

Travail de Bachelor 2023

Développement d'une application ludique d'exercices de physiothérapie à domicile pour les enfants avec une infirmité motrice cérébrale (IMC)



Etudiant : Daniel / Pinto de Matos

Professeur : Micheal Ignaz / Schumacher

Date de dépôt : 28 juillet 2023

www.hevs.ch

Résumé

L'objectif de ce projet est la réalisation d'un prototype de *Serious Game* sur tablette destiné aux enfants atteints d'une Infirmité Motrice Cérébrale (IMC) tel qu'imaginé par Mittaz Margaux et Roberfroid Nicolas, mandants du projet, dans leur propre travail de bachelor. Ce jeu a pour but de faire s'exercer physiquement les enfants selon un programme d'exercice défini par un physiothérapeute via une plateforme web. Il se présente sous la forme d'un jeu 3D avec monde ouvert dans lequel le joueur évolue représenté par un avatar pour trouver un personnage qui lui permettra d'effectuer son prochain exercice.

À la suite d'un travail sur l'état de l'art actuel en termes de *Serious Games* traitant des applications ludiques pour enfants à mobilité réduite, les exigences du projet ont été définies en collaboration avec les mandants. Après deux mois de développement en Scrum, le prototype a pu être développé sur la plateforme Unity selon le Product Backlog défini avec le soutien des mandants. Le style graphique du jeu se rapproche de celui d'autres titres comme « Animal Crossing » dans le but de plaire aux petits joueurs. L'ergonomie des menus et des contrôles ont également été adaptés pour faciliter l'usage par ces enfants à la mobilité fine réduite. Cependant, le dernier sprint n'a pu être réalisé à temps, laissant le site web destiné aux physiothérapeutes inachevé. La gestion des patients, de leurs exercices et la consultation de leurs feedbacks est alors impossible pour les professionnels de la santé. La gestion du projet et son déroulement ainsi que les possibles améliorations futures seront détaillées dans ce rapport.

Mots clés : serious game, physiothérapie, Unity

Avant-propos et remerciements

Ce projet est né à la suite du travail de bachelor de Mittaz Margaux et Roberfroid Nicolas de la filière physiothérapie de la HES-SO Valais-Wallis sur la création d'une sélection d'exercices destinée aux enfants avec une infirmité motrice cérébrale (IMC). En collaboration avec eux et leur professeure le Dr Simon Martinez Cristina, ce travail a pour objectif de réaliser un prototype d'une application d'exercice sous la forme d'un *Serious Game*, soit un jeu à la fois amusant et pédagogique ainsi que de développer les autres outils et solutions nécessaires au fonctionnement de l'application tel qu'imaginée.

D'autres applications et projets poursuivent un but similaire. « Zingo », une application australienne, vise aussi à rendre les exercices de physiothérapie plus ludiques pour les enfants. « Rehabot », un projet espagnol, permet quant à lui de transmettre les exercices du jour via « Telegram », une application de messagerie instantanée, et propose une gestion approfondie des patients et des exercices. Cependant, aucune solution connue ne combine à la fois l'aspect ludique d'un jeu et la gestion des patients et de leurs exercices.

Le défi principal de ce travail réside dans l'utilisation de nouvelles technologies relatives au développement de jeux comme l'animation en 3D de personnages et la création d'un monde virtuel. Les

connaissances techniques seront également mises à l'épreuve afin de faire communiquer l'application avec le reste de l'infrastructure dans le but d'assurer une expérience thérapeutique et ludique personnalisée pour l'utilisateur.

Ce travail fera donc état du travail réalisé dans le cadre de ce projet de bachelor en informatique de gestion de la HES-SO Valais-Wallis.

