

---

# Rapport de projet - Dawn of Gates

---

0\_Dev Team

LARIAU Steven (lariau\_s)

BRENET Timothée (brenet\_t)

LAFARGUE Victor (lafarg\_b)



Epita S2 - 14/06/15

# Remerciements

De nombreuses personnes nous ont apportés de l'aide dans la la réalisation de notre projet. Sans la communauté du forum d'unity [14] pour le jeu et de stack overflow [11] pour le C Sharp en général et le site nous n'aurions pu faire face à tous les problèmes rencontrés lors du développement.

Nous tenons aussi à remercier HTML5Up [8], le site web sur lequel nous avons été chercher le template CSS pour notre site web.

# Introduction

A l'origine, il a été choisi unanimement que nous développerions un jeu-vidéo. Inspirés du fameux jeu Portal [15], il nous est venu l'idée de créer un concept de jeu innovant autour des portes de téléportation mais sur un concept fondamentalement différent à celui de Portal bien sûr. D'où le nom Dawn Of Gates.

L'un de nous disposant du casque de réalité virtuelle Oculus Rift [16], nous avons choisi de nous lancer dans la création d'un jeu en réalité virtuelle. Nous avons fait ce choix pour apporter une touche d'originalité au jeu mais aussi pour donner au joueur une réelle sensation d'immersion au sein de notre jeu. Notre choix est aussi dû au fait que le casque Oculus Rift est un bijou de technologie qui permet une immersion totale dans le jeu. Il présente l'avantage de profiter d'une vue à la première personne à trois-cent-soixante degrés. C'est-à-dire que nous percevons l'environnement qui nous entoure sous tous les angles avec une impression 3D saisissante. Nous aimons les perspectives d'un tel outil et c'est pourquoi nous tenions à travailler dessus.

Nous avons ensuite élaboré les premières bases de notre jeu. Le personnage principal, celui du joueur est un ninja. Il a la capacité de lancer des shuriken sur les murs. Ces shurikens une fois arrivés sur le mur se transforment en porte de téléportation. Les portes de téléportation remplissent un rôle majeur dans le jeu. Le joueur a aussi la possibilité de ralentir le temps dans certaines occasions en appuyant sur une touche. Ces deux éléments forment le concept principal sur lequel est basé le gameplay du jeu.

Le but était de réaliser un projet qui nous tenais à cœur : la réalisation d'un véritable jeu-vidéo. C'est d'ailleurs cette motivation qui nous a permis de réussir. Outre la réalisation en elle-même, l'intérêt du projet est aussi de développer nos compétences techniques qui nous permettrons plus tard d'exercer notre futur métier. Enfin ce projet a aussi pour but d'exercer notre capacité à travailler en équipe pour plus tard mener à bien de réels projets avec enjeux financiers et contraintes horaires dans le monde du travail.

Notre organisation était au début construite pour fonctionner avec quatre personnes mais suite au départ d'Ildris, nous avons dû changer notre organisation. Les réalisations graphiques tels que les modélisations, les poses de textures et les animations, la réalisation de l'interface et quelques scripts ont été fait par Victor. L'intelligence artificielle des ennemis, l'adaptation à l'oculus et plusieurs autres scripts ont été réalisé par Timothée. Le capacité de slow motion, les portes de téléportation, l'ascenseur, le site web et plusieurs autres scripts ont été faits par Steven.

Dans un premier temps, nous ferons la présentation générale de notre jeu en rappelant les principaux éléments constitutifs du gameplay. Nous présenterons ensuite les différents membres de l'équipe et l'organisation générale du projet. Puis nous détaillerons tout ce qui est relatif au personnage principal, celui que le joueur contrôle. Dans la quatrième partie, nous expliquerons le fonctionnement des niveaux. Nous présenterons ensuite les différents niveaux. Après cela, nous parlerons du mode multijoueur qui est la principale innovation de la troisième soutenance. Le site web sera ensuite présenté. Enfin nous ferons chacun nos conclusions personnelles.

# Sommaire

<b>1</b>	<b>Présentation du projet</b>	<b>6</b>
1.1	Un jeu en réalité virtuelle . . . . .	6
1.2	L'histoire . . . . .	7
1.3	Gameplay . . . . .	7
<b>2</b>	<b>L'équipe de développement</b>	<b>9</b>
2.1	Modifications du groupe . . . . .	9
2.2	Présentation des membres . . . . .	9
2.3	Organisation . . . . .	13
2.4	Plannings de répartition des tâches . . . . .	13
<b>3</b>	<b>Capacités du personnage principal</b>	<b>15</b>
3.1	Déplacements . . . . .	15
3.2	Les caméras . . . . .	15
3.3	Le lancer de shurikens . . . . .	16
3.4	Les portails . . . . .	16
3.5	Le slow motion . . . . .	20
3.6	La vie . . . . .	21
3.7	La barre d'énergie . . . . .	22
<b>4</b>	<b>Fonctionnement des niveaux</b>	<b>23</b>
4.1	L'audio . . . . .	23
4.2	Les animations . . . . .	24
4.3	Transition entre les différents niveaux . . . . .	25
4.4	Sauvegarde des scores . . . . .	25
<b>5</b>	<b>Les différents niveaux</b>	<b>26</b>
5.1	Le premier niveau . . . . .	26
5.2	Le second niveau . . . . .	27
5.3	Le niveau final . . . . .	27
5.4	Le niveau multijoueur . . . . .	32

<b>6</b>	<b>L'intelligence artificielle</b>	<b>33</b>
6.1	Les ennemis statiques . . . . .	34
6.2	Les ennemis mobiles . . . . .	35
6.3	Le boss final . . . . .	37
<b>7</b>	<b>Le mode multijoueur</b>	<b>37</b>
<b>8</b>	<b>L'interface</b>	<b>38</b>
8.1	Le Menu principal . . . . .	38
8.2	Le Menu pause . . . . .	39
8.3	Le Menu multijoueur . . . . .	39
<b>9</b>	<b>Le Site Web</b>	<b>41</b>
9.1	Buts . . . . .	41
9.2	Base du site . . . . .	41
9.3	Les différentes pages . . . . .	42
9.4	Les scores . . . . .	43
9.5	La partie membre . . . . .	44
9.6	Implémentation du multijoueur côté serveur . . . . .	45
9.7	Rendu final . . . . .	45
<b>10</b>	<b>Conclusions Personnelles</b>	<b>47</b>
10.1	Steven Lariau . . . . .	47
10.2	Timothée Brenet . . . . .	50
10.3	Victor Lafargue . . . . .	52

# 1 Présentation du projet

## 1.1 Un jeu en réalité virtuelle

Dawn of Gates est un jeu en réalité virtuelle, cela signifie que le joueur ne se contente pas seulement de jouer devant son écran, il est réellement émergé dans le jeu. Il met un casque sur sa tête, possédant deux écran, un pour chaque oeil, ayant pour but de faire croire au joueur que celui-ci est réellement dans le jeu.

Il existe plusieurs modèles de casques de réalité virtuelle, mais nous avons choisi Oculus Rift, car celui-ci est l'un des pionniers dans la réalisation d'un casque de jeu en réalité virtuelle pour grand public. Bien qu'il ne soit pas encore sortie en version définitive, la version développement est déjà assez stable, et de plus une assez grande communauté est présente sur Internet pour nous aider en cas de problèmes.

L'Oculus Rift n'est pas une console de jeu, à lui tout seul il ne permet pas de jouer à des jeux en réalité augmentée. C'est un accessoire, il se branche à un ordinateur afin de pouvoir fonctionner. Afin de développer des jeux Oculus, les créateurs ont mis à notre disposition, gratuitement, un SDK, permettant de réaliser des applications pc ou mobiles. Le site web propose en plus des versions de ce SDK s'intégrant aux moteurs de jeu Unreal Engine [3] et Unity. C'est ce dernier que nous avons choisi, afin de pouvoir réaliser notre jeu en réalité virtuelle sur Unity. Nous avons choisi cette plateforme afin de ne pas se contenter d'un jeu 3D banal. Le développement d'un jeu 3D Oculus demande certes plus de travail, et se révèle plus difficile, mais au final nous sommes bénéficiaires, car les difficultés rencontrés nous forment et nous rendent meilleurs.

## 1.2 L'histoire

Le synopsis de notre histoire commence par le personnage principal qui se ballade avec sa petite amie. Elle se fait alors voler son collier par un méchant. Notre personnage, qui se révèle être un ninja, poursuit alors le renégat afin de récupérer le collier. Il arrive alors dans un étrange bâtiment, où il se découvre des capacités spéciales. Il devra alors les utiliser afin de combattre les différents ennemis et passer les obstacles qu'il rencontrera au fil des niveaux, jusqu'à atteindre le dernier niveau, afin de combattre le boss final, le voleur, afin d'espérer pouvoir récupérer le collier.

Allant de salles en salles, il doit déjouer les pièges et résoudre les énigmes d'un étrange bâtiment, tout en affrontant des hordes d'ennemies déchaînées. Pour venir à bout de sa quête il peut compter sur ses shurikens, qui peuvent aussi bien tuer que ouvrir des portails. Ils lui permettent de se déplacer plus vite mais aussi d'affronter les nombreux dangers jalonnant sa route. Il est aussi capable de ralentir le temps afin d'esquiver tout types de projectiles.

## 1.3 Gameplay

### 1.3.1 Le personnage

Le ninja possède de nombreuses facultés, il peut notamment lancer des shurikens. Il peut ainsi combattre ses ennemis. Mais les shurikens ont aussi une autre utilité. Lorsque ceux-ci touchent un mur, ils ouvrent un « portail », c'est à dire une porte qui mène vers un autre portail ouvert précédemment. Le ninja peut alors se téléporter, et utiliser cette capacité afin de venir à bout des différentes énigmes du jeu.

Il a aussi une capacité de « slow motion », c'est à dire qu'il peut ralentir le temps, pendant une durée limitée. Cette faculté, utilisée à bon escient, aide aussi notre héros à venir à bout de tous les dangers présents sur sa route.



### 1.3.2 Environnement

Cette partie détermine la beauté de notre rendu visuel. Nous avons choisis d'élaborer nos développements sur style graphique de dessin animés. Nous sommes partis sur cette idée pour tous les avantages que cela apporte, que ce soit en terme de netteté de graphismes mais aussi améliorer l'affichage des modèles 3D en particulier les personnages.

Contrairement au courant actuel qui plébiscite les mondes dits « Open World » (jeux à monde ouvert), nous avons choisis de faire preuve d'originalité en revenant sur quelque chose de plus classique, c'est-à-dire des environnements clos, des pièces. Elles s'agenceront de sorte que leur parcours fera avancer la progression de l'histoire. On peut les comparer à des niveaux.

Le but de ces pièces est de pouvoir exploiter au maximum le potentiel de gameplay qu'offrent les portails, ce qui ne serait évidemment pas possible dans un monde ouvert. Les portails étant la base du gameplay, nous ne pouvions nous permettre de les mettre de côté, notre but étant de d'exploiter au maximum le gameplay du jeu. Nous nous sommes aussi efforcé de garder une identité visuelle ainsi qu'un cachet propre à Dawn Of Gates.

Le héros se déplace ainsi de niveaux à niveaux. Le jeu se situe en lieu clos, le personnage reste dans le bâtiment et parcourt les salles une à une. Ces salles ont un style graphique mélangeant à la fois un style asiatique. Une musique asiatique accompagne aussi le personnage tout au long de ses péripéties, afin d'améliorer l'ambiance de jeu.

### 1.3.3 Les ennemis

Notre ninja rencontre plusieurs types d'ennemis. Tous d'abord il y a des tourelles, elles sont fixes, et peuvent uniquement tirer des flèches blessant le joueur. Certaines visent le joueur, d'autres peuvent uniquement tirer en ligne droite. En plus, il existe aussi des ennemis mobiles, ils effectuent des patrouilles dans les différents niveaux, et lorsqu'ils détectent le joueur, ils lui courent après et l'attaquent avec une épée.

### 1.3.4 Le boss final

Le boss final est différent des autres ennemis. Il est bien plus difficile à tuer, et possède une intelligence artificielle dédiée. Il est impossible à vaincre sans une technique spéciale.

## 2 L'équipe de développement

### 2.1 Modifications du groupe

Au départ il y avait un quatrième membre dans notre équipe, Idris Sequeira, mais il a décidé d'arrêter Epita une fois la première année terminée, et ne s'impliquait plus du tout dans le projet. Nous avons donc décidé de l'exclure du groupe.

