



AVRIL 2022

RAPPORT PROJET HSB

Moral en Oncologie

Rendre l'activité sportive des jeunes en oncologie
plus ludique et évaluer l'impact moral



Paul MONTASSIER
Siwon SHIN
Stéphane TREILLARD

Supervision du projet : Catherine SOLADIE

Abstract

Les adolescents et jeunes adultes atteints d'un cancer souffrent de pertes musculaires et de chute du moral. Ces phénomènes sont accentués dans le cas des patients hospitalisés en chambre stérile. Or, une pratique sportive régulière permet de réduire la convalescence et d'améliorer le moral [10]. Le projet moral en oncologie, porté conjointement par l'équipe OBAJA (dispositif AJA de la région Bretagne), le laboratoire M2S et l'équipe AIMAC de l'IETR, a pour objectif de développer un jeu sportif de réalité virtuelle, inspiré du jeu Beat Saber, pour favoriser l'exercice physique des patients hospitalisés. Le jeu Beat Saber consiste à trancher des cubes à l'aide de sabres, et ce en étant en rythme avec une musique. De plus, les jeux vidéo sont reconnus pour leurs capacités à fidéliser les joueurs. Le projet souhaite donc réutiliser ces dynamiques, qui ont déjà fait leurs preuves dans le monde du jeu vidéo, pour faciliter la pratique sportive en hôpital. L'utilisation d'un outil numérique permet aussi de suivre les performances du joueur à travers le temps. Les données sur la santé mentale du patient sont récupérées, dans notre solution, par l'intermédiaire d'un questionnaire. Le but est de fournir un suivi temporel d'indicateurs de la santé mentale du patient aux soignants. Un premier prototype a été conçu au cours de ce projet étudiant de 3^{ème} année à CentraleSupélec pour itérer sur la conception du jeu et débiter la relation entre les partenaires. Le jeu a pu être testé à mi-parcours du projet par les infirmières de l'équipe OBAJA qui ont été enthousiasmées par rapport aux possibilités offertes par la réalité virtuelle. Leurs nombreux retours ont permis d'améliorer le jeu en vue de son utilisation par les patients. L'équipe M2S, qui fournit une expertise sur la dimension sportive du projet, a aussi testé le prototype, et fait émerger l'idée d'un éditeur de niveau pour concevoir les chorégraphies. Dans le cadre de ce projet d'étudiant, aucun test avec des patients n'a pu être réalisé.

Remerciements

Nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères à toutes les personnes qui ont contribué au projet et qui nous ont apporté leur aide pour la réalisation de ce projet.

Nous tenons à remercier sincèrement Catherine SOLADIE, Renaud SEGUIER et toute l'équipe AIMAC qui a encadré ce projet, établi les premières communications avec les autres parties prenantes et s'est montrée très disponible et impliquée dans notre travail. Nous remercions donc l'ensemble de l'équipe pour l'aide et le temps qu'ils nous ont consacré et sans qui notre solution n'aurait jamais vu le jour.

Nous remercions également l'ensemble de l'équipe OBAJA à l'origine du projet. Nous tenons à remercier plus particulièrement Maina LETORT-BERTRAND, Jacinthe BONNEAU-LAGACHERIE et Fanny DROUADENNE dont les retours très enthousiastes lors de notre rencontre nous ont gardés motivés tout au long du projet.

Nous souhaitons aussi remercier l'équipe M2S et surtout Romane PEYRACHON-MOUISET et Amélie REBILLARD qui nous ont permis d'améliorer notre jeu par leurs nombreux retours.

Enfin, nous remercions l'équipe des étudiants de 2^{ème} année à CentraleSupélec du campus de Rennes pour leur aide et pour reprendre la suite de ce projet. Ainsi, merci à Mélissa EUPHROSINE, Jimmy AKL, Lucas CAMPOS DE PAULA PESSOA, Ricardo DA SILVA, Leticia LEVIN DINIZ, Carl RIZK, Khadija BOUASSIDA, Romain COUCHOUD et Vincent MICHELANGELI pour leur contribution au projet.

Table des matières

Abstract.....	2
Remerciements	3
Table des matières.....	4
I. Introduction	5
1. Présentation du contexte	5
2. Parties prenantes du projet	7
3. Chronologie du projet.....	8
4. Livrables	9
II. Etat de l'art.....	10
1. Numérique, santé et sport.....	10
2. La réalité virtuelle, nouvelle opportunité pour des jeux de sport	11
3. Comment mesurer la santé mentale des patients	13
III. Méthodologies et résultats.....	15
1. Architecture de notre solution	15
2. Stack technique.....	16
3. Gestion de projet	18
IV. Notre solution	19
1. Le jeu.....	19
a. Gameplay	19
b. Evaluation de la santé mentale du patient.....	21
2. L'éditeur	21
3. L'interface médecin	22
V. Conclusion.....	23
1. Prochaines étapes.....	23
2. Retour d'expérience.....	24
VI. Bibliographie	26

I. Introduction

1. Présentation du contexte

Le traitement de certains cancers se fait en chambre stérile. Le patient est alors isolé dans sa chambre et ne peut recevoir que très peu de visites. De telles conditions peuvent être difficiles à vivre pour les patients, en particulier lorsqu'ils sont jeunes. Or, le moral des patients a un impact direct sur l'efficacité des traitements qu'ils reçoivent, limitant notamment le risque de récurrence [1].

Cependant, les questionnaires qui existent actuellement dans les hôpitaux pour estimer le moral des patients pendant la durée de leur traitement ont tendance à ne pas ou peu être donnés aux patients ou à ne pas être correctement exploités selon le personnel médical.

Par ailleurs, la pratique du sport est reconnue dans de nombreux articles [2] comme ayant des vertus bénéfiques sur le moral. Cependant, en conditions de chambre stérile où le patient est perfusé en permanence dans un espace réduit, sa pratique reste difficile et limitée.

Notre projet tente donc de répondre à la problématique suivante :

Comment quantifier le moral des patients en chambre stérile ? Et comment les pousser à avoir une activité sportive pour mieux surmonter leurs traitements ?

Dans le cadre de notre projet, nous nous intéressons plus particulièrement aux jeunes adultes atteints de leucémie. La leucémie est un cancer du sang prenant naissance dans les cellules souches. Il existe plusieurs types de leucémie qui sont en général traités par chimiothérapie, par radiothérapie et dans certains cas par une greffe de moelle osseuse. L'isolement en chambre stérile devient nécessaire en cas d'aplasie sévère causée par la chimiothérapie ou dans certains cas de greffe.

L'enjeu de ce projet est donc de développer une solution simple et ludique pour faciliter et améliorer la pratique d'activités sportives des jeunes adolescents atteints de leucémie dans un milieu hospitalier restreint tout en évaluant l'évolution de leur moral.

Ainsi, le projet se propose d'utiliser les opportunités offertes par l'émergence des casques de réalité virtuelle dans le milieu médical. Cette technologie possède plusieurs avantages dans notre contexte :