Ce projet a pu être réalisé grâce au soutien du professeur responsable, Schumacher Michal Ignaz, qui a soutenu l'équipe de développement durant la réalisation du projet. Nos remerciements vont également à Mittaz Margaux et Roberfroid Nicolas pour avoir participé au projet en tant que clients, Simon Martinez Cristina, leur professeure, pour ses conseils avisés, Zufferey Jeff de Cyberlearn pour avoir mis une tablette tactile à disposition et Widmer Antoine, professeur à la HES-SO, pour ses conseils en matière de développement de jeux mobile.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
1. ETAT DE L'ART	1
1.1. ZINGO	1
1.2. REHABOT	2
1.3. TABLEAU COMPARATIF	3
1.4. DECISION DE DEVELOPPEMENT	3
2. REQUIREMENTS ENGINEERING	3
2.1. PORTEE DU PROJET	3
2.2. PARTIES PRENANTES PRINCIPALES	4
2.3. CONTRAINTES	4
2.4. EXIGENCES DU PRODUIT.....	4
2.4.1. Exigences fonctionnelles	4
2.4.2. Exigences non-fonctionnelles.....	4
3. METHODE DE TRAVAIL	5
4. CHOIX DU MOTEUR DE JEU	6
4.1. CRITERES DE SELECTION	6
4.2. UNITY3D	6
4.3. UNREAL ENGINE.....	7
4.4. GODOT.....	8
4.5. TABLEAU COMPARATIF	9
4.6. CHOIX FINAL	9
5. OUTIL D'ANIMATIONS ET DE MODELISATION	10
5.1. CRITERES DE SELECTION	10
5.2. BLENDER.....	10
5.3. ZBRUSH.....	11
5.4. CINEMA4D	11
5.5. TABLEAU COMPARATIF	13
5.6. CHOIX FINAL	13
6. SITE INTERNET	13
6.1. CRITERES DE SELECTION	13
6.2. SITE WEB ASP.NET	14
6.3. REACT.JS.....	14
6.4. TABLEAU COMPARATIF	15
6.5. CHOIX FINAL	15
7. BASE DE DONNEES	15
7.1. CYCLE DE VIE DES DONNEES.....	15
7.2. CRITERES DE SELECTION	16
7.3. MYSQL AVEC UN SERVEUR PHP.....	16
7.4. FIREBASE	17
7.5. ENTITYFRAMEWORK CORE 7 AVEC UNE API ASP.NET CORE.....	18
7.6. TABLEAU COMPARATIF	18
7.7. CHOIX FINAL	19
8. ARCHITECTURE	19
9. MOCKUPS ET DEROULEMENT DU JEU	20
10. BASE DE DONNEES DU PROJET	24

11. PROJET ET GESTION	25
11.1. SPRINT 0.....	25
11.2. SPRINT 1.....	27
11.3. SPRINT 2.....	28
11.4. SPRINT 3.....	29
11.5. SPRINT 4.....	30
11.6. UTILISATION DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE	31
12. LE JEU	31
12.1. PRINCIPE.....	31
12.2. GRAPHISMES	32
12.3. ERGONOMIE ET INTERFACE UTILISATEUR.....	33
13. AMELIORATIONS POSSIBLES	34
13.1. JEU	34
13.2. API.....	35
CONCLUSION	38
RÉFÉRENCES	39
ANNEXE I : PRODUCT BACKLOG	44
ANNEXE II : VELOCITE DU PROJET	51
ANNEXE III : RELEASE ROADMAP	52
ANNEXE IV : SPRINT BACKLOG 0	53
ANNEXE V : SPRINT BACKLOG 1	54
ANNEXE VI : SPRINT BACKLOG 2	55
ANNEXE VII : SPRINT BACKLOG 3	56
ANNEXE VII : SPRINT BACKLOG 4	57

Liste des figures

Figure 1 - Unity Asset Store.	7
Figure 2 - IDE de Godot.	8
Figure 3 - Projet par défaut de Blender.	11
Figure 4 - IDE de Cinema4D.	12
Figure 5 - Architecture du projet.	19
Figure 6 - Mockups des premiers écrans.	20
Figure 7 - Mockups du coeur du jeu.	21
Figure 8 - Mockups des mini-jeux.	22
Figure 9 - Diagramme de la base de données.	24
Figure 10 - Burn down chart du sprint 0.	26
Figure 11- Burn down chart du sprint 1.	28
Figure 12- Burn down chart du sprint 2.	29
Figure 13- Burn down chart du sprint 3.	30
Figure 14 - Rencontre avec le coach.	32
Figure 15 - Showcase du monde virtuel.	33
Figure 16 - Ecran de feedback sur l'humeur	33
Figure 17 - Exercice du papillon.	34
Figure 18 - Ecran titre d'Animal Crossing New Horizons.	35
Figure 19 - Fonctionnement de OAuth 2.0	36
Figure 20 - OAuth 2.0 avec PKCE	37
Figure 21 - Attaque lors d'un login OAuth 2.0 avec PKCE	37

Liste des Tableaux

Tableau 1 - Comparatif des solutions existantes.....	3
Tableau 2 - Comparatif des moteurs de jeu.	9
Tableau 3 - Comparatif des Solutions de modélisation 3D et animations.	13
Tableau 4 - Comparatif des technologies Web.	15
Tableau 5 - Comparatif des solutions de base de données.	18