### 2.2 Présentation des membres

#### 2.2.1 Steven Lariau

Depuis déjà de nombreuses années je suis passionné par la programmation. Avant de rentrer à Epita, je connaissais déjà quelques langages, notamment dans le domaine du développement de sites internet, où j'ai déjà fait du HTML, du CSS, du Javascript, du PHP, et du SQL. Ces connaissances sont très utiles pour la réalisation du site web de notre projet.

J'avais aussi déjà un peu quelques connaissances en C, C++, Python et Java. Ce dernier ressemble au C Sharp, en effet, ce sont tous les deux des langages haut niveau, c'est à dire proche du langage humain, et fortement orienté objet. Même si leur nom sont similaires, ils n'ont rien à voir avec le C et le C++, qui sont bien plus bas niveau, donc plus proche du langage machine, et de ce fait plus difficile. De plus ces deux langages offre la possibilité de programmer un procédural, ce qui est impossible en C Sharp.

Ansi mes connaissances en Java me sont fortement utiles pour la programmation de notre jeu.

Depuis que je suis à l'Epita, j'ai certes appris le Caml et le C Sharp, mais l'école m'a donné envie d'aller voir des langages de plus en plus proches de la machine, notamment l'assembleur. Je me suis aussi intéressé à comment étaient conçues des algorithmes pour la 2D, la gestion de rotations, de collisions, de l'intelligence artificielle, du rendu, du framerate.

De plus les moteurs de jeu 3D me semblent être des programmes très intéressants, possédant des algorithmes très poussés, pour l'animation, la fluidité, la physique, les textures. Les jeux demandent de plus en plus de ressources, et le code doit être très optimisé et le plus proche possible du fonctionnement de la machine afin de fournir une expérience de jeu fluide.

C'est dans cette optique que je me suis lancé dans le projet, de plus, notre jeu étant fait sur Oculus, cela me permettait de découvrir la réalité virtuelle, un autre domaine du jeu vidéo possédant lui aussi des algorithmes très complexes. De plus ce projet permet aussi de m'améliorer pour le travail en équipe. En effet, je suis un expert dans l'art de « commencer des projets colossaux, d'y passer des journées entières dessus en partant dans tous les sens puis d'arrêter complètement ». Notre jeu peut ainsi m'apprendre à mener un véritable projet à son terme, à travailler en équipe, et à faire face aux différents problèmes sans se décourager.

### **2.2.2 Timothée Brenet**

Je m'appelle Timothée Brenet, j'ai dix-huit ans. Je suis un passionné d'informatique, cette passion m'est venue grâce à un ami qui était lui-même une passionnée d'informatique, j'ai donc commencé à m'intéresser à l'informatique en classe de troisième. J'ai d'abord commencé par réaliser les tutoriels présents sur le site du zéro [5]. J'ai pu y apprendre le langage C, l'apprentissage de ce langage m'a intéressé car il m'a fait découvrir le monde de la programmation. Ce que j'ai surtout apprécié dans la programmation c'est la façon de penser, on décompose le problème en différentes étapes puis on les transcrit pour le langage machine.

De plus lorsque le programme de marche pas on ne peut s'en prendre qu'à soit même car la machine ne fait qu'exécuter ce qu'on lui a ordonné. De plus l'informatique nous permet de laisser libre cours à notre imagination il n'y a pas réellement de limite, si l'on trouve le moyen de coder ce qu'on recherche alors on pourra le faire fonctionner.

Bien sûr c'est en pratiquant que l'on apprend le plus en informatique, j'ai commencé par des petits projets personnels tel que des programmes de calcul mathématique puis plus vers des petits jeux du type pendu ou un jeu de plateforme. Puis je me suis tourné vers la réalisation de projets d'équipe car ils permettent de faire des programmes plus complexes, étant plus nombreux à travailler dessus, ces expériences ont été vraiment enrichissantes, j'ai pu y découvrir le travail en groupe. Nous devions échanger souvent sur notre avancée et les problèmes rencontrés.

Au cours de ces dernières années j'ai parcouru différents langages de programmation pour voir leur différences comme le HTML ou PHP qui sont des langages web mais aussi des langage plus typique comme leJava, Ruby ou le Python. J'ai surtout apprécier le java avec lesquels je travaille le plus.

Grâce à ces différentes expériences dans le monde de l'informatique et d'un stage de première, réaliser dans une entreprise d'informatique, j'ai pu conforté mon choix de choisir une école d'informatique après mon bac. J'espère que Epita va me permette de grandement progresser car le monde de l'informatique est très vaste. Je pense que cet apprentissage passe déjà par ce projet de sup qui nous permet de vivre une expérience de travail de groupe plus poussé que ce que j'ai pu déjà vivre.

### 2.2.3 Victor Lafargue

J'ai toujours été fasciné par la technologie, l'électronique et l'informatique. Ce sont les domaines d'expertises d'Epita et c'est pourquoi j'ai choisi cette école. J'ai déjà un peu d'expérience en informatique surtout en C Sharp et en Python puisque mon projet en groupe d'ISN portait sur le développement d'un tower defense en python. J'ai aussi déjà essayé de créer le début d'un jeu-vidéo avec OpenGL ce qui pourra peut-être aider. Ce projet informatique en équipe et sur le long terme est une superbe occasion d'avoir un avant-gout de ce qu'est le développement informatique. Il me permettra, j'en suis sûr d'énormément apprendre et progresser, ainsi que de démontrer ma détermination à réussir un projet de grande envergure comme celui-là.

Notre idée d'utiliser la réalité virtuelle me semble judicieuse car elle nous permet de nous démarquer des autres projets mais nous permet aussi d'apporter une nouvelle approche de jeu qui nous permettra de créer un jeu basé sur des idées innovantes spécialement conçues pour s'adapter au support visuel qu'est l'Oculus Rift. Je suis personnellement impatient de voir comment nous pourrons faire en sorte de nous adapter et adapter notre jeu au mieux à ce nouveau type d'affichage.

Ce projet me permettra de développer mes compétences techniques en C Sharp mais aussi pour faire un jeu-vidéo avec un éditeur et moteur de jeu comme Unity. J'espère vraiment maîtriser ce logiciel à la fin de l'année. Lors de ce projet nous devrons aussi apprendre à nous organiser et à gérer la progression d'un projet d'une tel envergure en préparant à l'avance la structure générale du jeu et les rôles de chacun dans sa réalisation.

C'est aussi une formidable occasion de travailler dans un projet de groupe ou chacun amène et partage ses idées et son savoir-faire. Cela me permettra aussi de me confronter à des contraintes horaires et dates limites telles que l'on peut les trouver dans le monde du travail.

Ainsi nous apprendrons à travailler efficacement en ce coordonnant de manière intelligente et en prenant en compte les motivations et les compétences particulières de chacun. Je pense que ce type d'apprentissage est très important dans la vie professionnelle.

## 2.3 Organisation

Pour travailler en groupe, nous utilisons tout d'abord Github. Cette plateforme de versionning nous permettait ainsi de pouvoir partager et travailler à plusieurs sur le projet sans problème.

Nous utilisons aussi Skype afin de communiquer, de prendre des décisions sur le projet, de demander son avis à d'autres personnes du groupe, etc. Pour les trois soutenances nous nous sommes plus ou moins organisées de la même façon. La première étape était de se répartir les tâches, de décider qui allait faire quoi. Ensuite, nous réalisons chacun nos tâches respectives, avant de se réunir et de mettre notre en commun pour régler les incohérences et les différents bugs.

## 2.4 Plannings de répartition des tâches

### 2.4.1 Première période

	Timothée	Steven	Victor	Total
Code (Base)	20	20	20	60
Graphismes	0	0	40	40
Animations	10	0	30	40
Niveaux	6	6	8	20
IA	15	20	15	40
Audio	0	0	0	0
Site web	0	50	0	50
Réseau	0	0	0	0

Illustration 1 – Tableau de répartition des tâches pour la première soutenance

### 2.4.2 Deuxième période

	Timothée	Steven	Victor	Total
Code (Base)	30	25	25	80
Graphismes	0	0	60	60
Animations	20	0	40	60
Niveaux	25	25	5	55
IA	25	30	15	70
Audio	25	0	0	25
Site web	0	60	0	60
Réseau	0	10	10	20

Illustration 2 – Tableau de répartition des tâches pour la seconde soutenance

### 2.4.3 Troisième période

	Timothée	Steven	Victor	Total
Code (Base)	40	30	30	100
Graphismes	0	0	100	100
Animations	20	0	80	100
Niveaux	35	35	30	100
IA	45	35	20	100
Audio	33	34	33	100
Site web	10	90	0	100
Réseau	0	50	50	100

Illustration 3 – Tableaux de répartition des tâches pour la troisième soutenance

## 3 Capacités du personnage principal

### 3.1 Déplacements

Nous devons réaliser un script permettant le déplacement du personnage avec 4 touches (z,q,s,d). Ce script constitue la base minimale de tout jeu /FPS, il permet d'avancer dans la même direction que celle où la caméra et la tête du personnage pointe. Les touches sont paramétrables et la vitesse de déplacement l'est aussi.

C'est un script assez simple mais qui nécessite tout de même des calculs de différents vecteurs. Le calcul doit notamment faire en sorte que le personnage ne s'envole pas lorsque la caméra pointe en hauteur ou ne s'enfonce pas dans le sol lorsque celle-ci pointe vers la bas.

### 3.2 Les caméras

La gestion des caméras est un élément très important dans la création de tout jeu-vidéo. Les caméra doivent suivre les déplacement du personnage. Pour cela un script a été nécessaire, il modifie la position du personnage et de ses caméras à chacun de ses déplacements. Notre jeu nécessite plusieurs caméras 3D pour rendre une image à chacune des lunette de l'oculus et ainsi obtenir l'effet 3D tant désiré. Dans la première phase de développement nous nous servions de la souris pour permettre le développement du jeu sans avoir besoin de l'oculus qui peut s'avérer contraignant pour faire des tests (nous n'en avons qu'un). Pour cela un script était nécessaire pour bouger la vue avec la souris à la manière d'un FPS. Ce script fut ensuite remplacé par le script de l'oculus qui intègre les mouvements de la tête de l'utilisateur pour faire tourner la caméra dans le jeu.

Une autre innovation sera la réalisation des mouvements de la caméra du « maître des lieux » dans le mode multijoueur de notre jeu. Celui-ci se déplacera en haut de la salle. Il aura une vue aérienne du lieu et pourra observer les actions du joueur ninja au sol.



### 3.3 Le lancer de shurikens

Les shurikens étant un des élément principal de notre jeu, le joueur doit pouvoir lancer des shurikens. Comme il est important que le joueur puisse différencier si il lance un shuriken pour les portails gauche ou droit, nous avons décidé que s'il utilisait le clic gauche cela lancerait un shuriken pour le portail gauche et inversement pour le droit.

Pour viser, le joueur doit utiliser le casque oculus, c'est à dire que le shuriken vas aller dans la direction où vise le joueur avec sa tête ou le centre de la vision de l'oculus. Pour cela nous avons défini un vecteur qui part de la main du modèle du ninja et qui pointe vers le centre des caméras oculus. Ainsi le vecteur pointera toujours vers le centre de l'oculus où vise le joueur.

Ensuite le shuriken dispose d'une vitesse propre, il avance donc vers l'avant selon le vecteur comme nous l'avons expliqué. S'il rencontre un mur alors il ouvre un portail, s'il touche un ennemi il lui inflige des dégâts et s'il sort de la carte que nous avons réalisé il est automatiquement détruit.

### 3.4 Les portails

Les différents composants du jeu en lien avec les portails ont été réalisés par Steven Lariau.

L'utilisation de portails est l'une des fonctionnalités les plus importantes du jeu, mais aussi l'une des plus complexes à réaliser. J'ai fait de nombreuses tentatives et de nombreux échecs avant d'arriver à une solution fonctionnelle et viable. Cette partie du développement, fut, pour ma part, l'une des plus difficiles à réaliser, j'y ai passé beaucoup de temps, mais je ne me suis jamais découragé, et j'ai finalement eu, un résultat, qui n'était certes pas parfait, mais du moins à la hauteur de nos espérances.

Les portails permettent à notre personnage de se déplacer plus rapidement, et de franchir des obstacles qui ne pourraient pas l'être en se déplaçant normalement. Le ninja possède deux portails, qu'il peut ouvrir sur n'importe qu'elle surface.

Lorsque deux portails sont placés, le personnage, peut alors se déplacer du premier portail au second, et inversement, en rentrant dans l'un des portails.

### 3.4.1 Ouverture et placement

Un portail est sensé s'ouvrir lorsqu'un shuriken lancé par le ninja touche un mur. De plus, si il n'y a qu'un seul portail placé, celui-ci reste fermé. Ce n'est que lorsque les deux portails sont placés qu'ils s'ouvrent. Le clic de la souris détermine quel portail est lancé. Le clic gauche correspond à un portail gauche, et le clic droit à un portail droit.