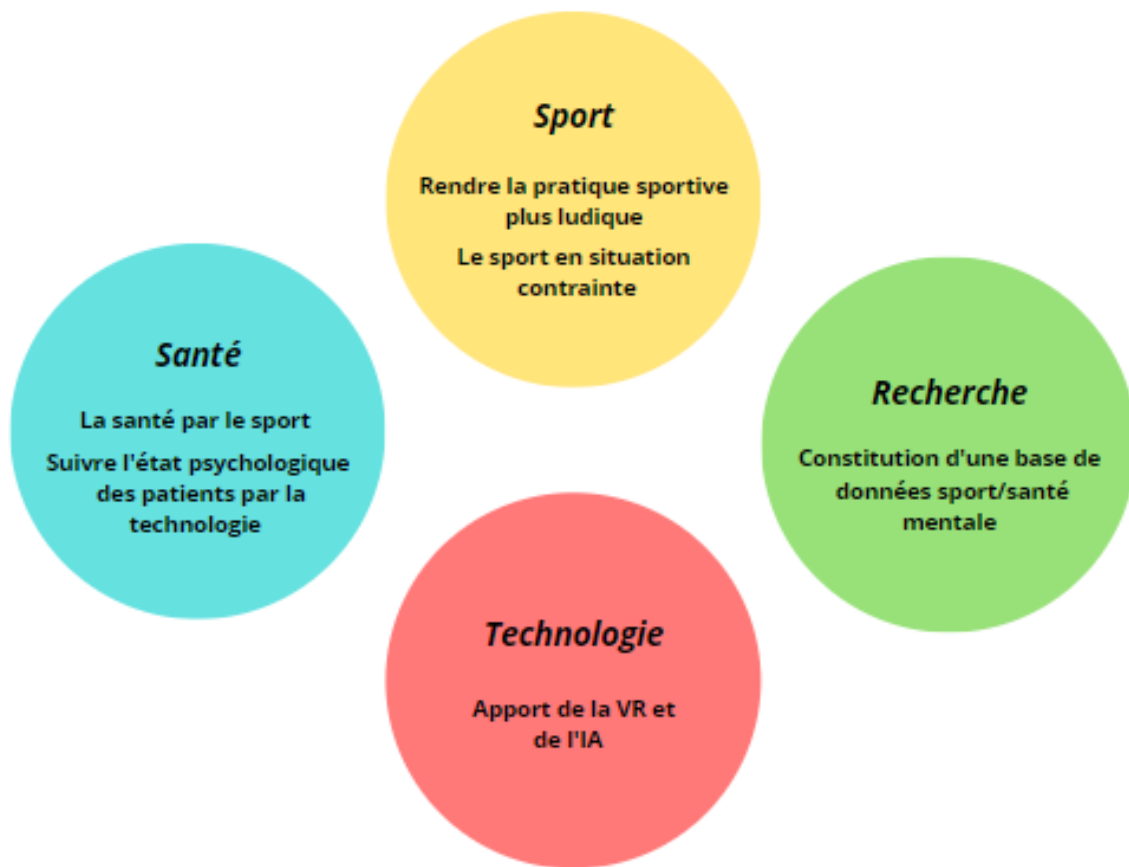


Figure 1 : Les enjeux autour du projet

L'utilisation d'un casque de réalité virtuelle et l'exploitation de ses capacités pour récupérer des données, telles que la voix et les mouvements du patient, peuvent fournir aux chercheurs une source de données massive pour l'étude de l'impact du sport sur l'hospitalisation des patients. Ces données associées aux réponses aux questionnaires, peuvent permettre de constituer une base de données mêlant moral avec ses dépenses sportives et des analyses de voix.

D'autre part, la réalité virtuelle peut rendre plus ludique la pratique sportive et ainsi la faciliter. Dans un cadre hospitalier où l'environnement et les conditions du patient sont contraints, la réalité virtuelle offre une opportunité de pratiquer du sport.

Enfin, en permettant une pratique régulière du sport ainsi qu'un suivi d'indicateurs sur les patients, la réalité virtuelle peut améliorer la convalescence de ces derniers.

Dans son intitulé initial, le projet proposait d'intégrer une partie d'analyse d'éléments du langage comme indicateur de santé mentale du patient par un algorithme de Natural

Language Processing, mais en accord avec nos encadrants, nous avons redéfini le sujet et mis de côté cet aspect.

Dans le cadre de ce projet étudiant de 3^{ème} année à CentraleSupélec, l'objectif est d'implémenter un premier prototype de la solution et de le faire tester par l'ensemble des parties prenantes du projet. Notre travail se situe au début du projet Moral en Oncologie. S'il y a déjà eu des prises de contact entre les partenaires et des visites, aucun livrable n'a encore été fourni. Notre travail possède donc une double fonction. D'abord, proposer un premier prototype sur lequel itérer et améliorer. Puis, permettre une rencontre des partenaires autour d'une première version du projet pour échanger autour de celui-ci et aboutir à une vision commune.

2. Parties prenantes du projet

Ce projet est réalisé au sein du projet de mention HSB (Healthcare et Services en Biomédical) de 3^{ème} année de l'école CentraleSupélec. Les élèves membres du groupe de projet sont Stéphane TREILLARD, Siwon SHIN et Paul MONTASSIER. L'encadrante de projet est la professeure Catherine SOLADIE de l'équipe de recherche AIMAC (Artificial Intelligence for Multimodal Affective Computing), partenaire de CentraleSupélec dont les travaux portent sur le domaine de l'Affective Computing ou IA des émotions.

Le projet est porté par trois entités pluridisciplinaires : l'équipe AIMAC, l'équipe OBAJA et l'équipe M2S qui apportent chacune une expertise propre.

- L'école CentraleSupélec et plus particulièrement l'équipe AIMAC apporte une expertise sur les questions technologiques, notamment sur les questions d'IA, pour analyser les émotions, et de réalité virtuelle ou augmentée. Deux équipes d'étudiants, une de seconde année et une en dernière année à CentraleSupélec, travaillent dans le cadre de projet d'étude au sein de l'équipe AIMAC.
- L'équipe OBAJA (Oncologie Bretagne Adolescents et Jeunes Adultes) du CHU Rennes Hôpital Sud [3], dont font partie l'infirmière puéricultrice coordinatrice Maïna LETORT-BERTRAND et Fanny DROUADENNE du service onco-hématologie pédiatrique, a joué en quelque sorte le rôle de client. N'ayant pas nous-mêmes accès aux chambres des patients, les infirmières nous ont permis d'évaluer au mieux notre prototype. D'un point de vue plus général, l'équipe OBAJA est en lien avec les malades. C'est elle qui autorise et réalise le cas échéant le test du jeu auprès des patients.

- Le laboratoire "Mouvement, Sport and health Sciences" (M2S), initiateur du projet avec la chercheuse Amélie REBILLARD, propose une expertise sur la pratique sportive chez les malades. Toute la réflexion et la réalisation des chorégraphies adaptées sont portées par le laboratoire.

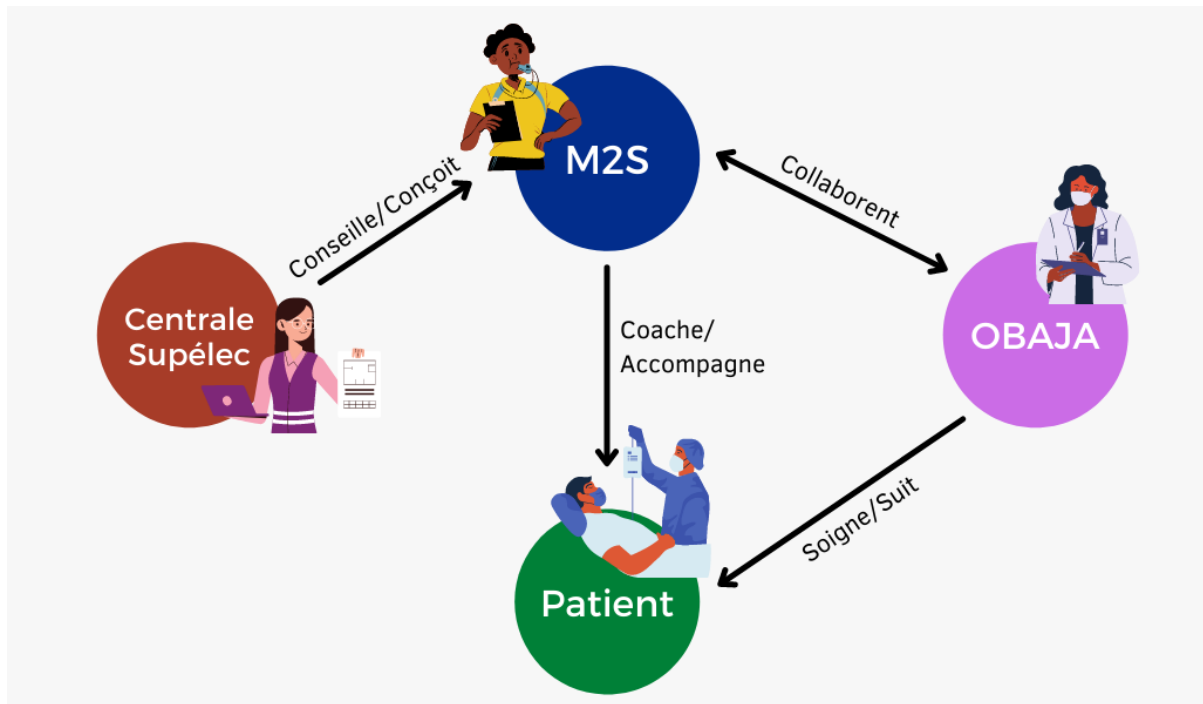


Figure 2 : Diagramme des interactions entre les acteurs

3. Chronologie du projet

En tout, trois équipes d'étudiants ont travaillé sur le projet. Une première équipe d'étudiants de 2^{ème} année à CentraleSupélec sur le campus de Rennes entre novembre 2021 et février 2022, une seconde équipe de 2^{ème} années de Rennes entre février et juin 2022 et notre équipe d'étudiants de 3^{ème} année à CentraleSupélec sur le campus de Paris Saclay entre novembre 2021 et avril 2022. Dans un premier temps, les équipes de 2^{ème} et 3^{ème} années ont travaillé parallèlement sur des projets identiques avec peu d'interaction entre les deux groupes. Il y a ensuite eu un travail de collaboration avec la seconde équipe de 2^{ème} années qui s'est traduit par des points hebdomadaires d'une heure, une répartition des tâches entre les équipes et un travail sur la passation du projet des 3^{ème} aux 2^{ème} années.

