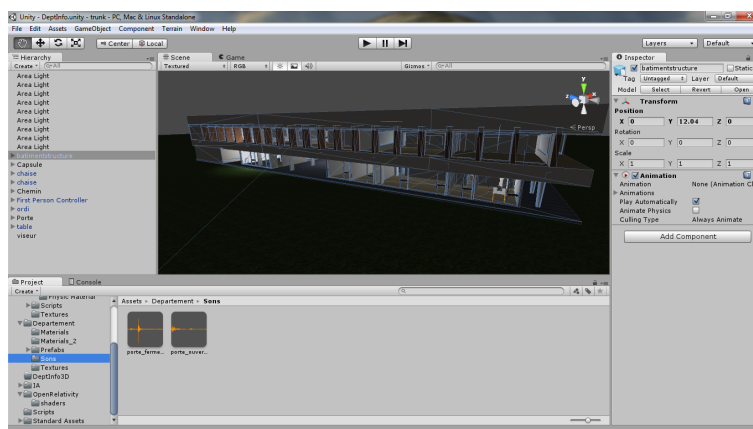


FIGURE 2 – L'interface d'Unity3D

Utilisation du moteur Unity3D pour propulser notre jeu. Notre choix quant à l'utilisation d'Unity3D tient principalement au fait que la salle de réalité virtuelle Immersia à l'IRISA est compatible avec les réalisations créées à partir d'Unity3D, moyennant quelques adaptations mineures. Mais Unity3D a aussi d'autres arguments pour lui : son interface intuitive (voir Figure 2) permet une prise en main rapide, ce qui ne l'empêche pas de proposer une API complète disponible à travers 3 langages différents.

Utilisation de la modélisation du département fournie. Une modélisation du département réalisée lors de travaux précédents a été mise à notre disposition. Elle nous a servi de base de départ à la mise au point de notre application.

Exploitation d'interactions adaptées. La TRR modifiant fortement la perception visuelle que nous avons du monde, il était crucial de choisir les éléments qui nous permettraient de démontrer efficacement ses effets. Il nous fallait pour cela des objets en mouvement les uns par rapport aux autres, car les effets de la TRR dépendent de la vitesse des objets.

Réutilisation du travail des étudiants de 4^{ème} année. Les effets de la TRR ont en fait été implémentés par les étudiants en 4^{ème} année au département Informatique travaillant eux-aussi sur la TRR et la RV. Notre application devra être conçue de façon à pouvoir intégrer facilement leur travail.

5 Réalisation pratique

5.1 Principe de notre application

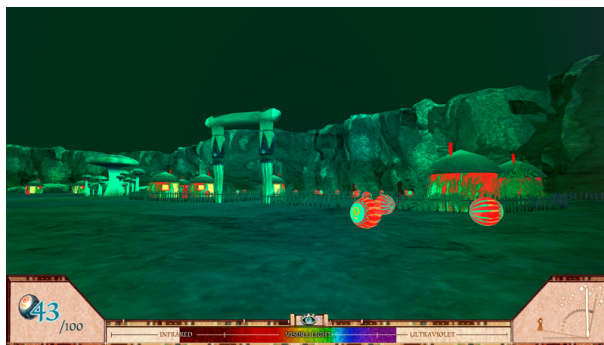


FIGURE 3 – Le jeu *A Slower Speed Of Light*

Nous avons conçu l'application de façon à ce que l'utilisateur puisse voir aisément les effets de la TRR au cours du jeu. Nous nous sommes inspirés du principe d'une application du MIT utilisant la TRR, *A Slower Speed Of Light*, qui propose un environnement 3D contenant des sphères (Figure 3), plus le joueur accumule des sphères plus il se rapproche de la vitesse de la lumière. Ce système permet de comparer les effets rencontrés à différents stades ($0.33c$, $0.5c$, $0.99c$) et permet de bien les comparer à l'environnement initial.

Nous avons constaté l'efficacité de cette mécanique, et l'avons donc réutilisée. Nous n'avons toutefois pas réutilisé directement *A Slower Speed Of Light* car le code complet du jeu n'est pas disponible à l'heure actuelle. De plus, créer notre propre application à partir de zéro nous a permis d'appréhender plus naturellement le fonctionnement d'Unity.