Pour cela, lorsque le shuriken est lancé, un raycast est réalisé afin de savoir quel objet le shuriken va rencontrer. Le script de placement ne commencera que si la cible est un mur. Pour détecter si c'est un mur ou non, j'ai mis un tag nommé "room" sur toute la pièce. Je n'ai plus qu'à vérifier si le tag de l'objet trouvé par le raycast est bien « room ». Si c'est le cas, je calcule la distance entre le shuriken et le mur, et lorsque le shuriken a parcouru cette distance, le portail est placé à l'endroit où se trouve le shuriken, et le shuriken est détruit.

Le raycast me donne aussi le vecteur de la face touchée. J'utilise ce vecteur afin que le portail soit bien posée à plat, quelle que soit la face du mur, du sol ou du plafond.

Ensuite viens le problème d'ouverture des portails. Les portails ne sont ouverts uniquement que si les deux portails sont placés.

Par défaut, lorsqu'un portail est placé, celui-ci est fermé. Si l'autre portail est ouvert, alors cela signifie que les deux portails sont placés, et l'animation du portail est lancée. Si le portail est placé mais fermé, cela signifie que c'est la première que les deux portails sont placés, et dans ce cas l'animation d'ouverture est activée sur les deux portails. Enfin, si l'autre portail n'a pas encore été lancé, alors celui-ci reste fermée.

### 3.4.2 L'effet portal

L'effet portal, c'est que lorsque le joueur regarde un portail, il voit à travers celui-ci, ce qu'il y a en face de l'autre portail. Cela donne un effet de téléportation bien plus réaliste et impressionnant. Pour réussir cela, j'ai beaucoup réfléchi, fait de nombreuses tentatives, regardés sur les forums, des vidéos.

Ma première idée était tout d'abord de réussir à faire un simple miroir. J'espérais ensuite pouvoir l'adapter aux portails, le premier portail serait un miroir du second, et inversement. J'ai trouvé sur internet [10] un tutoriel expliquant comment faire un miroir avec un script et un shader, mais celui-ci était très complexe, et je n'ai pas réussi à bien le comprendre pour pouvoir l'adapter à mon problème.

Finalement, en cherchant sur les forums, j'ai trouvé une solution beaucoup plus simple : les texture renderer. Ils permettent de sauvegarder tout ce qu'enregistre une caméra. Je n'ai alors plus qu'à placer une caméra sur chaque portail. Le portail de gauche à un matériel possédant la texture renderer sauvegardé par la caméra du portail de droite, et inversement. Ainsi j'obtiens l'effet désiré.

Les textures renderer ont une certaine résolution, plus celle-ci est élevée, plus l'image sera de meilleure qualité, mais le jeu demandera alors plus de ressources. J'ai donc du faire un compromis entre qualité et performance, mais les portails restent tout de même réalistes.

Bien que le résultat final est très simple et court à implémenter, il m'a fallu beaucoup de temps de recherches et de réflexions, ainsi que de faux pas, avant d'arriver à cette solution. Dans cette situation, mes connaissances en programmation ne m'ont pas réellement servi, c'est surtout la recherche et la connaissance des fonctionnalités d'Unity qui a fait la différence.

### 3.4.3 La téléportation

La téléportation décuple les possibilités de déplacement du personnage. Elle permet d'ajouter un gameplay intéressant pour les différents niveaux du jeu. Le principe de la téléportation est que lorsque le joueur rentre dans un portail, il ressort par un autre portail. La aussi j'ai pas mal réfléchi avant d'arriver à l'implémentation finale. Tout d'abord, j'ai pensé à dédoubler le personnage lorsqu'il commençait à rentrer dans un portail. Son double étant en train de sortir de l'autre portail. Mais cette solution était bien trop compliquée à implémenter et aurait complexifié tous les autres scripts du personnage.

Finalement j'ai opté pour une solution plus simple, lorsque le ninja rentre dans le portail, il ressort immédiatement par l'autre portail, avec l'orientation adéquate. Pour cela, chaque portail possède un box collider. Lorsque le ninja rentre en collision avec le box collider d'un portail, il est téléporté à la même position et la même rotation que l'autre portail. Malheureusement, cela ne fonctionnait pas, car une fois le ninja téléporté, il déclenchait alors le box collider de l'autre portail, et se téléportait de nouveau, et ceci indéfiniment. Pour régler le problème, le personnage avance automatiquement tout droit afin de sortir du collider.

L'implémentation de la téléportation fut assez laborieuse, de nombreux essais furent réalisés avant d'arriver à ce résultat, notamment au niveau de l'orientation et de la position du personnage, afin d'éviter que le personnage sorte dans le sens opposé par exemple, et d'éviter les cas de téléportation infini. Néanmoins certains cas subsistent, comme le placement d'un portail au sol, ainsi qu'un autre au plafond, juste au-dessus du premier, mais le joueur peut toujours s'en sortir en se déplaçant pendant la chute.

### 3.5 Le slow motion

L'implémentation du slow motion fut réalisé par Steven Lariau. Le slow motion, c'est la capacité du ninja à ralentir le temps. Lorsque cela se produit, la vitesse de tous les objets et de tous les ennemis est considérablement diminuée. Seule la vitesse du joueur reste la même.

Pour cela j'utilise une variable de "temps", un nombre flottant, qui par défaut est à un. Tous les objets influencés par le slow motion ont leur vitesse multiplié par ce nombre. Lorsque le slow motion est activé, la valeur de cette variable change. Pour ralentir le temps par  $n$ , il suffit de mettre la variable à  $1/n$ . Ainsi, la vitesse de tous les objets affectés par le slow motion est divisée par  $n$ . Une fois le slow motion désactivée, la variable revient à un.

L'implémentation du slow motion en elle-même a été assez courte, mais avant cela, il a fallu se concerter, afin de savoir s'il fallait limiter l'utilisation du slow motion ou pas. De plus, le choix du taux de ralentissement a aussi un impact important sur notre jeu. Un taux trop faible l'aurait rendu peu utile, alors qu'un taux trop élevé aurait rendu le jeu ennuyeux. J'ai donc essayé de nombreuses fois le slow motion, avec des taux différents, afin de choisir celui qui me paraissait le plus approprié.

Pour activer et désactiver le slow motion, il suffit d'appuyer sur la touche espace. Afin d'ajouter du gameplay, nous avons préféré limiter l'utilisation du slow motion. Le ninja a une certaine quantités d'énergie, qui diminue lorsque le slow motion est activé, et qui augmente lorsque le slow motion est désactivé. L'activation du slow motion si le personnage n'a plus d'énergie. Cela permet au joueur d'éviter certains ennemis ou projectiles en activant le slow motion, et grâce à la limite d'utilisation, il ne peut pas l'utiliser en permanence, et doit donc s'en servir à bon escient.

## 3.6 La vie

Le joueur possède une certaine quantités de vie, qui diminue lorsqu'un ennemi l'attaque. Il meurt lorsqu'il n'a plus de vie.

### 3.6.1 La barre de vie

Le design ainsi que la réalisation de la barre de vie a été effectuée par Victor Lafargue.

Mon travail en plus de la réalisation de ces multiples personnages, objets et niveaux était de réaliser une barre de vie en haut à gauche de l'écran.

J'ai donc réalisé un script en C Sharp pour permettre l'affichage de deux surfaces 2D. L'une pour définir le cadre contenant de la barre de vie en noir et l'autre pour représenter la barre de vie elle-même cette fois-ci en couleur. Ces deux surfaces 2D furent finalement remplacée par deux plans 3D pour des problèmes de compatibilité avec l'Oculus Rift car ce dernier ne permet pas d'afficher l'interface 2D telle que l'on pourrait la faire pour une application Unity classique.

De la même manière que le premier plan sert à créer le cadre de la barre de vie, le second affiche la barre de vie, elle-même.

Nous voulions de la fluidité et de l'interactivité dans notre jeu. J'ai donc choisi de créer une barre de vie qui en plus de se réduire lorsque le personnage perd des points de vie, change de couleur.

En effet, le script C Sharp permet de diminuer la taille du plan en fonction de la variable Life variant de un à zéro. Il permet aussi de faire virer la couleur de la vie du vert au rouge. Le changement de couleur est possible en envoyant depuis le script C Sharp une variable de couleur modifiée au shader d'affichage de la barre de vie. Celui-ci utilise la valeur pour déterminer les composante verte et rouge de la couleur de la barre de vie, la composante bleu étant à zéro virgule cinq et la composante de transparence alpha étant à un (pas de transparence).

### 3.6.2 Gestion de la vie

Lorsque le joueur est touché par l'arme d'un ennemi, comme une flèche ou une épée, alors sa vie diminue faiblement.

De plus, la vie se régénère toute seule, à l'aide d'un timer, qui permet au joueur de regagner une partie de sa vie toutes les secondes, si celui-ci n'a pas sa vie complète.

## 3.7 La barre d'énergie

La barre d'énergie a pour but de symboliser et d'indiquer le niveau d'énergie du personnage. Ce niveau d'énergie représente en fait sa capacité à utiliser son pouvoir de ralentissement du temps ou slow motion . Cette idée nous est venue en réalisant que le gameplay du jeu serait gâché par l'utilisation abusive d'un slow motion illimité. La capacité à ralentir le temps est donc limitée à dix secondes à partir d'une charge pleine. L'énergie ne se régénère que lorsque le pouvoir slow motion est inactif obligeant ainsi le joueur à n'utiliser ce pouvoir qu'à certains moments stratégiques.

J'étais en charge de la représentation graphique sur l'écran de la barre d'énergie. J'avais en même temps pour objectif de modifier l'affichage de la barre de vie qui était temporairement en 3D pour être compatible avec l'oculus rift, celui-ci n'étant pas compatible avec la GUI 2D d'Unity. Il s'est en fait avéré que la GUI 2D de l'oculus en plus d'être extrêmement complexe et contraignante ne donnerait pas forcément un meilleur affichage.

J'ai donc choisi de rester sur le choix technique d'un affichage obtenu à l'aide d'un objet 3D. Pour des raisons de simplicité et d'efficacité nous avons décidé de reprendre nos recherches pour créer une barre de vie pour cette fois créer une barre d'énergie, le concept étant relativement proche. Ainsi j'ai repris le code C Sharp et le shader de la barre de vie en ne faisant que les modifications adéquates à savoir changer la couleur d'affichage qui passe du bleu au rouge en passant par le violet au lieu du vert au rouge pour la barre de vie.

Cette modification est assez simple et s'opère au niveau du shader. Nous avons ensuite relié la barre d'énergie au script du slow motion pour que celui-ci puisse fonctionner.

## 4 Fonctionnement des niveaux

### 4.1 L'audio

La difficulté de la partie audio ne réside pas dans l'intégration des sons aux jeux, mais dans les choix de ceux-ci. Pour la musique de fond de notre jeu, nous devons trouver une musique de style asiatique, correspondent bien à l'ambiance du jeu. Après plusieurs recherches, j'en ai trouvé une faisant l'affaire.

Pour l'intégrer à Unity, je me suis servi tout d'abord de la camera comme audio listener, il permet d'entendre les sons. De plus, plus un objet produisant du son est éloigné de l'audio listener, plus le son résultant sera faible, et inversement. Ainsi, plus un objet est près du ninja, plus il produira un bruit fort, ce qui est l'effet voulu.

La caméra a en plus une audio source, qui est le fichier son de la musique de fond, ainsi, elle a en permanence la même intensité sonore.

La musique de fond n'est qu'une petite partie de l'audio de notre jeu. Bien qu'elle contribue fortement à l'ambiance, cela ne suffit pas. Il faut rajouter en plus des bruitages, lorsque le joueur lance un shuriken, que l'ennemi utilise son épée, qu'un portail s'ouvre, qu'un personnage ou un ennemi est touché. Plus ou moins toutes les interactions avec le jeu nécessiterait des bruitages, afin de permettre une meilleure immersion dans le jeu. L'implémentation des sons n'est pas très difficile à réaliser, il suffit de mettre une source audio sur les objets concernés, puis il est ensuite possible de joueur, mettre en pause, ou arrêter la source audio depuis le script.



La difficulté réside dans le choix même des bruitages. Il faut aller sur un site web proposant des bruitages libres et gratuits, et en trouver qui correspondent bien à ce que nous voulons, mais aussi à notre style de jeu, c'est à dire un style asiatique, afin de plonger le joueur dans l'ambiance des différents niveaux.