Avec les deux parties prenantes OBAJA et M2S, deux rencontres ont été réalisées. Tout d'abord une rencontre le 1^{er} février avec les infirmières au CHU de Rennes à l'occasion de notre soutenance intermédiaire. Nous avons également rencontré l'équipe M2S ce jour-là. Une seconde rencontre avec le laboratoire M2S a été organisée par les élèves de 2A le 5 avril. Nous n'avons pas assisté à cette seconde réunion, mais avons participé à sa préparation.

Voici le planning de notre projet :

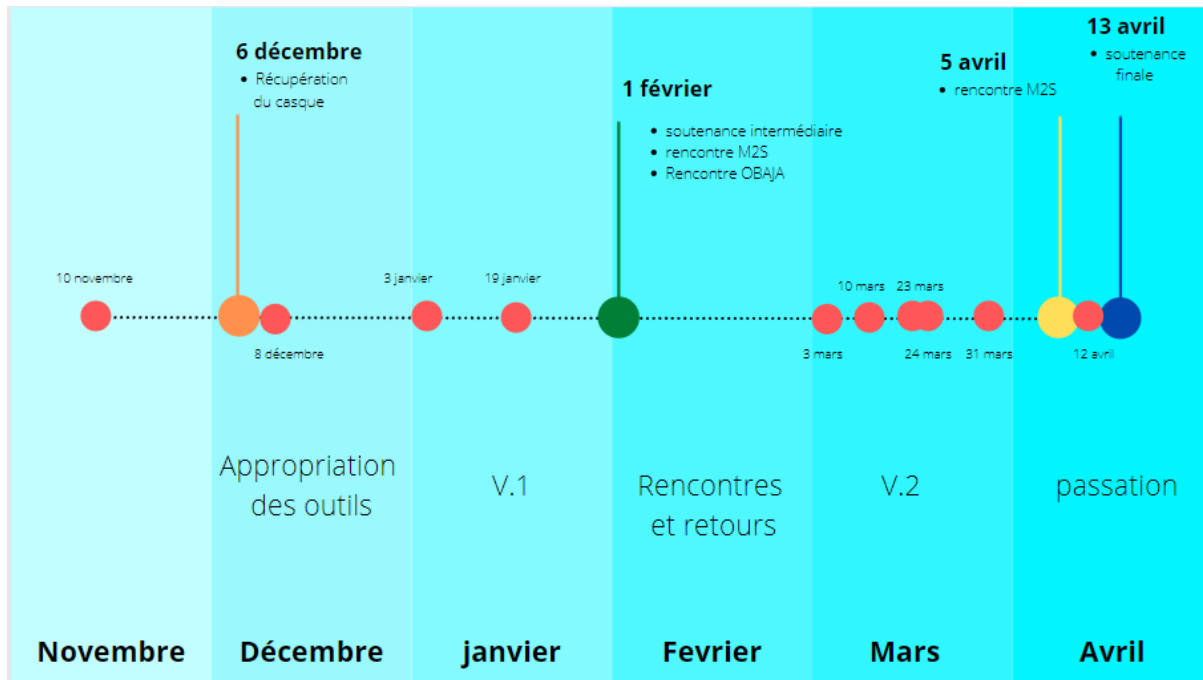


Figure 3 : Planning du projet de mention

4. Livrables

Différents livrables ont été fournis à la fin de notre travail.

La partie logicielle se décompose en trois ensembles : un jeu de réalité virtuelle, un éditeur de niveau sur PC, et une interface médecin sur PC. Après répartition des tâches avec l'équipe 2A, nous avons réalisé le jeu et l'éditeur de niveau. Eux ont conçu l'interface médecin.

Deux documentations ont été rédigées : une documentation utilisateur à destination de l'équipe OBAJA et M2S pour pouvoir utiliser nos logiciels, et une documentation technique à destination des 2A pour la transmission du projet.

Enfin, ce rapport et la présentation associée constituent les derniers livrables de ce projet.

II. Etat de l'art

1. Numérique, santé et sport

Le numérique offre de nouvelles solutions de santé. Dans notre projet, nous avons analysé plus spécifiquement les solutions existantes autour des applications de sport-santé et de biomécanique. L'avantage de ces applications est de proposer une médecine personnalisée, des solutions qui accompagnent les usagers dans le temps et des mécaniques de gamification pour fidéliser le patient.

Il existe tout d'abord des applications de coaching sportif spécialisées comme Activ'Dos (développé par l'assurance maladie) ou Aximove. Elles viennent proposer des mouvements pour réduire les douleurs dans le dos ou accompagner la rééducation des patients. Dans ce cas, les applications fournissent un programme d'entraînement, des conseils et des exercices. Mais elles ne proposent aucun retour sur les gestes des utilisateurs. Le second type d'application qui existe analyse le mouvement des patients pour leur proposer des conseils adaptés. C'est la solution proposée par le logiciel L.E.A qui réalise des analyses posturales.



Figure 4 : Solutions existantes. A droite Activ'Dos, à gauche le logiciel L.E.A. Des applications allant du coach spécialisé à des logiciels d'analyse du mouvement

Il existe également des jeux vidéo conçus pour favoriser la pratique du sport en proposant différents exercices de fitness. On peut par exemple citer Ring Fit Adventure, moins spécialisé et qui se veut plus ludique que les exemples cités précédemment.

Les bienfaits du sport sur la santé sont nombreux. Le sport renforce le système immunitaire, améliore la fonction cognitive, réduit les risques de cancer [11]. Dans le cas de l'hospitalisation, une étude réalisée sur des patients canadiens [12] conclut que la pratique sportive réduit de 36 % le temps d'hospitalisation des malades.

2. La réalité virtuelle, nouvelle opportunité pour des jeux de sport

Les applications PC et mobiles sont toutefois très limitées dans leur capacité à offrir des solutions de soins aux patients. L'immersion pour le patient est faible et les retours par rapport aux mouvements du patient sont rares et restreints. La réalité virtuelle offre un moyen de dépasser ces limitations. La réalité virtuelle désigne les dispositifs permettant de simuler numériquement un environnement par ordinateur. Selon les technologies employées, elle permet à l'utilisateur de ressentir un univers virtuel par le biais de ses différents sens : la vue le plus souvent, mais aussi le toucher, l'ouïe, l'odorat. Dans la plupart des cas, la réalité virtuelle se présente avec un casque accompagné ou non de manettes pour suivre le mouvement des mains et le simuler dans le monde virtuel.



Figure 5 : Casque Oculus Quest 2. Exemple de casque de réalité virtuelle

La réalité virtuelle tend à se démocratiser sur les dernières années. Son coût devient abordable. D'autre part, la technologie permet aujourd'hui d'avoir des casques assez puissants pour ne plus avoir besoin de les connecter à un ordinateur pour faire tourner le jeu, ce qui améliore grandement leur ergonomie.

De nombreux éditeurs de jeux vidéo ont exploité les possibilités offertes par la réalité virtuelle pour proposer des jeux de fitness. Il existe de nombreux jeux de boxe. Le jeu Beat Saber a lancé une mode de jeu très populaire en RV où le joueur doit détruire des objets, en rythme, qui lui arrivent dessus avec des sabres. Le joueur est motivé par la possibilité d'améliorer son meilleur score. Le casque Oculus Quest 2 propose aussi une application Oculus Move qui estime les dépenses physiques caloriques des joueurs à partir du mouvement du casque et des manettes.