Au début du jeu, le joueur se déplace à une vitesse normale, comme dans un jeu de tir à la première personne classique, et doit éliminer des adversaires pour faire diminuer progressivement la vitesse de la lumière.

5.2 Celerity



FIGURE 4 – Capture d'écran de notre application, Celerity

Nous nous sommes occupés de toute la création de notre application (voir Figure 4), baptisée *Celerity*, en partant de la modélisation initiale du département qui nous a été fournie. Cette modélisation avait été réalisée en utilisant Blender, un logiciel libre de modélisation 3D de qualité. Nous avons nous aussi choisi Blender pour nos propres modélisations. Sa prise en main est assez complexe mais il offre une grande flexibilité. De plus, les modèles créés sous Blender peuvent directement être importés dans Unity (voir Figure 5). Une fois l'import terminé, Unity permet ensuite d'ajouter les modèles à la scène 3D par un simple glisser-déposer. Pour terminer, Unity nous a permis de modéliser les interactions entre ces objets grâce à son API qui permet, grâce à des scripts, de modifier en temps réel et sous certaines conditions les propriétés (position, masse, apparence...) des objets présents sur la scène.

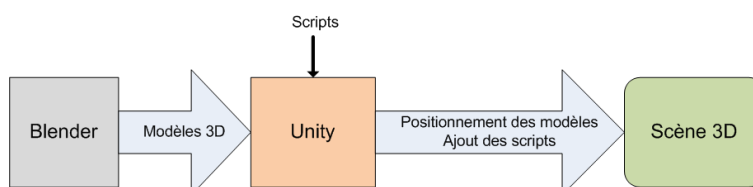


FIGURE 5 – L'utilisation de Blender et Unity

Nous avons également ajouté les effets de la TRR réalisés par les étudiants de 4^{ème} année. Pour implémenter ces effets, ils ont réalisé un ensemble de scripts et un

*shader*² qu'il nous suffit d'ajouter aux objets qui doivent être affectés par la TRR.

Pour mettre en valeur ces effets, il est possible d'attraper le mobilier (chaises et tables par exemple) et de le lancer. Pour provoquer des collisions, le joueur dispose d'une batte de baseball et d'un lanceur de balles rebondissantes (voir Figure 6). Nous avons choisi de faire rebondir les balles pour que le joueur ait largement le temps d'observer leur comportement.

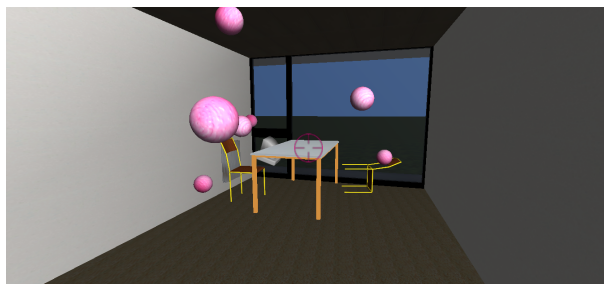


FIGURE 6 – Les balles rebondissantes interagissent avec le mobilier

L'utilisation de la réalité virtuelle est rendue possible par MiddleVR, un plugin qui permet d'interfacer plusieurs moteurs 3D (dont Unity3D) avec des périphériques de réalité virtuelle comme les WiiMotes ou le Microsoft Kinect par exemple. Aucun plugin n'est nécessaire pour exploiter l'affichage 3D car Unity est nativement compatible avec la technologie Nvidia 3D Vision qui nous est disponible. L'affichage en 3D est automatiquement activé dès lors qu'un périphérique compatible est détecté au lancement de l'application.

Nous avons choisi d'utiliser les WiiMotes comme périphériques de réalité virtuelle, car ce sont les périphériques les plus adaptés pour les jeux de type FPS³. Le plugin MiddleVR nous permet directement d'ajouter un composant dans Unity qui gère les déplacements du personnage à l'aide de la WiiMote, nous n'avons donc eu aucun mal à faire le lien entre les commandes reçues du périphérique de réalité virtuelle et les déplacements dans le monde virtuel.