## 4.2 Les animations

La bonne conception et l'esthétique des animations est cruciale pour tout jeu vidéo. Pour cette raison nous avons décidé d'y prendre particulièrement soin en réalisant des animations détaillé sur le même logiciel que nous avons utilisé pour modéliser et texturer nos modèles : Blender. Ce logiciel est aussi très performant pour ce genre de réalisations. La grande majorité des animations ont été réalisée avec à l'exception des animations très simples des portes des ascenseurs et des portes d'accès dans les différents niveaux.

Les animations que nous avons réalisé sont celles du personnage guidant le héros de l'aventure dans le premier niveau et les animations des ennemis qui peuvent marcher et courir ainsi qu'attaquer. Nous réaliserons aussi les animations du boss final du dernier niveau qui est un élément essentiel du mode solo de notre jeu. Enfin nous réaliserons les animations du personnage principal celui que le joueur contrôle et qui n'est donc pas animé car pas visible à l'écran notre jeu étant à la première personne dans le mode solo. L'arrivée du mode multijoueur nous obligera nécessairement à créer ces animations car le ninja apparaîtra sur l'écran du second joueur.

L'importation et l'utilisation des animations faites sur Blender dans Unity est très loin d'être intuitive et nous a causé quelques difficultés. Il était notamment difficile de lancer les animations depuis un script car cela nécessitait des configurations assez complexes sur l'interface d'Unity. L'autre difficultés était d'avoir des animations sans « cassures » en particulier pour des animations cycliques comme la marche ou la course. Nous étions assez satisfait de voir qu'Unity intègre un outil assez puissant pour faire des interpolations entre deux bouts d'une même animations voire même entre deux animations différentes.

### 4.3 Transition entre les différents niveaux

Nous avons longuement réfléchi à comment passer d'un niveau à un autre. La première idée était de mettre une porte menant à des escaliers, qui permettrait d'accéder au niveau suivant. Finalement, nous avons décidé d'utiliser une toute autre approche.

Afin de passer entre les niveaux différents, qui correspondent à différents étages du bâtiment, le personnage utilise des ascenseurs. Il en existent de deux types : les ascenseurs de début de niveau, et les ascenseurs de fin de niveau. Chaque niveau possède les deux types d'ascenseurs, excepté le premier et le dernier niveau.

Ces ascenseurs sont placés dans des endroits stratégiques. En début de niveau, ils sont toujours assez éloigné des premiers ennemis, afin d'éviter que le joueur se fasse attaqué à peine sorti de l'ascenseur. Quand à l'autre ascenseur, il est placé à l'opposé du niveau, dans un endroit aussi dénudé d'ennemis, montrant bien que le niveau est terminé.

Le joueur commence dans l'ascenseur de début de niveau. Celui est fermé, puis s'ouvre automatiquement après quelques secondes, permettant au joueur de découvrir le niveau.

L'ascenseur de fin de niveau est ouvert et possède un box collider. Lorsque le joueur le déclenche, les portes se referment après quelques secondes. Le niveau suivant est alors chargé.

### 4.4 Sauvegarde des scores

A chaque fois que le joueur termine un niveau, une requête HTTP est envoyée au serveur afin de sauvegarder le temps réalisé par le joueur. Pour cela, le timestamp est sauvegardé lorsque le niveau commence, puis le timestamp est de nouveau récupéré lorsque le niveau se termine, afin de savoir la durée en secondes. Cette durée est envoyée au serveur par une requête HTTP, avec en plus le numéro du niveau correspondant. Si le joueur est hors ligne, ou que le serveur ne peut être atteint pour tout autre raison, le temps n'est tout simplement pas sauvegardé.

Depuis l'utilisation de MySQL [9], le pseudo du joueur est aussi sauvegardé. Cela signifie que maintenant seul les joueurs connectés peuvent envoyer leur score au serveur, afin d'apparaître sur les classements avec son pseudo. La requête effectuée n'est donc uniquement effectuée que si le joueur est connecté, et une nouvelle information est envoyée afin d'identifier le joueur, l'index de son pseudo. Cela permet au serveur de connaître les meilleurs temps ainsi que les pseudos des joueurs qui les ont réalisés.

## 5 Les différents niveaux

Tous les niveaux du jeu ont été principalement réalisés par Victor Lafargue a.k.a l'absent a.k.a le roi de seine et marne.

### 5.1 Le premier niveau

Le premier niveau est en fait un niveau d'introduction et ne fait pas pleinement parti du scénario du jeu. Ce niveau sert en fait à expliquer au joueurs les éléments fondateurs du gameplay de notre jeu tels que la téléportation à l'aide des portails que l'on peut lancer par l'intermédiaire de shurikens et le slow motion : cette capacité qu'a le personnage à ralentir le temps. Un personnage est censé guider le joueur dans ce niveau et lui expliquer comment utiliser ses capacités. Ce niveau est de style graphique futuriste, couleurs blanc gris avec des textures métalliques. Ce niveau ne faisant pas pleinement partie du scénario du jeu nous avons décidé de nous libérer de la contrainte artistique qui nous imposait le style asiatique.

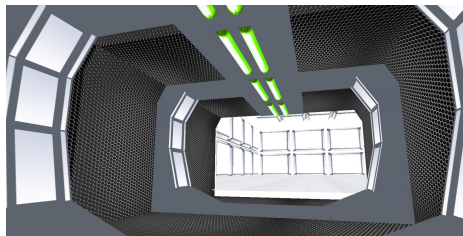


Illustration 4 – Une image du premier niveau de notre jeu

## 5.2 Le second niveau

Ce niveau a pour but de faire rentrer le joueur dans l'aventure avec un niveau de difficulté moindre. Une simple tourelle attend le joueur à la sortie de l'ascenseur et ne lui inflige que très peu de dégâts. Le joueur mets ici en pratique les apprentissages qu'il a reçu dans le niveau précédent.

Le second niveau est de style graphique asiatique, les murs, sols, plafonds et portes sont couverts de textures représentant de l'art principalement chinois avec des tapisseries, des boiseries, des tableaux en bois, un carrelage au sol et au plafond très travaillés. Cet environnement a demandé beaucoup de recherches graphiques et de travail pour obtenir un résultat donnant vraiment envie au joueur de poursuivre l'aventure.



Illustration 5 – Une image du second niveau de notre jeu

## 5.3 Le niveau final

Nous avons prévu de réaliser pour la deuxième soutenance des niveaux avec un véritable gameplay, c'est à dire que nous voulions des niveaux où il soit nécessaire de réfléchir et d'accomplir plusieurs tâches afin de venir à bout des difficultés et du niveau, et pas seulement de simples niveaux de test qui se contentent seulement de présenter les différentes features du jeu, comme nous avons montré lors de la première soutenance.

Pour cela nous avons réfléchi à différentes possibilités, fais des schémas de niveaux sur feuille, et imaginé de nombreux gameplay possibles, avant de finalement arriver à une idée de niveau proposant un gameplay à la fois intéressant et réalisable : le niveau final.

Ce niveau comprend 3 salles : deux premières, à gauche et à droite, possédant chacun une dalle à activer.

La salle de gauche est la première épreuve du niveau final de ce jeu. Le joueur devra y activer une dalle dorée pour ouvrir la porte menant au boss final. Pour parvenir à cette dalle à l'autre bout de la salle, il aura à affronter deux ennemis et à échapper aux tirs d'une arbalète. Après cela il devra traversé un bassin rempli d'eau rendant indispensable l'utilisation des portails de téléportation pour aller jusqu'à la dalle à activer et revenir en sens inverse.

Pour réussir à pénétrer dans la salle du boss final, le joueur devra activer la seconde dalle dorée dans cette nouvelle pièce. Ainsi fait la porte d'accès vers la salle de combat contre le boss final s'ouvrira débutant ainsi le dénouement du jeu. Cette seconde salle sera rempli d'arbalètes tirant des flèches automatiquement. Tout l'objet de cette salle est de permettre au joueur de se servir de la capacité du personnage à ralentir le temps : le « slow motion ».

Une fois les deux dalles activées, la porte de la salle contenant le niveau final s'ouvre. Une fois à l'intérieur, le boss est présent, mais nous avons décidé d'implémenter son intelligence artificielle uniquement pour la troisième soutenance. Donc pour l'instant il est immobile et ne peut être combattu. La porte derrière lui est ouverte, et mène à la sortie et la fin du jeu.



Illustration 6 – Une image du dernier niveau de notre jeu

Dans la continuité des autres niveaux nous avons voulu conserver le style asiatique qui marque notre jeu mais ce niveau aura pour distinction de ne pas être un environnement clos puisqu'il débouchera sur l'extérieur. Il est composé d'un château fort de style asiatique composé de trois salles différentes : les deux premières permettront de débloquent l'accès à une troisième. Dans la troisième salle le joueur affrontera le boss final, combat à la fin duquel il sortira du château et pourra admirer l'ensemble du château avec l'entrée du château, la fontaine, les tours, le pont-levis ...

Pour la conception de ce niveau, j'ai réellement essayé de travailler un maximum l'aspect graphique du jeu. Le travail de conception d'un niveau comme celui-ci est très long et laborieux, il nécessite un beaucoup de persévérance et de rigueur pour le finaliser à temps. La conception d'un tel niveau nécessite tout d'abord énormément de recherches d'inspiration pour modéliser mais aussi de différentes textures pour mettre en couleur. Il faut ensuite passer au travail de modélisation qui se révèle souvent être un casse-tête car les objets tirés sur des images tirées d'internet sont souvent représentées d'un seul côté et souvent en perspective, il faut alors deviner ou s'imaginer l'objet en trois dimensions pour le modéliser avec des dimensions réalistes et avec des courbes fidèles à la réalité. De même il est très difficile de tirer une texture d'une image d'un objet en perspective, on prend alors souvent une autre texture.

Il faut ensuite l'appliquer correctement au modèle en trois dimensions. Tout ceci est très complexe et couteux en temps mais il nous permet aujourd'hui de présenter un niveau digne de ce nom.

La salle de gauche est la première épreuve du niveau final de ce jeu. Le joueur devra y activer une dalle dorée pour ouvrir la porte menant au boss final. Pour parvenir à cette dalle à l'autre bout de la salle, il aura à affronter deux ennemis et à échapper aux tirs d'une arbalète. Après cela il devra traverser un bassin rempli d'eau rendant indispensable l'utilisation des portails de téléportation pour aller jusque à la dalle à activer et revenir en sens inverse.

Pour réussir à pénétrer dans la salle du boss final, le joueur devra activer la seconde dalle dorée dans la pièce de droite. Ainsi fait la porte d'accès vers la salle de combat contre le boss final s'ouvrira débutant ainsi le dénouement du jeu. Cette seconde salle sera rempli d'arbalètes tirant des flèches automatiquement. Tout l'objet de cette salle est de permettre au joueur de se servir de la capacité du personnage à ralentir le temps : le « slow motion ».

Le dernière salle est la salle de combat contre le boss finale. Cette salle ne s'ouvrira que lorsque les deux dalles auront été activées et donc lorsque le joueur aura démontré sa capacité à maîtriser les portails de téléportation et le slow motion. Le boss final est un grand samouraï. Ses animations et son intelligence artificielle n'ont pas encore été développé par manque de temps mais le seront en temps et en heure. L'affrontement final sera d'une certaine difficulté et nécessitera au joueur de se remémorer tous les enseignements sur les capacités du personnage au cours du scénario du jeu. Une fois que le joueur aura battu le boss final il pourra sortir du château puis de l'enceinte du château. Cette sortie symbolisera en fait la fin du jeu puisque le personnage retrouvera sa liberté après avoir triomphé de tous les niveaux à environnements clos reliés par des ascenseurs.

### 5.3.1 Scripts dédiés au niveau

Les scripts du niveau final ont été réalisés dans leur intégralité par Steven Lariau.

Je me suis occupé des scripts permettant d'implémenter les spécificités du dernier niveau.

Pour les dalles, le but était qu'une fois que le personnage aura activé les deux dalles, alors la porte de la salle du boss final s'ouvrira.

Pour ce faire, j'ai mis un box collider sur chacune des dalles, lorsque celui est déclenché, l'état de la dalle, inactif par défaut, devient actif, et l'état de l'autre dalle est vérifiée. Si elle est, elle aussi, active, l'animation d'ouverture des portes de la salle du boss se déclenche.

J'ai aussi géré les scripts pour la salle de gauche, avec les arbalètes et le slow motion. Tout d'abord, les arbalètes se comportent différemment des premières rencontrées, celles-ci se contentent de tirer tout droit et ne visent pas le joueur. De plus elles tirent uniquement lorsque le joueur est à l'intérieur de la salle et lorsque la dalle n'est pas encore activée.

Pour mettre en place ces arbalètes, j'ai refait au nouveau script, différent du script de base pour les arbalètes. Celui-ci est bien moins complexe, et se contente d'utiliser un timer afin de créer des flèches et leur donner la même orientation que l'arbalète, afin que celles-ci aient une trajectoire rectiligne.