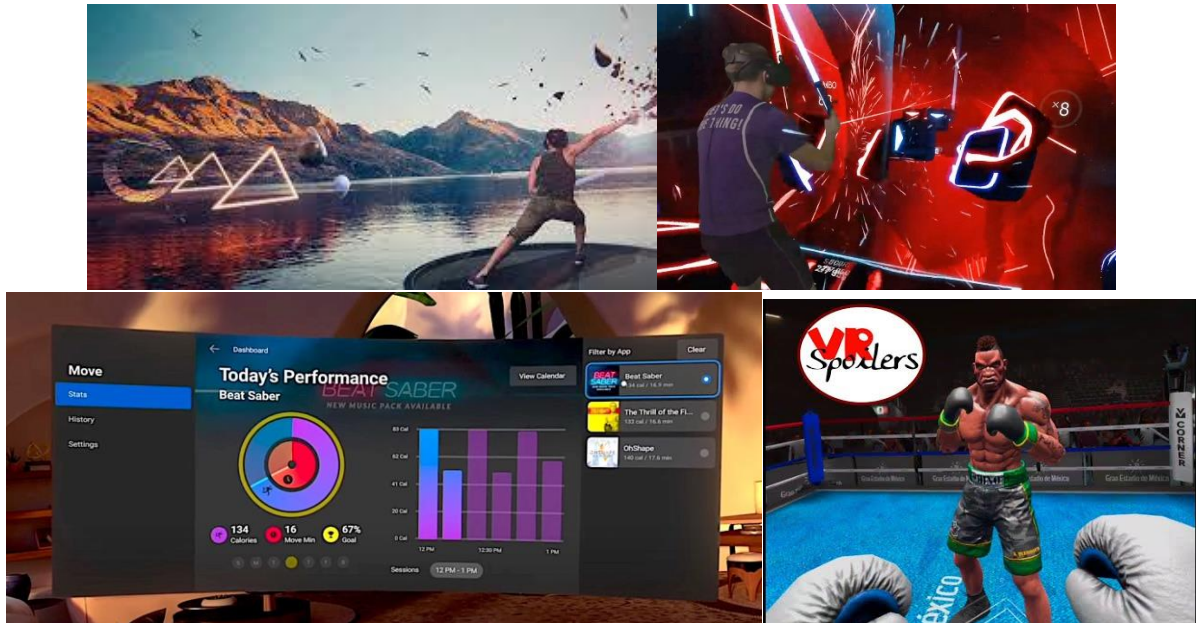


Figure 6 : Solutions VR existantes. Supernatural (en haut à gauche), Beat Saber (en haut à droite), Oculus Move (en bas à gauche), Creed II (en bas à droite)

Notre jeu est fortement inspiré de Beat Saber, qui est un jeu de rythme. Dans chaque niveau, des cubes arrivent face au joueur qui doit, à l'aide de sabres, les découper dans la bonne direction, avec le sabre de la bonne couleur et en rythme. À chaque niveau est attribuée une certaine difficulté, allant de "Easy" à "Expert+". Le jeu donne d'autres possibilités pour ajuster l'expérience de jeu : les cubes peuvent venir de plusieurs directions, on peut n'utiliser qu'un seul sabre, on peut ajouter des mines à ne pas casser ou encore des murs à éviter.



Figure 7 : Le jeu Beat Saber

D'autre part, dans des versions précédentes du jeu, il y avait un éditeur de niveau intégré en réalité virtuelle pour permettre au joueur d'utiliser sa propre musique et de placer des cubes.

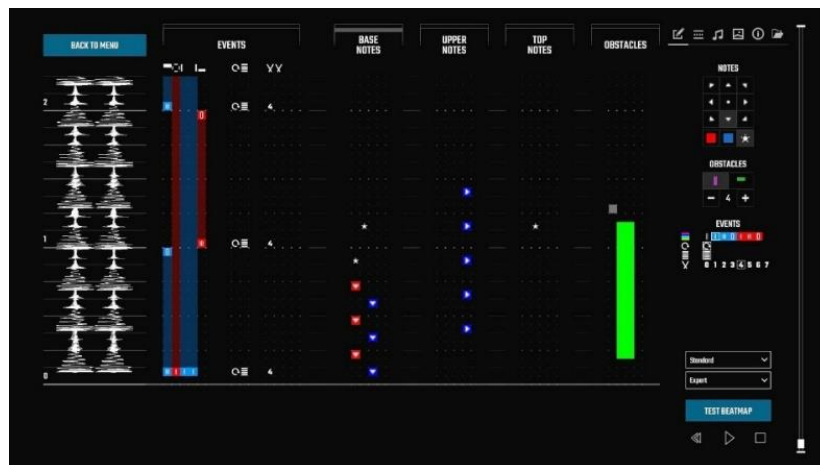


Figure 8: Editeur de niveau Beat Saber

3. Comment mesurer la santé mentale des patients

Dans le cadre hospitalier, la santé mentale des patients peut être mesurée par l'intermédiaire de questionnaires. Les questionnaires actuels sont le HADS (Hospital Anxiety and Depression Scale) [5] qui évalue la dépression et l'anxiété des patients en hospitalisation, le questionnaire ISI (Index de Sévérité de l'Insomnie) [6] qui évalue la qualité de sommeil, et le questionnaire PedsQL [7] qui évalue la qualité de vie des jeunes adultes à l'hôpital et des adolescents en pédiatrie.

L'IA offre de nouvelles possibilités d'analyse des expressions du visage et de la voix des utilisateurs. Le casque cachant une grande partie du visage, détecter les expressions est exclu. Toutefois introduire dans le gameplay une interaction orale avec le patient et l'enregistrer à l'aide du micro pour analyser les émotions dans sa voix est envisageable. Deux méthodes de détection des émotions dans la voix existent. On peut extraire des indicateurs du fichier son et de ses représentations fréquentielles soit par des indicateurs statistiques, soit par du Deep Learning et ensuite classifier selon l'émotion [9]. La seconde approche consiste à traiter le spectrogramme du signal (représentation fréquence/temps du son) comme une image avec des architectures de convolution [12].

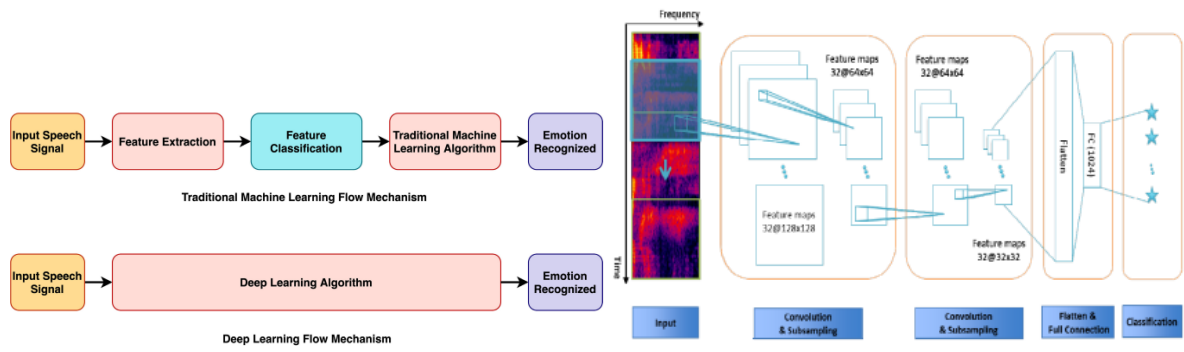


Figure 9 : Analyse des émotions dans la voix. Deux approches.

III. Méthodologies et résultats

1. Architecture de notre solution

Ce projet se propose de concevoir une solution technologique pour rendre l'activité sportive des jeunes patients plus ludique et évaluer l'impact de cette solution sur leur moral et sur leur état physique.

Ainsi, en plus de concevoir un jeu en réalité virtuelle pour inciter à l'exercice physique de manière ludique à la manière de Beat Saber et Supernatural, il est nécessaire d'offrir une solution apportant au médecin une visualisation des données sur le moral du patient. Pour enrichir les niveaux proposés par le jeu de réalité virtuelle, nous avons développé une interface d'édition de niveaux à l'instar de celle du jeu Beat Saber. Le but de cet éditeur est de permettre à des personnes ne sachant pas nécessairement coder de concevoir les meilleures chorégraphies possibles pour réaliser une activité sportive adaptée aux patients.