5.3 Travail restant

Un premier point d'amélioration pourrait consister à améliorer la compatibilité de la modélisation du département avec les effets relativistes. En effet, avec sa structure actuelle, des distortions peuvent apparaître là où elles ne devraient pas.

Un autre point d'amélioration concerne la qualité du rendu visuel. En effet, le rendu actuel n'utilise aucun éclairage dynamique et les textures utilisées pourraient bénéficier d'une résolution plus élevée. Même si l'application permet déjà d'observer les effets de la TRR, un rendu graphique plus détaillé permettrait une meilleure immersion dans le monde virtuel. Toutefois, le shader relativiste devra être amélioré pour atteindre cet objectif puisqu'actuellement il n'est pas compatible avec les éclairages dynamiques ou la transparence des objets.

Une dernière piste concerne la gestion des interactions avec le monde virtuel. Les WiiMotes offrent une certaine liberté de mouvement, déjà bien loin d'un couple

2. Un shader est un programme exécuté par le processeur graphique qui permet de modifier les propriétés d'un objet au moment de son rendu.

3. First Person Shooter, jeu de tir à la première personne

clavier et souris, mais l'utilisation d'un capteur de type Kinect avec reconnaissance de mouvement offrirait des interactions plus intuitives.

6 Difficultés rencontrées

Cette étude pratique a été, pour nous tous, une mise en condition d'un projet informatique de type industriel, et un avant-goût de ce que nous aurons à réaliser dans un environnement professionnel. Ainsi, nous avons pu nous rendre compte des difficultés d'une telle réalisation, et apprendre de nos erreurs, afin de pouvoir mettre à profit notre expérience acquise lors de ce projet.

Planning. Nous avons réalisé au début de l'année un planning afin de déterminer les objectifs à atteindre pour des dates précises de l'année. Il n'a pas été évident de bien évaluer les charges de travail en fonction des échéances à respecter. Nous avons néanmoins réussi, à force, à doser plus efficacement les tâches à réaliser, et donc de fixer des dates butoirs plus réalistes.

Prise en main des outils de développement. Des outils préexistants à notre projet nous ont permis de ne pas repartir de zéro pour implémenter notre jeu, ce qui aurait été extrêmement difficile et fastidieux. Néanmoins, il nous a fallu prendre en main ces outils, que nous n'avions, pour la majorité d'entre nous, jamais utilisés.

Répartition des tâches. Notre groupe de travail étant composé de quatre personnes, nous avons dû nous répartir le travail à effectuer, en trouvant le juste milieu entre la découverte de chacune des différentes composantes techniques du projet (Unity, Blender, MiddleVR, ...) et l'avancement en fonction du planning établi.

Travail en parallèle des quatrième année. L'objectif de notre projet étant une visualisation des effets de la TRR dans notre jeu, il n'a pas été évident de gérer le fait que les quatrième année développent en parallèle les scripts permettant d'implémenter ces effets, et surtout de ne pouvoir tester ceux-ci qu'à la fin de notre réalisation. Mais leur greffe dans notre projet s'est bien déroulée et ils fonctionnent sans problème.

7 Conclusion

Mêlant physique théorique (TRR) et technologie émergente (réalité virtuelle), cette étude pratique nous a permis de sortir du cadre du développement d'un programme plus "classique".

Nous avons ainsi réalisé une application ludique permettant de visualiser les effets d'un phénomène physique difficiles à se représenter sans support adéquat. Nous avons également pu développer des compétences sur des outils de développement d'environnements 3D (Unity), de modélisation 3D (Blender), d'interfaçage 3D/réalité virtuelle (MiddleVR). Ces outils sont très répandus dans l'industrie, et nous devrons certainement les maîtriser plus tard si nous choisissons une orientation professionnelle dans le jeu vidéo ou la réalité virtuelle. Cette étude pratique aura donc été l'occasion de sortir du cadre scolaire et de faire un premier pas vers certains aspects de notre avenir professionnel.