De plus, je mets un box collider sur la salle, ainsi qu'un script, qui active le script des arbalètes lorsque le joueur déclenche le collider, si la dalle n'a pas encore été déclenchée, et qui le désactive lorsque le joueur quitte le collider ou lorsque la dalle est déclenchée.



### 5.3.2 Le boss final

Cette partie a été réalisé par Timothée Brenet. Le boss final est l'ennemi qui devra être le plus difficile à battre par le joueur. C'est pour cette raison que nous avons décidé de réaliser une intelligence artificielle spécifique au boss, pour que celle-ci soit assez complètes nous avons préféré réaliser le boss pour la troisième soutenance. Ce boss aura déjà une barre de vie accrue, il ne suffira pas de seulement quelques shurikens pour l'abattre. Le boss disposera de plusieurs attaques différentes que le joueur devra esquiver : sa première attaque consiste à frapper lourdement avec ses deux épées géantes contre le sol, le joueur devra les éviter, le boss pourra aussi lancer des rayons lasers grâce à ses yeux, enfin il pourra invoquer des samouraïs et des tourelles. Le joueur devra utiliser le slow motion pour éviter de mourir.

Pour battre le boss, le joueur ne devra pas seulement éviter les différentes attaques que le boss aura à sa disposition mais devra effectuer une séquence d'attaque pour vaincre le boss. Le joueur devra lancer des shurikens à des endroits spécifiques puis une animation se déclenchera, ainsi le joueur aura un temps imparti pour effectuer le coup de grâce au boss. Le boss disposera d'une intelligence artificielle similaire à ceux des ennemis, mais celui-ci verra constamment le joueur, il sera seulement lent à effectuer ces attaques donnant la possibilité au joueur de les esquiver. Pour faire en sorte que les attaques du boss soit bien coordonnées nous utiliseront le module animator de unity.

## 5.4 Le niveau multijoueur

La prochaine soutenance aura pour principale avancée le mode multijoueur. Nous avons donc décidé de créer un niveau spécifiquement dédié au mode multijoueur. Celui-ci permettra à deux joueurs de disputer une partie, l'un des deux prendra le rôle du ninja, le second sera le maître des lieux et pourra activer et désactiver plusieurs éléments sur la carte pour bloquer le joueur à certains endroits ou lui tendre des pièges. Cette nouvelle carte sera spécialement construite pour permettre une interaction intelligente entre les joueurs.

Nous essayerons de nous appliquer à innover sur le plan graphique tout en respectant les règles thématiques du jeu à savoir le style asiatique. Beaucoup de recherches d'illustration et de travail de modélisation seront nécessaire pour parvenir à un niveau satisfaisant visuellement.

En fonction du temps qu'il nous restera nous pourrions éventuellement créer une autre carte pour le mode solo qui nous permettra de compléter le jeu qui pour l'instant est assez court. Ce nouveau niveau sera un intermédiaire entre le premier et le dernier niveau. Nous essayerons de nous appliquer dans un travail ambitieux de réalisation graphique pour rendre ce niveau graphiquement esthétique mais aussi autant que possible vivant et interactif.

## 6 L'intelligence artificielle

Toute la partie de notre jeu en lien avec l'intelligence artificielle a été réalisée par Timothée Brenet.

Notre jeu étant une sorte de jeu d'aventure, où le joueur doit passer les différents niveaux grâce à ses capacités, il faut que celui-ci soit confronté à des difficultés et non pas seulement à cause de la disposition du niveau mais de par les ennemis qui s'y trouvent. C'est là que l'intelligence artificielle rentre en jeu, de simples ennemis statiques ou dont les mouvements et actions sont très linéaires sont facilement contournés par les joueurs.

L'intelligence artificielle des ennemis leur permet de mettre le joueur un peu plus au défi et de réfléchir à la manière d'éliminer cette menace.

Depuis le début de ce paragraphe nous avons parlé d'intelligence artificielle pour les ennemis mais peut-on vraiment utiliser ce mot dans le cadre de notre projet, en fait nous l'utiliserons dans cette partie de par sa définition propre mais de par son dérivée dans le monde des jeux vidéos.

Notre intelligence artificielle a pour but d'animer des personnages de telle manière que l'on pourrait croire qu'ils sont contrôlés par un humain.

J'ai développé trois types d'intelligence artificielle pour les trois soutenances (une pour chaque) : pour les ennemis statiques type tourelle, pour les ennemis mobiles et pour le boss final.

## 6.1 Les ennemis statiques

Pour la première soutenance nous voulions déjà avoir un premier ennemi, il nous est donc paru judicieux de réaliser d'abord des ennemis statiques car ils seraient plus facile à mettre en place. Nous nous sommes mis d'accord sur une tourelle, pour rester dans le style de notre jeu nous en avons fait une arbalète posée sur un trépied.

La tourelle avait besoin d'une intelligence artificielle dans le fait où elle devait être capable de réagir différemment selon des cas spécifiques. Elle doit principalement viser et tirer sur le joueur lorsque celui-ci est assez proche de la tourelle. Pour la programmation de la tourelle j'ai séparé sa réalisation en deux parties, attaquer ou pas le joueur pour la première et le visé dans la deuxième.

Pour la première partie cela a été assez simple, il suffit de vérifier si le joueur est dans une zone prédéfinie autour de la tourelle, si tel est le cas alors on doit attaquer le joueur ce qui lance le deuxième script.

Pour celui-ci il a fallu que j'effectue certaines recherches sur internet, j'ai surtout regardé les explications du point de vue mathématiques, dans le sens où la tourelle doit effectuer une rotation horizontale pour viser le joueur. Or pour cela il faut un angle à donner à Unity. Il était assez facile de créer un vecteur entre la position du joueur et celle de la tourelle mais plus difficile de calculer l'angle de rotation entre les deux. Grâce aux différents sites internet j'ai pu trouver des fonctions dans Unity permettant cela, ensuite il ne restait plus qu'à ajouter une vitesse de rotation pour ne pas que celle-ci tourne trop vite.

En effet, le but de l'intelligence artificielle n'est pas seulement de donner des directives aux objets mais aussi de les rendre plus réalistes. Si la tourelle tournait instantanément, cela ne serait pas naturel et impossible à esquiver pour le joueur. La tourelle était donc terminé.

## 6.2 Les ennemis mobiles

Pour la deuxième soutenance nous avons décidé de rajouter des ennemis mobiles, car cela rajoute un réel contenu dans le jeu, on ne peut pas essentiellement mettre des ennemis statiques dans notre jeu. Les ennemis mobiles sont plus difficiles à réaliser, c'est pour cela que nous avons d'abord établi une liste des actions de ces ennemis, en somme une sorte de carte de ses actions.

Pour le rendre un peu plus vivant nous avons pensé d'abord à le faire patrouiller dans une zone de notre niveau, puis lorsqu'il détecte le joueur il doit le poursuivre (jusqu'à le perdre) et si celui-ci est assez proche l'attaquer. Enfin s'il a perdu la trace du joueur il doit retourner à sa patrouille dans sa zone initiale.

Je devais donc réaliser une intelligence artificielle plus complète, c'est pour cela que j'ai du aussi faire certaines recherches pour me documenter sur le sujet, je me suis servi des tutoriels sur le site officiel de Unity, ils m'ont permis de connaître les différents modules utiles pour développer une telle intelligence artificielle, comme par exemple le module « Navigation » que je détaillerais ci-dessous.

Les deux plus grosses problématiques pour cette partie sont le déplacement autonome de l'ennemi dans l'environnement de façon la plus naturelle possible (sans rentrer dans des obstacles etc ...) et la détection du joueur par l'ennemi.

Le module « Navigation » joue un rôle très important dans la première problématique, il permet de définir des zones libres de déplacement pour notre ennemi.

Dans Unity on sélectionne les surface où il a le droit de marcher puis Unity calcule l'espacement nécessaire entre les murs/obstacles et l'ennemi pour ne pas qu'il rentre dedans, il en ressort une zone où l'ennemi est libre de mouvement. Ce module permet aussi lorsque l'on indique une position comprise sur la zone autorisée comme expliquée ci-dessus de déplacer l'ennemi à cette position en empruntant le chemin le plus court et selon des paramètres modifiables telle que la vitesse de déplacement.

Pour la deuxième problématique, j'ai d'abord pensé à réutiliser le script de viser et de détection de la tourelle pour l'ennemi, mais cela posait plusieurs problèmes. Tout d'abord, la détection de la tourelle ne prend pas en compte le fait l'ennemi ne peut pas voir dans son dos en d'autre termes la détection de la tourelle se fait a 360 degrés, ce qui n'est pas possible pour notre ennemi. De plus la tourelle ne fait que viser le joueur et ne pas de le suivre, et ne peut l'attaquer qu'à une certaine distance. Il était donc préférable de refaire un script propre aux ennemis mobiles.

Pour la détection, je calcule l'angle entre le vecteur normal de l'ennemi et le vecteur entre la position du joueur et de l'ennemi, si celui-ci est inférieur à 60 degrés (le champ de vision de l'ennemi est de 120 degrés, comme on calcule par rapport a la normale il faut diviser par deux) alors le joueur est dans le champ de vision de l'ennemi. De plus si il est assez proche de lui, alors l'ennemi se met à poursuivre le joueur. Nous avons mis une vitesse de déplacement un peu plus faible pour l'ennemi de sorte que le joueur puisse lui échapper, s'il souhaite ne pas le tuer. Enfin le dernier script fait le lien entre les différentes action de l'ennemi selon ce qui se passe, soit de base l'ennemi patrouille et s'il détecte un joueur il le poursuit, s'il est assez proche il l'attaque et s'il le perd il reprend sa patrouille.

L'intelligence artificielle de l'ennemi est terminée mais pour le rendre encore plus vivant nous avons décider de lui ajouter des animation en corrélation avec ces mouvements. Pour cela nous avons utiliser un module d'Unity qui est animator, il permet de lancer des animations selon des variables modifiable en cours de jeu.

En changeant simplement quelques variables on peut lancer des animation correspondants aux mouvements actuel. Il dispose d'une animation de marche, d'attaque et de mort. L'ennemi mobile est maintenant capable de se déplacer et d'attaquer le joueur de par lui-même.

### **6.3 Le boss final**

Pour la dernière soutenance nous devons réaliser un boss final pour notre jeu, il doit lui aussi disposer d'une certaine intelligence artificielle afin de mettre le joueur à l'épreuve. Cette intelligence artificielle a pour but principal de coordonner les différentes attaque du boss ainsi que ses déplacements. Tout comme l'ennemi mobile, il doit viser le joueur et l'attaquer mais le boss ne doit presque pas se déplacer car il lance des attaques assez puissantes, laissant le temps au joueur de l'esquiver. Le boss a donc différentes phases d'attaque selon son taux de point de vie. Il dispose de plus, au même titre que les ennemis mobiles, des animations propres à ces mouvements.

La réalisation des intelligences artificielle a demandé un peu de recherche mais nous sommes assez content du résultats. Notre jeu dispose donc maintenant d'ennemis permettant de rendre notre jeu plus difficile et donc plus attrayant.

## **7 Le mode multijoueur**

Le multijoueur nous pose un problème assez contraignant, à cause de l'Oculus. En effet, pour jouer avec l'Oculus en multijoueur, il nous faudrait 2 oculus, ce que nous n'avons pas. Nous avons alors réfléchi à des moyens de contourner ce problème.

La première idée que nous avons eu, très évidente, était de faire une version sans Oculus, ainsi un joueur pourrait jouer avec l'Oculus, et le second sans. Mais cette idée, bien que facile, gâche en quelque sorte le gameplay de notre jeu, qui est basée sur l'Oculus.

Nous avons donc réfléchi à d'autres solutions, ne nécessitant pas de créer une version de jeu sans Oculus.

Finalement, nous avons eu une idée de multijoueur originale. Le premier joueur, avec l'Oculus, doit contrôler le ninja, et essayer de rester en vie le plus longtemps possible, dans une salle. Le second joueur doit contrôler la salle afin de tuer le joueur. Pour cela, il peut faire apparaître des ennemis, des arbalètes, lancer des flèches, bouger des murs.

Nous mettrons particulièrement en avant l'aspect stratégique de ce mode de jeu, car le maître des lieux devra faire les bons choix pour empêcher le ninja de sortir d'un environnement clos qui sera très certainement un château. Le ninja devra quant à lui éviter les pièges du maître des lieux et arriver intelligemment à s'échapper du lieu.