La solution que nous proposons dans le cadre de ce projet se divise donc en trois entités logicielles : un jeu en réalité virtuelle qui se lance sur le casque Oculus Quest 2, un éditeur de niveau sur ordinateur et une interface médecin sur ordinateur

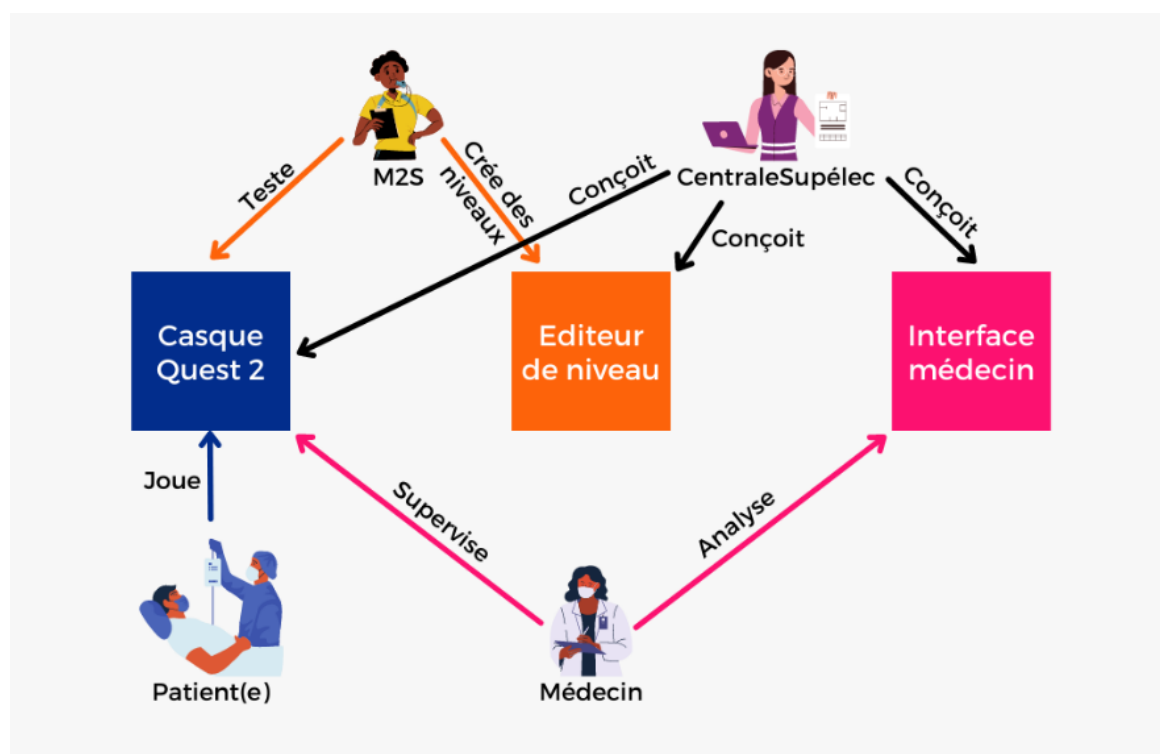


Figure 10 : Diagramme de cas d'utilisation

Ainsi, selon les parties prenantes contribuant à la réalisation du projet, leurs rôles et les logiciels qu'elles utilisent sont différents : les étudiants de CentraleSupélec sont chargés de concevoir les trois entités logicielles. L'équipe M2S, qui est spécialisée dans le sport, peut créer des niveaux chorégraphiés adaptés aux mouvements du patient dans un environnement restreint et les tester directement dans le casque Oculus Quest 2. Quant à l'équipe OBAJA, en plus de superviser l'utilisation du casque par le patient, elle peut analyser les données restituées en aval sur l'interface médecin afin d'évaluer l'évolution du moral du patient en milieu hospitalier.

2. Stack technique

Le casque de réalité virtuelle Oculus Quest 2, conçu par Meta Platforms, est muni d'un microphone intégré et de manettes permettant de suivre le mouvement des mains de son utilisateur en plus du mouvement de sa tête. Il est vendu au prix de 349,99 € pour une mémoire de 128 Go. Son principal avantage est de ne pas avoir besoin d'être connecté à un ordinateur pour fonctionner. Cela facilite son usage dans des milieux contraints, d'où le choix de son utilisation dans le cadre de ce projet.

Le jeu a été codé sur Unity, un moteur de jeu utilisé à la fois par des créateurs de jeux indépendants et par des grandes entreprises du jeu vidéo. Il a l'avantage d'être gratuit, de pouvoir créer des logiciels sur une grande variété de plateformes (Android, Windows, Mac, PS4 ...) et d'être utilisé par une large communauté, ce qui est très pratique pour trouver de l'aide en cas de problème. D'autres moteurs de jeu du même type existent comme Unreal ou encore Godot mais Unity est le plus utilisé des trois. Unity s'utilise avec le langage C# qui est un langage orienté objet et dispose de plusieurs bibliothèques permettant d'utiliser la réalité virtuelle, ce qui a grandement simplifié le début du projet.

Un éditeur de niveau a été développé depuis le rapport intermédiaire. Nous avons choisi de le programmer également sur Unity, pour plusieurs raisons. Tout d'abord, afin de pouvoir bénéficier d'une interface graphique qui aurait été pénible à programmer autrement. Ensuite, Unity permet de créer des exécutables, permettant aux utilisateurs d'éviter des installations de logiciels. Enfin, programmer à nouveau sur Unity permet de réutiliser une partie du travail déjà fait et de gagner du temps de travail sur les autres tâches.

L'interface pour les médecins, permettant de visualiser l'évolution des indicateurs de santé mentale du patient, a été développée à l'aide du Framework PyQt sur python. Nous avons fait le choix de développer un exécutable plutôt qu'un serveur web pour des questions de sécurité des données. Les fichiers sont échangés de manière filaire, même si les manipulations qui résultent de ce choix sont moins ergonomiques pour les médecins. Le développement de l'interface a été réalisé par l'équipe de 2^{ème} année.

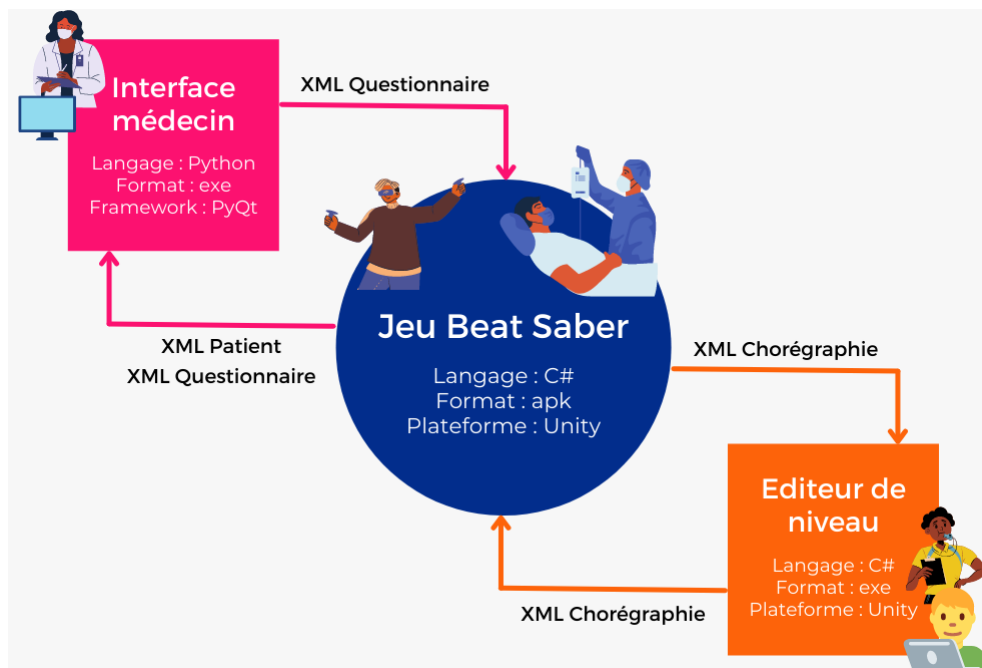


Figure 11: Schéma d'architecture générale de la solution

Ces différents logiciels interagissent les uns avec les autres via des fichiers au format XML. Ces derniers permettent de stocker des données de manière hiérarchique et sont très faciles à lire et à éditer. Des librairies C# et python existent pour les manipuler aisément. D'autres formats fonctionnent de manière similaire comme JSON, mais notre choix s'est porté sur XML car nous l'avons déjà utilisé dans des projets antérieurs. L'utilisation de fichiers type XML permet de pouvoir modifier plus facilement le contenu du jeu (les musiques, les chorégraphies, les questionnaires), sans avoir à modifier du code.

Fichiers XML

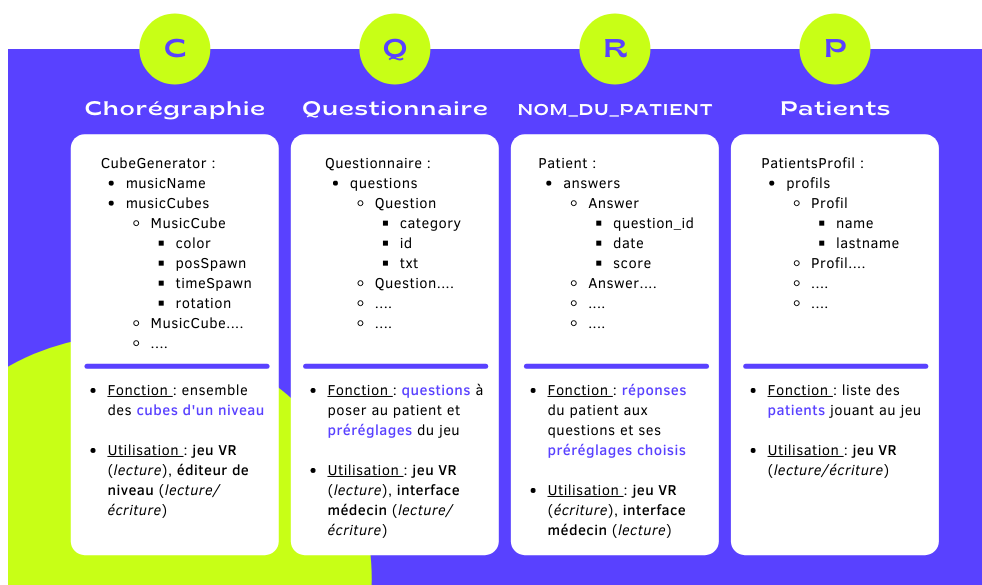


Figure 12 : Contenu et explications des fichiers XML

Enfin, pour le partage du code, nous avons utilisé un outil intégré à Unity : "Unity Collab", ainsi que Git. Unity Collab étant limité dans sa version gratuite à trois utilisateurs, il a été un outil d'échange interne au groupe tandis que Git nous a permis de transférer nos avancées au groupe de deuxièmes années. Les 2A avaient également leur propre dépôt Git.

3. Gestion de projet

Pour l'organisation du projet, nous avons utilisé le logiciel de gestion de projet Trello. Il repose sur l'organisation des projets en planches listant des cartes, chacune représentant des tâches. Nous avons adopté une approche agile par la mise en place de "sprints" nous permettant de régulièrement réécrire les spécifications et répartir les tâches, et ainsi rectifier la direction vers laquelle nous allions en nous adaptant à notre état d'avancement. Ces sprints ont chacun duré un mois, soit environ 15 demi-journées.

L'équipe de 2^{ème} année se trouvant sur un second campus, nous avons utilisé Teams pour les réunions avec eux, et le logiciel Git pour partager notre code. Nous avons planifié des rencontres hebdomadaires.

Pour communiquer avec Catherine SOLADIE qui se trouve sur le campus de Rennes, nous avons utilisé Microsoft Teams. Nous planifions des points tous les mois avec elle pour discuter de nos avancées.

Un rendez-vous a été organisé avec l'équipe OBAJA le 1^{er} février au CHU de Rennes. Renaud SEGUIER avait déjà rencontré l'équipe et visité le service d'oncologie. Il avait pu restituer les besoins du terrain. Nous avons souhaité attendre d'avoir un premier prototype fonctionnel à montrer avant de réaliser la rencontre. Les soignants ont pu mieux se projeter sur l'utilisation de notre solution. Ils ont notamment pris conscience du poids du casque, de l'espace nécessaire pour jouer sans risques et de l'effort physique à réaliser. C'était la première fois qu'ils utilisaient un casque de réalité virtuelle et il a fallu les accompagner dans son utilisation. Nous avons retransmis en direct sur téléphone ce que le joueur voyait dans le casque. Cette possibilité leur a beaucoup plu, pour pouvoir à terme guider le patient dans son utilisation du jeu. L'équipe OBAJA, qui avait exprimé la crainte de rajouter encore des écrans dans les chambres, est sortie de la réunion convaincue par les opportunités de notre jeu.

Deux rencontres ont été organisées avec le laboratoire M2S. Le but était de leur faire tester un prototype du jeu pour qu'ils puissent explorer les opportunités offertes par la réalité virtuelle, mais aussi de mieux définir nos relations de travail. Les équipes de CentraleSupélec ayant la charge du développement du jeu et le laboratoire M2S la création des chorégraphies ainsi que l'organisation des tests avec les patients. La première rencontre a eu lieu le 1^{er} février, après la rencontre avec l'équipe OBAJA. Lors de ce point nous avons échangé avec Romane PEYRACHON, une élève du laboratoire M2S. L'échange que nous avons eu a abouti à lancer le développement de l'éditeur de chorégraphie pour fournir une aide au laboratoire M2S dans la création des chorégraphies.

IV. Notre solution

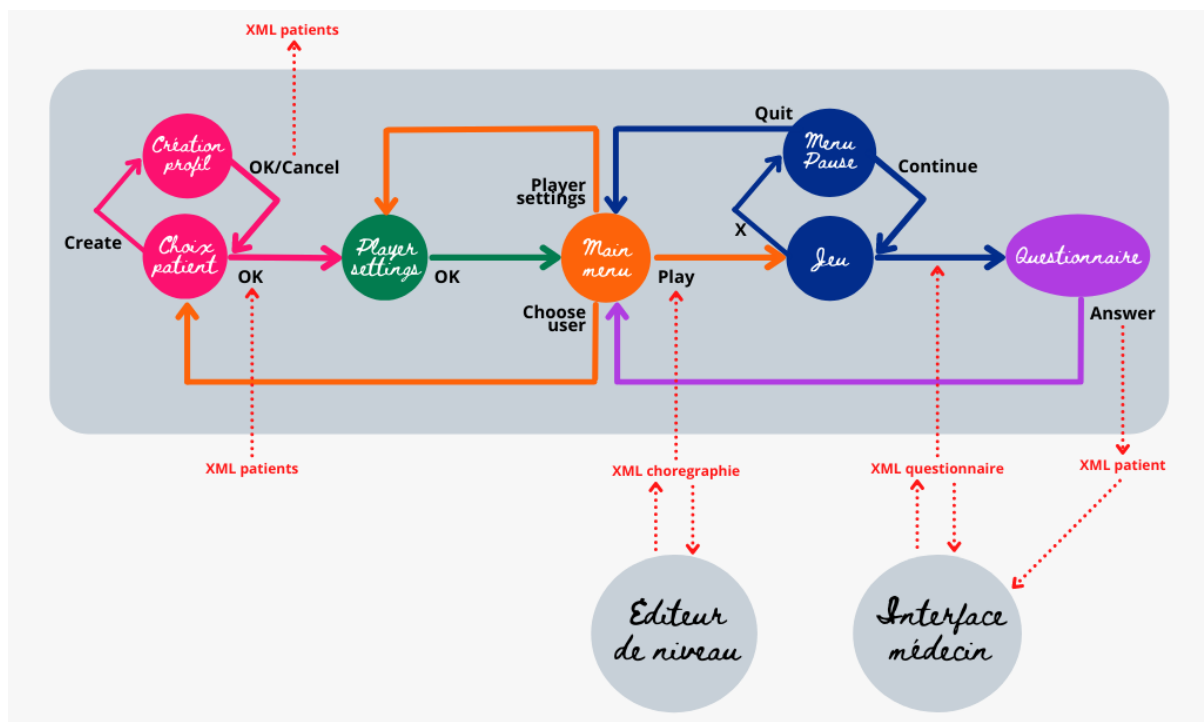


Figure 13 : Logigramme du jeu VR développé dans le cadre de ce projet

Nous avons ainsi développé trois plateformes différentes : un éditeur de niveaux, le jeu et une interface pour les médecins.

1. Le jeu

En plus des mécaniques de Beat Saber, nous avons cherché à introduire un suivi médical du patient dans le jeu. Dans la version initiale du projet, ce suivi était censé pouvoir être fait par analyse de la parole du joueur avec un algorithme de NLP. Cependant, la soutenance intermédiaire et le rendez-vous avec l'équipe OBAJA a permis de montrer que cet aspect n'était pas une priorité et nous n'avons donc pas considéré dans la conception du MVP (produit minimum viable).

a. Gameplay

Une version fonctionnelle du jeu a été réalisée. Comme dans Beat Saber, des cubes rouges et bleus défilent jusqu'au joueur qui doit les couper avec des sabres. Les cubes sont stockés dans des fichiers au format XML, indiquant pour chaque bloc sa position de départ,

son temps d'arrivée, sa rotation et sa couleur. Il y a 12 positions de départ possibles pour les cubes, 4 rotations et 2 couleurs. Les cubes avancent à vitesse constante vers le joueur et doivent arriver en rythme avec la musique de telle sorte qu'une partie ressemble à une chorégraphie à apprendre par le joueur. Des obstacles peuvent également arriver vers le joueur qui doit alors déplacer sa tête pour les éviter. Cela permet de diversifier les types de mouvements faits par le joueur et augmente les possibilités pour ce dernier de se dépenser.