## **8 L'interface**

### **8.1 Le Menu principal**

Le menu principal du jeu est ce sur quoi le joueur tombe en premier en lançant le jeu, il doit donc être clair et donner envie de jouer au jeu en lui-même. Pour le menu nous avons choisi que celui-ci ne serait pas dans l'oculus mais directement visible sur l'écran du pc. Les menus étant en 2D il ne rendent pas très bien dans le casque oculus de plus il était difficile de viser pour choisir les différents menus.

Dans le menu nous avons mis un fond d'écran où l'on peut voir un ninja, censé représenter notre joueur, et derrière la ville. Les différentes options disponibles sont de jouer en solo, en multijoueur, de quitter ou d'aller au menu des options. Dans ce menu on peut changer le volume du son et si l'on veut mettre le jeu en plein écran ou non.

## 8.2 Le Menu pause

Le menu pause permet au joueur de s'arrêter de jouer temporairement. Il s'intègre au jeu en affichant pour l'instant trois options : reprendre le jeu en cours, modifier le volume sonore et quitter définitivement le jeu.

Les trois options sont affichées à l'aide de texte 3D étant donné qu'il n'est pas possible d'implémenter une interface 2D Unity avec l'Oculus. Les options sont affichées de couleur noire sauf l'option actuellement sélectionnée qui est en jaune. Ceci permet au joueur de naviguer dans le menu de pause à l'aide des flèches directionnelles haut et bas.

Le bouton de régulation du volume sonore est actualisé en permanence, il affiche son pourcentage. Le volume est modifié avec les flèches directionnelles gauche et droite. Les fonctions d'Unity sont ensuite utilisées pour réguler l'intensité de la musique du jeu. Le joueur a ainsi une bonne expérience de jeu car il peut profiter de l'aspect audio de notre jeu selon ces souhaits.

## 8.3 Le Menu multijoueur

### 8.3.1 Connexion

L'interface de connexion au mode multijoueur de notre jeu a été particulièrement travaillée pour permettre au joueur de comprendre intuitivement le principe de connexion mais aussi pour donner une esthétique compatible au reste du jeu. Ainsi le joueur en démarrant le mode multijoueur du jeu est dirigé sur une page avec une image de fond de style asiatique respectant l'ambiance générale du jeu. Sur cette page il est invité à rentrer ses informations de connexion : son login et son mot de passe.

Le menu de connexion est réalisé à l'aide de la nouvelle fonctionnalités d'Unity 4.6 : les canvas 2D. De nouveaux GameObject ont été implantés, permettant de faire bien plus facilement une interface 2D, sans avoir à utiliser des plans 3D et à placer la caméra au bon endroit pour avoir une impression de menu 2D.



Le menu contient deux champs de texte, un pour le nom de compte, et un autre pour le mot de passe. De plus, il contient aussi un bouton connexion, une fois que le joueur a rentré ses identifiants, il clique sur ce bouton. Une requête HTTP est alors envoyée au serveur, contenant les identifiants de connexion. Si les identifiants sont exacts, le serveur renverra l'index du joueur, qui est utilisé pour de futures requêtes avec le serveur, et le joueur passe ensuite au menu suivant. Si les identifiants sont incorrects, le serveur renvoie -1, et un message d'erreur s'affiche alors, demandant au joueur de réessayer.

### 8.3.2 Choix de la partie

Lors de la connexion, s'opère la partie technique de l'opération : le jeu envoie par l'intermédiaire d'une requête HTTP avec une url spécifique une demande de connexion au serveur SQL permettant la centralisation des connexion et la mise en relation des différents joueurs. Si la tentative de connexion échoue, le joueur reste sur la page de connexion en revanche si le joueur est correctement authentifié il est redirigé sur une autre page pour rencontrer d'autre joueur.

C'est là que le programme du jeu joue son rôle : il reçoit de la part du serveur un message qu'il devra décoder. Ce message contiendra le login et l'adresse IP de tous les autres joueurs. Il faut alors créer un bouton pour chaque joueur présent sur le serveur, si le joueur souhaite se connecter avec l'un d'entre eux il n'a qu'à cliquer sur le bon bouton.

## 9 Le Site Web

Le site web, que ce soit pour les différentes pages du site, ou la communication entre le serveur et le jeu, a été entièrement réalisée par Steven Lariau.

### 9.1 Buts

La Site web présente notre projet. Il se doit d'être beau esthétiquement, simple et épuré, afin de donner envie aux joueurs de jouer à notre jeu. Il sert aussi à présenter notre équipe de développement, et permet de télécharger le cahier des charges, le rapport, ainsi que notre jeu bien entendu.

Il possède aussi des fonctionnalités dédiés aux joueurs, il est possible de s'inscrire pour se connecter sur le site web et en jeu. Il est aussi possible de voir les performances des autres joueurs.

Il permet aussi en grande partie au jeu de fonctionner, notamment avec le multi-joueur qui nécessite de communiquer avec le serveur, ainsi qu'avec le système de connexion dans le jeu afin de pouvoir sauvegarder les classements sur le serveur.

### 9.2 Base du site

Tout d'abord, je suis parti sur un site web statique, c'est à dire ne comportant que des fichiers HTML, CSS et Javascript. Afin d'avoir un beau design, j'ai décidé d'utiliser un modèle CSS. Un autre avantage des modèles est qu'ils s'adaptent automatiquement à toutes les résolutions, tous les navigateurs et tous les appareils. J'en ai trouvé un qui me convenait sur le site [HTML5 Up](#) [8]. Toutes les pages web du site ont le même menu, la même en-tête et le même bas de page, seul le corps du document varie.

Ensuite, j'ai décidé de partir sur un site dynamique, indispensable pour l'interaction avec les visiteurs du site. Pour cela, j'ai choisi d'utiliser PHP, et j'ai développé le site web avec XAMPP [2], un suite logistiques regroupant tous les programmes nécessaires pour faire tourner un serveur local.

Ce changement m'a permis tout d'abord de modifier la structure de mon site, au lieu recopier le même code de base dans chaque page HTML, j'ai fait une seule page PHP regroupant tout ce code. Ensuite toutes les autres pages HTML sont remplacés par des pages PHP ne contenant que le corps du document. Grâce à l'instruction PHP include, ces pages peuvent ainsi être incluses dans la page de base, selon l'url.

Finalement, j'ai aussi fait le choix d'utiliser MySQL [9], une base de donnée, qui me permet de stocker les informations des différents membres, et de les récupérer, tout cela avec du code PHP.

### 9.3 Les différentes pages

Note site web contient différentes pages web statiques, accessible sans restriction. Ce sont les toutes premières pages réalisées, avant l'utilisation du PHP :

- Accueil : Présente rapidement qui nous sommes et notre jeu
- Téléchargements : Permet de télécharger le cahier des charges, les rapports de soutenance, le rapport de projet, les sources ainsi que l'exécutable de notre jeu, pour windows et os x
- Présentation : Présente notre projet, ainsi que les différents membres de l'équipe
- Liens : Une liste de liens vers les différents site web, logiciels et ressources externes utilisés pour notre projet

A cela s'ajoute les pages web dynamiques, certaines nécessitant d'être connecté afin de pouvoir les afficher :

- Scores : affiche les performances des joueurs.
- Inscription : permet de s'inscrire sur le site et le jeu.
- Connexion : permet de se connecter avec ses identifiants personnels.
- Déconnexion : permet aux visiteurs connectés de se déconnecter.

Sur chaque page web, se situe un menu, juste en-dessous du titre de notre projet. Il contient des liens permettant d'accéder à ces différents pages.

## 9.4 Les scores

Lors du passage à PHP, j'ai rajouté une nouvelle page, la page des scores. Cette page affiche les 5 meilleurs temps réalisés pour chaque niveau. Ces scores sont en fait stockés dans un fichier sur le serveur, qui est lu par PHP. Ce fichier contient une version textuel d'un tableau PHP. Je peux ainsi unserialize ce texte afin de récupérer un tableau PHP contenant les temps pour chaque niveau, que je peux ainsi afficher sur la page.

Comme expliqué précédemment, le serveur reçoit une requête HTTP, envoyée par le jeu, contenant le numéro du niveau terminé, ainsi que le temps réalisé. Un script PHP va alors unserialize le tableau des scores comme pour l'affichage, mais cette fois il va le modifier, en ajoutant le temps au niveau si celui-ci fait partie des 5 meilleurs, puis va mettre à jour le classement. Le tableau est alors serialize puis sauvegardé de nouveau dans le fichier texte.

Lorsque j'ai décidé d'utiliser MySQL [9], j'ai refait le fonctionnement des scores. Maintenant, la page des scores affiche aussi en plus le pseudo des joueurs. Cette fois les scores ne sont plus stockés dans un fichier texte, mais dans la base de donnée. La page PHP fait plusieurs requêtes SQL, une pour chaque niveau, permettant à chaque fois de récupérer les 5 meilleurs temps. La script de sauvegarde a aussi changé, la requête HTTP contient en plus l'identifiant du membre, c'est à dire que maintenant seul les scores des joueurs connectés sont enregistrés. Le script fait une requête SQL pour enregistrer le score dans la base de donnée.

## 9.5 La partie membre

Je me sers aussi de MySQL pour stocker les informations des différents membres. De nombreuses pages ont été ajoutées :

- Inscription : Une simple page web contenant un formulaire d'inscription : Une fois validé, un script vérifie si les informations sont correctes, et renvoie en conséquence sur la page d'inscription avec les erreurs affichées, ou sur une page temporaire confirmant l'inscription, et qui redirige le visiteur sur la page d'accueil après quelques secondes, à l'aide d'un script Javascript. Si l'inscription est validée, les informations sont enregistrés dans la base de donnée.
- Connection : Il fonctionne globalement comme l'inscription, sauf que le script PHP va faire une requête sql avec les identifiants entrés. Si aucune entrée n'est trouvée, alors la connection échoue et le visiteur est renvoyé sur la page de connection. Sinon le visiteur voit une page de confirmation avant d'être redirigé.
- Déconnexion : Cette page se contente uniquement de déconnecter le visiteur. Un message de confirmation est affichée avant que l'utilisateur soit redirigé vers la page d'accueil.

L'état du visiteur (connecté ou pas), est affiché en permanence dans le menu. Pour cela, j'utilise des sessions, ce sont des variables PHP qui restent après avoir changé de page. Elles peuvent être effacées manuellement, c'est ce qui arrive lorsque le visiteur va sur la page de déconnexion. Ou sinon elles s'effacement automatiquement après une certaine durée d'inactivité.

Lorsque le joueur se connecte depuis le jeu, il effectue des requêtes HTTP sur les mêmes pages, mais le serveur détecte que ce n'est pas un navigateur mais le jeu, grâce à une donnée envoyée en plus par le jeu : une variable game. Le serveur, au lieu de renvoyer une page HTML entière, renvoie soit l'id du compte si la connexion à réussie, sinon -1.

## 9.6 Implémentation du multijoueur côté serveur

Pour permettre l'utilisation du multijoueur, d'autres pages PHP ont aussi été ajoutées, mais celle-ci ne sont jamais utilisées par un visiteur du site web, elles sont réservées pour le jeu.

Afin que plusieurs joueurs puissent jouer, ils doivent tout d'abord être tous les deux connectés bien entendu, mais aussi connectés entre eux. Pour cela, j'ai rajouté une table MySQL ?? retenant les joueurs connectés au jeu ainsi que leur adresse ip. Ainsi, lorsqu'un joueur se connecte depuis le jeu, une entrée est rajoutée à cette table, avec son pseudo et son adresse ip.

Ensuite, le jeu peut ainsi demander la liste des joueurs connectés ainsi que leur adresse ip.

Le problème de cette implémentation est que, à partir du moment qu'un joueur se connecte, celui-ci est ajouté à la table, mais il n'est jamais supprimé, donc il reste ainsi déconnecté indéfiniment. Pour palier à ce problème, j'ai décidé de fermer la connection de jeu après 30 minutes d'inactivité.

Pour cela, la table contient un autre champ : le timestamp en secondes de la date de connection. Ainsi, lorsque le jeu demande les personnes connectés, avant de lui donner une réponse, je vais d'abord une requête SQL ayant pour but de supprimer toutes les entrées ayant un timestamp inférieur au timestamp actuel - 1800 (30 \* 60). Ainsi, tous les comptes connectés depuis plus de 30 minutes sont supprimés de la table, et n'apparaissent donc pas dans la liste des joueurs connectés.

## 9.7 Rendu final

Lors du commencement du projet, le site web n'était alors qu'une simple vitrine, présentant le jeu, il était en quelque sorte à part du jeu. Mais au final des soutenance, de nombreuses fonctionnalités ont été ajoutées, permettant au joueur d'interagir avec le jeu, mais aussi avec d'autres joueurs. En fait le terme site web est maintenant un peu réducteur, ce dont il faut parler c'est du serveur. Notre serveur XAMPP [2] a deux objectifs.