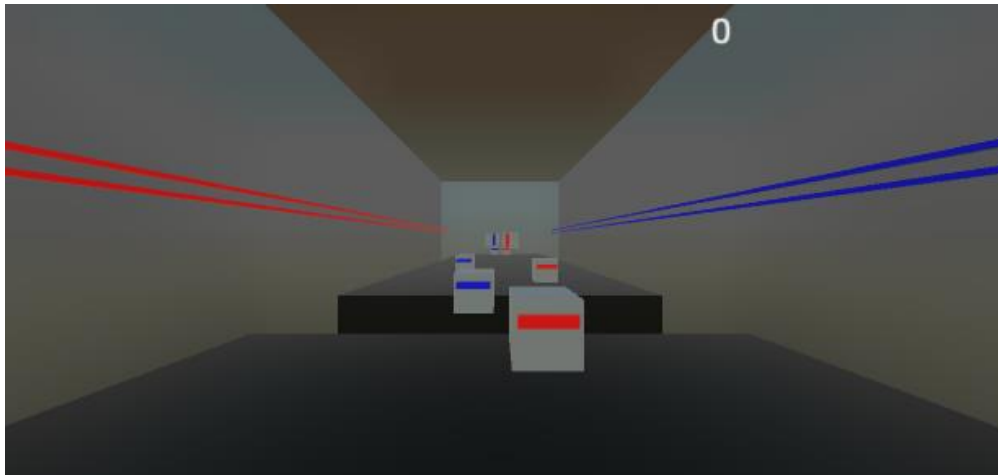


Figure 14 : Capture du jeu

Un menu assez basique a été conçu. Il permet au patient de créer un profil utilisateur, de choisir la difficulté du jeu (qui influence la vitesse à laquelle les blocs arrivent) et de personnaliser son expérience de jeu. Il peut choisir de jouer avec une seule main (il n'y a alors que des blocs d'une seule couleur), ou choisir de jouer debout ou assis (ce qui influence la hauteur des blocs à découper). Enfin, le joueur peut choisir une musique avant de débiter une partie.

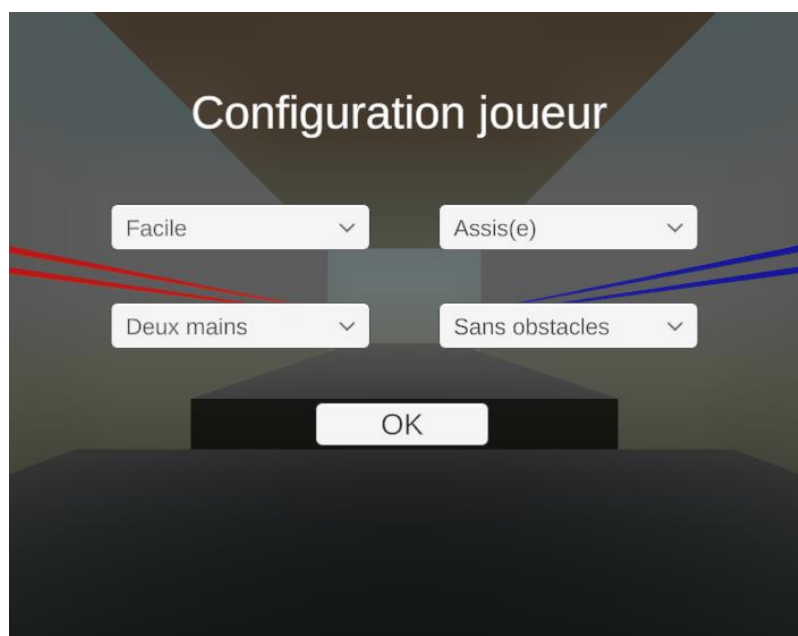


Figure 15 : Menu de configuration

b. Evaluation de la santé mentale du patient

Dans le jeu, la santé mentale du patient est mesurée à partir de réponses à des questionnaires qui apparaissent en fin de partie. A chaque question, est associée une réponse numérotée de 0 à 4 correspondants respectivement à "Non, pas du tout" et "Oui, complètement". Les questions sont inspirées des questionnaires existants utilisés à l'hôpital (mentionnés plus haut dans l'état de l'art) comme HADS [5], ISI [6] et PedsQL [7]

Une fois ces trois questionnaires étudiés, nous avons sélectionné les questions pertinentes à garder dans le cadre de ce projet et nous les avons réparties en trois catégories : Santé et activités, Emotions, et Relations avec les autres. Nous pouvons alors évaluer l'évolution des réponses pour chacune de ces trois catégories puis construire un indicateur de la santé mentale globale du patient.

Nous avons choisi de ne poser qu'une question par partie qui apparaît à la fin pour éviter de casser le rythme du jeu, ce qui nuirait à l'immersion. Le joueur sélectionne la réponse à la question via un pointeur laser.

Lors de la première utilisation du jeu, un patient crée un profil utilisateur et les réponses aux questions ainsi que la date de réponse sont enregistrées dans un fichier XML qui porte son nom. Les choix faits par le joueur en début de partie pour personnaliser son expérience de jeu sont également enregistrés dans le fichier XML et donnent un indicateur de la confiance en lui du patient.

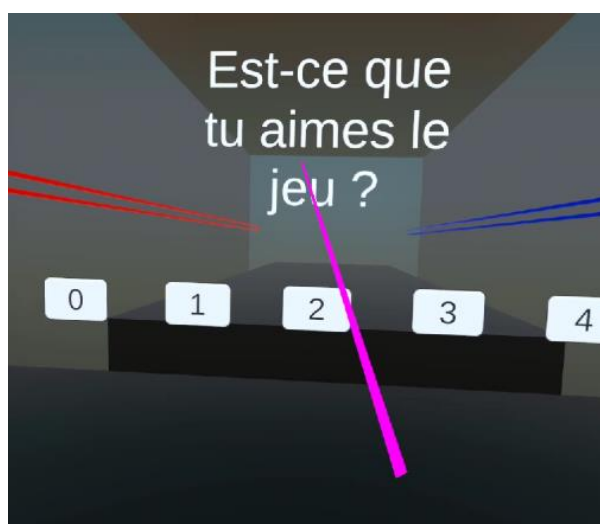


Figure 16: Intégration des questionnaires dans le jeu

2. L'éditeur

Dans les parties prenantes du projet, l'équipe M2S est la plus à même à estimer quels sont les mouvements qui permettent le mieux au patient de se dépenser et de faire de

l'exercice physique. Etant donné que cette équipe n'a pas nécessairement de compétences en programmation, l'idée nous est venue en discussion avec eux de créer un éditeur de niveaux rendant plus simple la création de "chorégraphies". Pour nous, cet outil est également intéressant : lors de la soutenance intermédiaire, un niveau test avait été réalisé et avait nécessité beaucoup de temps. L'éditeur de niveaux rend à la fois la création d'un niveau plus simple et plus rapide. Il a été également développé sur Unity.

L'éditeur permet de gérer l'avancement de la musique et des différents cubes. Il permet de placer des cubes en rythme avec la musique en choisissant leur couleur et leur rotation, de supprimer et d'avancer ou reculer légèrement les cubes déjà placés. On peut aussi choisir de placer des obstacles à éviter.

À tout moment, l'utilisateur peut enregistrer le placement des cubes, qui est alors stocké dans un fichier XML qui est directement lisible par le jeu en plaçant ce fichier dans le bon dossier.

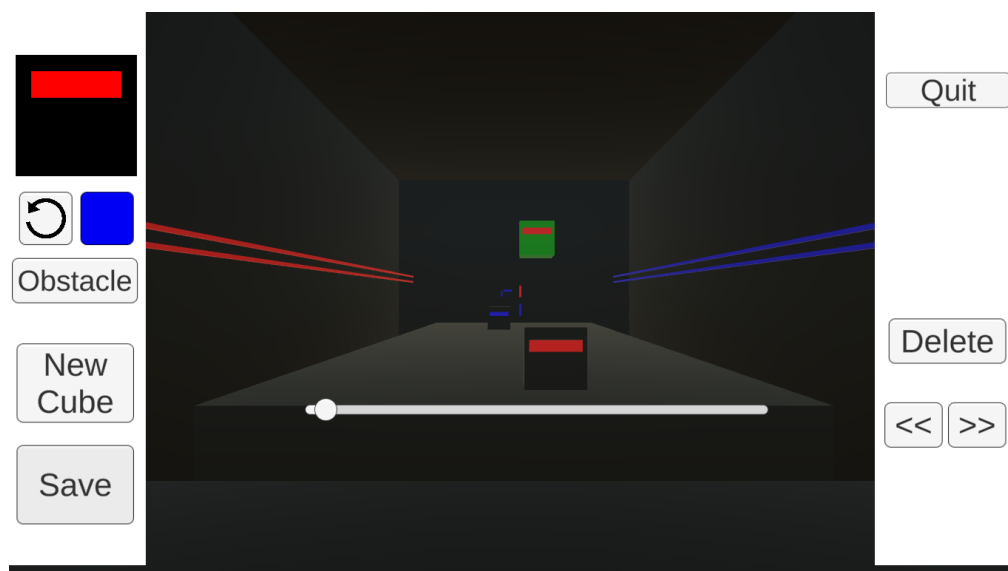


Figure 17 : Capture de l'éditeur de niveau

3. L'interface médecin

L'interface médecin est constituée de deux fenêtres. La première capable de lire les fichiers XML patients et de retranscrire les résultats aux médecins sous forme de graphiques. La seconde permet d'éditer le questionnaire. Le développement de l'interface est mené par l'équipe de 2^{ème} années.

V. Conclusion

Notre projet a abouti à la conception d'un MVP utilisable. Toutefois, un certain nombre de développements restent nécessaires pour parvenir au produit final. D'abord des développements à court terme qui correspondent aux étapes que l'on aurait réalisées avec deux mois de plus et qui sont nos recommandations à l'équipe de 2^{ème} années. Ensuite, à plus long terme, nous listons les étapes qui nous semblent les plus pertinentes pour finaliser le jeu.

1. Prochaines étapes

A court terme :

- Développer une interface médecin : cette dernière doit lire les fichiers XML des patients et reconstituer les résultats pour les médecins. On envisage aussi de pouvoir éditer le fichier questionnaire depuis cette interface.
- Améliorer le design du jeu : le design actuel du jeu est très minimaliste. Modéliser des sabres, des cubes et le décor ou encore ajouter des sons lors de la coupe des cubes permet d'améliorer l'expérience de jeu et donc de fidéliser le joueur.
- Intégrer un système de score : pour l'instant, le système de score est simpliste. Le joueur gagne un point à chaque fois qu'il casse un cube. Le score n'est d'ailleurs pas sauvegardé. Intégrer un score prenant en compte l'angle avec lequel le sabre coupe les cubes tout comme rajouter un "leaderboard" peut améliorer l'expérience utilisateur. On peut également envisager d'ajouter un système de combos ou une barre de vie comme dans Beat Saber.
- Enrichir le jeu de musiques et de chorégraphies : fournir le jeu avec plusieurs musiques ainsi que des chorégraphies déjà réalisées peut faciliter son utilisation par l'équipe OBAJA.

A plus long terme :

- Réfléchir au Business model : les aspects business ont peu été étudiés dans notre travail. La question de définir notre produit est encore ouverte. S'il nous paraît clair qu'il faut fournir un casque VR avec le jeu installé, la question de proposer aussi un ordinateur avec nos logiciels installés ou bien de venir installer les logiciels sur l'ordinateur du client reste ouverte.
- Analyser la voix et les mouvements du patient : Pour l'instant notre source d'informations sur la santé mentale du patient correspond aux réponses aux questionnaires. Réussir à intégrer dans le gameplay une phase de dialogue avec le patient et d'enregistrer ses réponses pour les analyser reste à faire. Parallèlement, estimer la dépense physique du patient à partir du mouvement des manettes et du

casque peut fournir un indicateur pertinent sur la forme physique du patient dans le temps.

- Améliorer l'ergonomie du produit pour les usagers. Pour l'instant, si les soignants souhaitent rajouter des musiques ou des chorégraphies ou analyser les résultats du patient, il leur faut brancher le casque à un ordinateur. Intégrer un échange de données avec un serveur web peut rendre l'utilisation de notre solution plus simple.
- Réaliser des tests avec les patients. La partie réalisation de test avec les patients concernent surtout les équipes OBAJA et M2S et ne pourra commencer que lorsqu'elles considéreront la solution suffisamment avancée.
- Réalisation des chorégraphies. Cette tâche concerne sans doute davantage l'équipe M2S, mais pourrait avoir des implications pour le développement de la solution comme l'ajout de positions de départ des cubes, de nouveaux types de déplacement...
- Réfléchir à l'utilisation du casque en milieu stérile : le casque est composé de certains matériaux difficiles à désinfecter : le casque se fixe à la tête par un scratch et les lentilles ne supportent pas certains produits de désinfection

2. Retour d'expérience

Les points forts de ce projet ont été :

- Un gros travail de compréhension du besoin. Renaud SEGUIER, Catherine SOLADIE, l'équipe OBAJA et l'équipe M2S ont chacun des visions du projet différentes et des besoins propres. La création d'un éditeur de niveau pour l'équipe M2S, un menu pour permettre au joueur de personnaliser l'expérience de jeu en fonction de sa condition physique pour l'équipe OBAJA, une solution boîte noire où il suffit de poser et récupérer des fichiers dans des dossiers sans avoir besoin de comprendre comment fonctionne le jeu de la part de Renaud. Il nous a donc fallu comprendre et synthétiser les besoins pour faire émerger le MVP.
- Une grande liberté dans la conception du jeu. Nous avons beaucoup de décisions à prendre dans les choix des technologies, de l'architecture du jeu ou de l'organisation du projet.
- Un travail collaboratif. Nous avons dû organiser des rencontres avec les différentes parties prenantes et il y avait un véritable aspect gestion de projet avec le groupe des deuxièmes années.

Quelques difficultés :

- Nous avons obtenu le casque après un mois, par hasard à la suite d'une erreur de commande. Le casque est essentiel pour le bon déroulement du projet et il aurait été intéressant de l'avoir dès le début.

- On s'est un peu perdu au début au milieu des différentes parties prenantes du projet et nous n'avons pas vraiment eu d'interactions avec eux avant la soutenance intermédiaire (l'équipe de deuxièmes années incluse), excepté avec notre encadrante.

VI. Bibliographie

- [1] Bouillet, Thierry. "Utilité et mécanismes de l'activité physique en oncologie."
Pratiques en nutrition, Juin 2021.

- [2] Articles sur les effets bénéfiques de l'activité sportive sur le moral :
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378512217308563>
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1470658/>

- [3] Site internet de l'équipe OBAJA du CHU Rennes Sud
<https://obaja.fr/>

- [4] Tutoriel pour créer un clone de Beat Saber :
<https://github.com/ImmersiveAtUva/HooHacks-Beat-Saber>

- [5] Questionnaire HADS :
<https://www.svri.org/sites/default/files/attachments/2016-01-13/HADS.pdf>

- [6] Questionnaire ISI :
<https://www.cets.ulaval.ca/sites/cets.ulaval.ca/files/insomnie.pdf>

- [7] Questionnaire PedsQL :
<https://hestia.chu-nantes.fr/Quadop/Documentation/PedsQL%20Enfant%20de%203%20%C3%A0%2025%20ans%20et%20Parents.pdf>

- [8] Leila Kerkeni. Analyse acoustique de la voix pour la détection des émotions du locuteur. Vision par ordinateur et reconnaissance de formes [cs.CV]. Université du Maine; Université du Centre (Sousse, Tunisie), 2020. Français. ffNNT : 2020LEMA1003ff. fftel-02925116f

[9] R. A. Khalil, E. Jones, M. I. Babar, T. Jan, M. H. Zafar and T. Alhussain, "Speech Emotion Recognition Using Deep Learning Techniques: A Review," in *IEEE Access*, vol. 7, pp. 117327-117345, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2936124.

[10] NAZMI SARI. SPORTS, EXERCISE, AND LENGTH OF STAY IN HOSPITALS: IS THERE A DIFFERENTIAL EFFECT FOR THE CHRONICALLY ILL PEOPLE? *Contemporary Economic Policy* Volume 32, Issue 2 p. 247-260

[11] Les bienfaits du sport sur la santé. <https://www.pourlascience.fr/sd/medecine/les-bienfaits-du-sport-sur-la-sante-7684.php>

[12] W. Lim, D. Jang and T. Lee, "Speech emotion recognition using convolutional and Recurrent Neural Networks," *2016 Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA)*, 2016, pp. 1-4, doi: 10.1109/APSIPA.2016.7820699.