Premièrement, il distribue le site web aux visiteurs, leur renvoyant la page web demandées, avec les informations voulues.

Ensuite, notre serveur communique aussi avec le jeu, et sans cette communication, il n'y aurait pas de multijoueur, ni de classements.

Ce serveur n'est pas à part du jeu, c'est une partie de notre jeu, aussi bien que la partie client, réalisée avec Unity.

Le serveur permet aussi d'enrichir le site web, en permettant la possibilité de s'inscrire, de se connecter, de se déconnecter, mais aussi de consulter les différents scores des joueurs. Au final notre site web est assez riche et complet, et ressemble à un véritable site web d'un jeu vidéo.

La réalisation de ce site web m'a aussi demandé pas mal d'efforts, les difficultés rencontrées étaient certes moins importantes que pour le jeu, mais la moindre fonctionnalité à implémenter demande beaucoup de lignes de codes en PHP. De plus, il faut aussi paramétrer XAMPP, afin que le serveur se lance correctement. Pour la base de données SQL, il faut la rendre accessible depuis PHP, ainsi que créer des tables, ce sont en quelque sorte l'équivalent de nos fichiers sur un disque dur. Les données sont stockées sous formes de tableaux. Chaque table possède une structure propre, avec différents champs, ayant un nom, un type, des fonctionnalités spéciales, chacun de ces champs correspondant à une colonne du tableau.

A cela s'ajoute d'autres problèmes pour le développement des scripts PHP dédiés au jeu. Lorsque ceux-ci ne fonctionnent pas comme attendu, trouver l'erreur est bien plus compliquée, étant donné que le problème pourrait tout aussi bien venir du jeu que du serveur. Cela demande de développer à la fois en se servant d'unity, du navigateur, et d'un éditeur PHP.

## 10 Conclusions Personnelles

### 10.1 Steven Lariau

Ce projet arrive à son terme, cela fait 6 mois de travail, et je réalise que beaucoup de choses sont arrivées, bien entendues dans le cadre du projet, mais aussi dans un cadre extérieur, et qui ont aussi eu une influence sur ce projet.

Dans un premier temps, je réalise que j'ai appris et gagné en expérience sur le travail en équipe, après cette première expérience, je réalise déjà un peu plus ce que travailler à plusieurs sur un même projet signifie réellement. Il ne suffit pas que chacun travaille dans son coin, faisant uniquement ce qu'il veut. Il faut aussi s'organiser, se coordonner. Nous faisons tous plus au moins des parties différentes du projet, mais il ne faut pas par exemple qu'un des membre de l'équipe se retrouve bloqué par ce qu'il a besoin de la partie d'un autre membre pour pouvoir travailler. Il faut aussi éviter de faire plusieurs fois la même chose. De plus, éviter de passer trop de temps sur des fonctionnalités peu utiles et compliquées permet d'avancer plus rapidement.

Ensuite, le but de ce projet était aussi d'améliorer ses compétences en programmation, et j'espérais notamment en apprendre bien plus sur le domaine des jeux vidéos en 3D, qui était pour moi une partie quasiment inconnue de la programmation. A ce niveau là, j'ai été assez déçu. Premièrement à cause d'Unity, certes ce moteur de jeu 3D permet de simplifier énormément la réalisation d'un jeu, en implémentant par défaut bon nombre de fonctionnalités, mais il va beaucoup trop loin, l'abstraction réalisée par Unity est tellement importante que je ne plus vraiment l'impression de programmer. Je pense notamment à la fonction main, qui existe plus ou moins, dans une forme ou dans une autre dans presque tous les langages de programmation, mais qui n'est pas modifiable sur Unity. Je pense aussi à l'ajout de scripts à des GameObject, qui m'a toujours semblé être une fonction très étrange de procéder, surtout qu'un même objet peut avoir plusieurs scripts.



C'est comme ci pour modifier le fonctionnement d'une classe, au lieu de créer une classe fille héritant de la classe voulue, en changeant certaines méthodes pour modifier le comportement, on créerait d'autres classes, qui violerait le principe d'encapsulation et modifierait le GameObject dont on veut changer le comportement.

En fait, Je n'ai pas l'impression qu'Unity est outil pour les programmeurs, on peut même créer son jeu-vidéo entièrement sans taper une seule ligne de code. Le code semble être une fonctionnalité optionnelle, un gadget du framework, qui peut parfois servir. Je n'ai jamais utilisé de moteur de jeu avant, alors peut-être que tous les moteurs fonctionnent de la même façon, mais en tout cas j'ai déjà utilisé plusieurs SDK avec des « frameworks colossaux », permettant un peu comme Unity de faire tout très facilement, avec un niveau d'abstraction élevé, comme Visual Studio [7] avec .NET [6] pour faire des programmes windows, Xcode avec Cocoa pour faire des applications OS X / iOS, Qt pour faire des programmes multiplateformes. Tous permettent de réaliser certaines parties de notre programme sans coder, avec un WYSIWYG, un peu comme Unity, mais le code reste tout de même la majeure partie du travail, et une partie indispensable. De plus, utiliser ces outils pour créer des interfaces est un choix, il est tout à fait possible de faire la même chose rien qu'avec du code, permettant un contrôle total, alors qu'avec Unity nous n'avons pas le choix, nous sommes obligés d'utiliser l'interface.

J'ai donc été déçu par Unity, et j'estime ne pas vraiment avoir appris grand chose dans la réalisation d'un jeu vidéo 3D. Faire ce projet m'a donné envie d'aller voir d'autres moteurs de jeu, notamment Unreal Engine [3], où l'on code en C++, cela me semble indispensable d'utiliser un langage compilé, générant un code machine optimisé pour faire des jeux-vidéos en 3D.

Je suis tout de même conscient que sans Unity, qui nous simplifie beaucoup le travail, jamais nous n'aurions pu réaliser un jeu comme celui-ci. Mais d'après moi, là n'est pas l'intérêt, nous sommes dans une école de programmation, pas dans une entreprise.

Je pense qu'il aurait été beaucoup plus intéressant de faire un jeu pas du tout aboutit de nous mêmes, qu'un jeu complet en se servant d'un outil qui fait le plus gros du travail à notre place.

Néanmoins, j'ai tout de même appris pas mal de choses en programmation, notamment en C Sharp. Unity nous donne accès au framework .NET [6], je n'ai vu certes qu'une toute partie de celui-ci, il semble énorme et couvre vraiment une large étendue de domaines différents. J'ai trouvé par exemples de nombreuses fonctions pour manipuler les dates, mais aussi pour communiquer avec le serveur en HTTP, ainsi que bien d'autres fonctionnalités pour le réseau. Je pense que de ce côté là .NET est bien réalisé, il possède à la fois une interface haut niveau, permettant facilement de communiquer avec un serveur, d'envoyer et de recevoir des données, mais aussi des interfaces plus bas niveaux, qui demandent plus d'efforts de notre part, mais qui permettent au final d'avoir bien plus de contrôle sur ce que nous faisons, et grâce auxquelles nous pouvons plus ou moins tout réaliser. Nous pouvons ainsi contrôler quelle protocole utiliser, avec quelle machine communiquer, quelles données exactes nous envoyons, comment nous recevons les données, etc.

Pour la réalisation du site web, je connaissais déjà HTML, CSS, Javascript, PHP et MySQL [9], mais cela ne m'as pas empêché d'acquérir de nouvelles connaissances, notamment pour la communication avec d'autres machines qu'un navigateur web. J'ai appris à ne pas seulement renvoyer des pages HTML, mais aussi du texte brut, traité par notre jeu.

De plus, c'est la première fois que je fais un site web réellement achevé, complet, et avec un véritable design. En effet, par le passé, j'avais utilisé ces langages afin de réaliser de simples pages, ne possédant aucune présentation, seulement du texte. La réalisation du site web m'a semblé bien différente de celle du jeu, dans le sens où j'avais vraiment l'impression de programmer. Pour PHP et MySQL [9] je n'ai utilisé aucun framework, je me suis contenté des fonctionnalités de bases du langage, ce qui me donne un assez gros contrôle sur ce que je fais.

## 10.2 Timothée Brenet

Après six mois de travail sur notre projet, j'ai pu rencontrer bon nombre de difficultés mais aussi une certaine satisfaction à la réussite de notre projet.

Les difficultés rencontrés sont en fait une bonne chose dans le sens où ce sont elles qui nous permettent d'avancer et d'apprendre de nouveaux fonctionnements, j'ai principalement rencontré des difficultés quant à la réalisation des intelligences artificielles et pour la mise en place de l'Oculus rift dans notre jeu.

Ma première difficulté à quand même été la compréhension du fonctionnement d'Unity qui est un moteur de jeu que je ne connaissais pas du tout. Avant que le projet commence je m'étais renseigné dessus et j'avais commencer à faire les différents tutoriels officiels proposés par Unity [13]. Je pense que cela m'a beaucoup aidé par la suite et ma aussi permit de gagner du temps, sinon j'aurais du faire ces tutoriels une fois le projet commencé.

Pour la tourelle j'ai rencontrés plusieurs problèmes, d'abord, comme l'a expliqué Victor, il y a le problème des axes entre Unity et Blender [1] que nous avons pu contourner en utilisant des objets vides et utiliser leur axes plutôt que ceux des objets eux-mêmes. Pour faire tourner la tourelle il fallait utiliser des quaternions qui sont un type spécifique de valeurs mathématiques, surtout utilisées en informatique pour désigner des angles de rotation. Mais ces valeurs m'étaient difficilement compréhensible, j'ai donc cherché sur internet et Stackoverflow.com [11] pour mieux comprendre leur fonctionnement.

Pour l'ennemi mobile j'ai fait des recherches sur le fonctionnement basique d'une intelligence artificielle pour un ennemi mobile, j'ai trouvé le site officiel d'Unity [12] qui donnait des indications précises notamment sur les modules à utiliser comme expliqué dans la partie Intelligence artificielle.

Pour le portage sur oculus , cela n'a pas été très simple car l'oculus étant un objet encore assez rare, très peu de tutoriel ont été fait sur le fonctionnement avec Unity. Je n'ai pu trouver que une ou deux vidéos sur youtube qui donnaient les bases de l'utilisation, comme comment attacher la camera spécifique à l'oculus sur notre personnage.

Le fait d'utiliser la camera oculus et non celle de Unity par défaut posait plusieurs problèmes de compatibilité pour les autres modules attachés à notre joueur, nous avons donc fait plusieurs tests en modifiant les différents paramètres pour voir lesquels fonctionnaient le mieux.

Je pense que l'utilisation de l'oculus pour notre projet était une bonne idée mais l'oculus étant encore une nouvelle technologie, il n'y avait pas encore assez de ressources pour nous aider à bien configurer l'oculus pour notre jeu. Nous avons donc dû avancer un peu à l'aveugle sans même savoir si notre jeu allait fonctionner avec l'oculus, mais finalement nous avons réussi à le mettre en place dans notre jeu.

Lors de ce projet j'ai pu apprécier le travail en groupe, je n'avais jamais vraiment travaillé à plusieurs sur un projet informatique. L'organisation était très importante, comme la répartition des tâches. Je pense que nous avons bien réussi à répartir le travail pour que tout le monde est une part équitable, nous nous sommes bien investis dans ce projet et lorsque nous travaillons ensemble nous avançons vraiment car on pouvait s'entraider.

Si un de nous rencontre une difficulté un autre pouvait l'aider ou nous trouvions une solution tout les trois. Grâce aussi au site Github [4] nous pouvions travailler chez nous et mettre en ligne notre travail pour le mettre en commun et voir l'avancée du projet.

Ce projet m'a permis de découvrir le moteur de jeu Unity et de mieux comprendre le fonctionnement d'un jeu vidéo dans sa réalisation et dans son développement.

J'ai vraiment apprécié travailler sur ce projet car auparavant j'ai déjà voulu réaliser des petits jeux vidéos mais il me manquait toujours les différents modèles 3D et la complexité du développement me repoussait souvent, grâce à ce projet j'ai pu enfin réaliser une ébauche de jeu vidéo. J'ai pu aussi en apprendre plus sur l'oculus et sur le développement en général, tel que le fonctionnement des intelligence artificielle dans les jeux vidéos. Je pense que Unity nous a aidé à pouvoir réaliser ce projet même si il y avait moins de partie programmation que si on le l'utilisait pas, unity nous a permis d'aller surement plus loin que si nous ne l'avions pas à notre disposition.

## 10.3 Victor Lafargue

### 10.3.1 Difficultés

Plusieurs difficultés se sont présentées au cours du développement. L'affichage des textures sur les modèles tout d'abord : l'importation des modèles de Blender [1] vers Unity nous a causé beaucoup de problème car certaines faces des objets 3D affichaient les textures du mauvais côté. Nous avons dû corriger les normales des faces et dupliquer certaines faces pour permettre un affichage sur les deux côtés d'une face.

Une autre difficulté toujours avec l'importation des modèles vers Unity était un problème de compatibilité des axes (x,y,z) de Blender et de Unity. Ce problème a nécessité de nombreuses retouches. L'importation des animations a aussi provoqué certains bugs corrigés assez vite. J'ai été personnellement déçu de voir que le script et shader permettant de donner vie à la barre de vie ne fonctionnait plus avec l'Oculus. J'ai donc dû adapter l'affichage de la barre de vie au fonctionnement des lunettes.

Le niveau final était un projet assez ambitieux, d'une très grande complexité. Pour la conception de ce niveau, j'ai réellement essayé de travailler un maximum l'aspect graphique du jeu. Le travail de conception d'un niveau comme celui-ci est très long et laborieux, il nécessite beaucoup de persévérance et de rigueur pour le finaliser à temps.

La conception d'un tel niveau nécessite tout d'abord énormément de recherches d'inspiration pour modéliser mais aussi de différentes textures pour mettre en couleur. Il faut ensuite passer au travail de modélisation qui se révèle souvent être un casse-tête car les objets tirés sur des images tirées d'internet sont souvent représentés d'un seul côté et souvent en perspective, il faut alors deviner ou s'imaginer l'objet en trois dimensions pour le modéliser avec des dimensions réalistes et avec des courbes fidèles à la réalité. De même il est très difficile de tirer une texture d'une image d'un objet en perspective, on prend alors souvent une autre texture. Il faut ensuite l'appliquer correctement au modèle en trois dimensions. Tout ceci est très complexe et couteux en temps mais il nous permet aujourd'hui de présenter un niveau digne de ce nom.

### **10.3.2 Réussites et satisfactions**

Je suis en revanche impressionné par le résultat final de tout ce travail de modélisation 3D qui même s'il est loin d'être parfait créé un monde imaginaire saisissant de réalisme et qui permet une réelle immersion du joueur au sein d'un tout nouveau environnement.

Parmi tous les niveaux que j'ai réalisé le dernier niveau du mode solo de notre jeu semble être le couronnement de notre jeu. Je suis fier de sa réalisation qui a nécessité beaucoup de temps mais qui en valait le coût. D'une part pour la qualité graphique globale qui me semble plutôt bonne pour un non-expert au logiciel de modélisation Blender mais aussi pour la complexité et de son fonctionnement et la valeur ajoutée qu'il apporte au gameplay du jeu. Je suis très content et fier de ce que mon équipe et moi-même ont réussi à faire en un laps de temps assez limité. Le jeu est graphiquement satisfaisant même si largement améliorable. Il est interactif, a un gameplay attractif et me semble parti sur de bon rails.

### 10.3.3 Conclusion

Ce projet m'a confronté à de nombreuses difficultés techniques qu'il a fallu résoudre une à une en trouvant des solutions adéquates par notre imagination ou des recherches sur internet. Ce projet a aussi connu de grandes réussites : comme la mise en place des portes de téléportation, du slow motion, de l'intelligence artificielle et du mode multijoueur. Je suis particulièrement fier de la réalisation du dernier niveau qui m'a demandé beaucoup de détermination et de patience pour arriver à un résultat graphique satisfaisant.

Ce long travail de toute une année a porté ses fruits puisque nous pourrons très bientôt vous présenter le résultat final de notre jeu. Ce projet m'a beaucoup apporté techniquement et m'a permis de comprendre le fonctionnement global d'un éditeur et moteur de jeu comme Unity. Il m'a aussi permis de réaliser des scripts C Sharp en dehors du cadre des TP d'informatique pratique me permettant ainsi de me placer en conditions réelles sans instructions. Enfin, ce projet m'a permis d'améliorer mes compétences à dessiner, modéliser et inventer car j'étais en charge des réalisations graphiques.

Sur le plan humain, le projet de SUP est une formidable opportunité pour créer un projet en équipe et ainsi apprendre à comprendre l'autre et à travailler en coopération. J'ai notamment appris à me servir de GitHub un site internet et logiciel utilisé par les professionnels et permettant de partager les fichiers d'un projet afin de travailler en équipe. J'ai beaucoup appris de ce projet et j'espère que vous serez séduit par la présentation de notre jeu.

## Conclusion

Nous avons tous beaucoup appris de cette expérience aussi bien sur le plan technique car le projet nous a permis d'appréhender de nouvelles technologies que sur le plan humain car c'était un projet en groupe. Nous avons consacré beaucoup de temps et d'énergie dans chacune des étapes de la réalisation de notre jeu en nous donnant au maximum. Nous sommes fiers de notre travail et impatient de vous en présenter les fruits.

Ce projet nous a permis d'utiliser des technologies que nous ne maîtrisions pas comme le casque Oculus Rift et de manière générale la réalité virtuelle. Cette nouvelle approche nous a poussé à repenser la création d'un jeu-vidéo de manière à ce que l'on puisse profiter des avantages de cette technologie notamment l'effet immersif très impressionnant. Nous avons donc fait le choix judicieux d'un jeu d'aventure à la première personne pour procurer au joueur cette sensation d'être dans le jeu. Nous voulions aussi un jeu au gameplay innovant outre le fait d'utiliser la réalité virtuelle, c'est ce que nous avons fait en réutilisant à bon escient et en inventant certains concepts novateurs tels que le lancer de portails de téléportation et la capacité de slow motion.

Ce projet nous a comme prévu permis d'améliorer et de développer nos compétences techniques que nous exercerons plus tard dans notre future profession. Il nous a aussi permis de faire un réel travail d'équipe en coopération.

Après la modification du planning de répartition des tâches avant la première soutenance dû au départ d'Idris nous avons su globalement respecter nos engagements d'avancée à chaque soutenance. Notre répartition intelligente des tâches nous a permis de faire des présentations plus que convenable. Ceci ne fut possible que parce que chacun d'entre nous s'est donné au maximum dans son domaine d'expertise pour être en mesure de finir son travail dans le temps imparti.

Nous sommes globalement assez satisfait de notre travail car le résultat est à la hauteur de nos attentes. Nous espérons que la lecture de notre rapport vous a plu et que notre soutenance saura susciter votre intérêt.



## Table des illustrations

1	Tableau de répartition des tâches pour la première soutenance . .	13
2	Tableau de répartition des tâches pour la seconde soutenance . . .	14
3	Tableau de répartition des tâches pour la troisième soutenance . .	14
4	Une image du premier niveau de notre jeu . . . . .	26
5	Une image du second niveau de notre jeu . . . . .	27
6	Une image du dernier niveau de notre jeu . . . . .	29

# Glossaire

- animator** Menu unity permettant de gérer les animations d'un objet, ainsi que les différentes transitions. 33
- assembleur** Language constitué d'une succession d'instruction qui sont converties en langage machine pour être exécutées par le processeur. Il existe un langage assembleur différent pour chaque type de processeur. 8
- box collider** Objet 3D de la forme d'un parallélépipède rectangle permettant de gérer les collisions avec d'autres objets.. 17, 28
- C** Langage de programmation compilé, procédural, très bas niveau et très rapide. 8, 9
- C Sharp** Language orienté objet, haut niveau, pré compilé.. 8, 10, 11
- C++** Langage de programmation orienté objet, il a toutes les fonctionnalités du C, avec en plus les classes, les templates, et bien d'autres. 8, 44
- Cam1** Langage de programmation automatiquement typé, pouvant être interprété ou compilé. 8
- Cocoa** Framework utilisable sur l'IDE XCode en Objective-C, couvrant la réalisation d'interfaces pour Os X et iOS. 44
- CSS** Cascading Style Sheets (Feuilles de style en cascades). Language permettant de mettre en forme un site web. 1, 8, 38, 45
- FPS** First Person Shooter (Jeu de tir à la première personne). 13
- framerates** Fréquence de rafraichissement d'un écran. 9
- framework** Ensemble de bibliothèques couvrant généralement en grande partie un ou plusieurs domaines, ayant un niveau d'abstraction variant de faible à élevé, afin qu'un développeur puisse l'utiliser ou le compléter facilement . 44
- GameObject** Dans Unity, un GameObject représente n'importe quelle type d'objet inclus dans le jeu, un personnage, une arme, une lumière, ou autre. 36, 44

**GUI** Graphical User Interface (Interface graphique d'utilisateur). 20

**HTML** HyperText Markup Language. Le HTML est un langage de description permettant de réaliser le contenu d'un site web. 8, 10, 38, 45

**HTTP** Hypertext Transfer Protocol : protocole de transfert permettant au navigateur de communiquer avec un site web. 23, 36, 37, 41, 45

**Java** Langage de programmation précompilé et haut niveau. Il s'exécute sur une machine virtuelle, indifféremment de l'OS utilisé. 8, 10

**Javascript** Langage de script interprété par le navigateur permettant d'animer une page web. 8, 38, 40, 45

**main** Nom de la fonction de début de programme. De nombreux langages de programmation possèdent cette fonction, qui marque le point de départ du programme. 44

**OpenGL** API multiplateformes pour la réalisation de graphismes en 3D. 10

**PHP** Langage de script interprété par le serveur, il permet de réaliser des sites web dynamiques. 8, 10, 38, 42, 45, 46

**Python** Langage de programmation interprété, ayant une syntaxe très légère, permettant de faire beaucoup en peu de lignes. 8, 10

**Qt** Framework permettant la réalisation d'interfaces graphiques multi-plateformes en C++. 44

**quaternions** En mathématiques ce sont des nombres dits hyper complexes. Ils sont utilisés pour représenter la rotation en 3D. 46

**raycast** Fonctionnalité d'Unity utilisé dans les scripts. Elle permet de savoir quels objets sont sur la trajectoire d'un vecteur défini. 16

**Ruby** Langage de programmation orienté objet interprété avec une syntaxe légère. 10

**SDK** Software Development Kit (Kit de développemnt logiciel) : C'est un logiciel d'aide au développement. 5, 44

**serialize** En programmation, permet de transformer une variable de n'importe quelle type en données binaires. 39

**shader** Script exécuté par la carte graphique permettant de donner des effets visuels particuliers. 16

**shuriken** Arme de jet asiatique. 2

**slow motion** Ralentissement du temps. 18

**SQL** Langage permettant de communiquer avec une base de donnée. 8, 37, 40, 42

**tag** Propriété d'un objet Unity, permettant de donner un nom à un objet, afin de pouvoir le retrouver plus facilement. 16

**template** Modèle. 1

**texture render** Objet d'unity. Contrairement à une texture normale, celle-ci peut changer durant l'exécution. 17

**timestamp** Le nombre de secondes écoulées depuis le premier janvier 1970. 41

**unserialize** En programmation, permet de récupérer une variable à partir de sa version sérialisée. 39

**url** Uniform Resource Locator : texte permettant d'identifier une ressource sur internet. 37

**WYSIWYG** What You See Is What You Get (Ce que vous voyez est ce que vous obtenez). Logiciel de production permettant d'arriver facilement au résultat souhaité.. 44

## Références

- [1] Blender Foundation. Blender. <https://www.blender.org/>.
- [2] Apache Friends. Xampp - cross apache http server mysql php perl. <https://www.apachefriends.org/fr/index.html>.
- [3] Epig Games. Unreal engine 4. <https://www.unrealengine.com/>.
- [4] Github Inc. Github. <https://github.com/>.
- [5] Simple IT. Openclassrooms (anciennement site du zero. <http://openclassrooms.com/>.
- [6] Microsoft. .net 4.5. <http://www.microsoft.com/net>.
- [7] Microsoft. Visual studio 2013. <https://www.visualstudio.com/>.
- [8] n33co. Html5 ups. <http://html5up.net/>.
- [9] Oracle. Mysql. <https://www.mysql.com/>.
- [10] Aras Prankevicius. Mirrorreflection3. <http://wiki.unity3d.com/index.php/MirrorReflection3>.
- [11] StackExchange. Stack overflow. <http://stackoverflow.com/>.
- [12] Unity Technologies. Unity 5 - game engine. <https://unity3d.com/>.
- [13] Unity Technologies. Unity learn. <http://unity3d.com/learn>.
- [14] Unity. Unity community. <http://forum.unity3d.com/>.
- [15] Valve. Portal, Octobre 2007. <http://www.valvesoftware.com/games/portal.html>.
- [16] Oculus VR. Oculus rift dk2, 2014. <https://www.oculus.com/en-us/dk2/>.