Liste des abréviations

API	Application Programming Interface
BD	Base de Données
CRUD	Create, Read, Update, Delete
DOM	Document Object Model
EF	EntityFramework
IDE	Integrated Development Environment
IMC	Infirmité Motrice Cérébrale
JSON	JavaScript Object Notation
LINQ	Language-Integrated Query
LPD	Loi fédérale sur la Protection des Données
mHealth	Mobile Health
MVP	Minimum viable Product
NoSQL	Not Only Structured Query Language
ORM	Object Relational Mapping
PB	Product Backlog
PHP	Personal Home Page ou Hypertext Preprocessor
PKCE	Proof Key of Code Exchange
PO	Product Owner
SDK	Software Development Kit
SP	story points
UE	Unreal Engine
US	User Story

Introduction

Le présent projet traite de la réalisation d'un prototype de *Serious Game* à la suite de la proposition de travail de bachelor émise par Mittaz Margaux et Roberfroid Nicolas. Le but de l'application est d'augmenter la capacité de rétention aux exercices à domicile des enfants atteints d'une IMC en leur proposant une application à la fois thérapeutique et ludique. Le jeu est accompagné d'un site web destiné aux physiothérapeutes qui leur permettra de gérer leurs patients et leurs programmes d'exercice à domicile.

Dans ce texte, il sera fait état des différentes solutions pouvant permettant d'accomplir ce but et des raisons qui ont amené au développement d'un nouveau prototype. Ce travail détaillera également les choix des technologies utilisées pour réaliser le projet ainsi que le déroulement du développement. Finalement, un chapitre détaillera les possibles améliorations futures qui pourraient être apportées à l'application et aux autres solutions du projet.

1. Etat de l'art

1.1. Zingo

Née de la collaboration entre diverses universités et écoles australiennes et néo-zélandaises et de l'hôpital pour enfants de Perth, Zingo est une application Mobile Health (mHealth) destinée aux enfants atteints d'une infirmité motrice neurologique comme un IMC ou un trouble du spectre autistique. Cette application propose aux enfants des exercices physiques variés qu'ils sont alors libres de choisir et d'effectuer. Les études préliminaires au développement de Zingo ont démontré l'importance de la gamification de l'application dans le but d'inciter l'enfant à s'en servir de lui-même et le pousser à réaliser les exercices. Pour rendre le jeu attrayant, l'utilisateur doit prendre soin d'un animal de compagnie de son choix en lui achetant à manger et des jouets à l'instar d'un « Tamagotchi », un petit jouet électronique avec le même but. Il revient alors à l'utilisateur de s'occuper de son animal en gagnant des pièces qu'il peut dépenser dans un magasin pour lui acheter ce don il a besoin. Le joueur gagne des pièces à mesure qu'il effectue des exercices, ce qui pousse l'enfant à s'engager. L'enfant gagne également des étoiles en s'exerçant. Celles-ci auront pour effet de métamorphoser l'animal du joueur pour lui donner une forme de plus en plus mature et adulte, un système similaire aux jeux « Pokémon ». Finalement, les exercices sont démontrés à l'aide de vidéos mettant en scène des enfants, ceux-ci les préférant à des démonstrations faites en filmant des adultes selon les auteurs de l'application. Ces différents systèmes d'engagement du joueur ainsi que le choix central d'utiliser un animal de compagnie comme motivateur sont le fruit de la collaboration entre les membres du projet Zingo et de groupes de parents d'enfants avec une infirmité motrice.

Grâce aux retours d'expérience des professionnels de santé, des parents et d'enfants, l'application

peut se vanter d'être attrayante et amusante pour les enfants avec une infirmité motrice. Après une courte période d'apprentissages, les enfants ont pris goût au jeu et participaient volontiers aux exercices pour s'occuper des leurs animaux de compagnie. Les auteurs admettent néanmoins des limitations quant à Zingo, en particulier si l'utilisateur a des problèmes moteurs graves et peine à se servir d'une tablette. Dans ce cas, les concepteurs recommandent d'avoir un accompagnant pour utiliser l'interface en lieu et place de l'enfant. Les couleurs, sons et récompenses peuvent alors selon eux être des récompenses et motivateurs suffisants pour inciter l'enfant à continuer de s'exercer malgré l'interactivité réduite.

Zingo n'est pour l'heure pas disponible au public, que ce soit en Australie ou ailleurs dans le monde. Certaines fonctionnalités manquantes comme la personnalisation des exercices par les professionnels de santé limitent les possibilités de prescrire un programme à domicile adapté au mieux à leurs patients. L'application reste également généraliste quant aux patients et leurs infirmités, contrairement au but recherché par les mandants de proposer une application spécialisée sur les enfants avec une IMC.

1.2. Rehabot

Rehabot est un outil de télé-rééducation physique né de la collaboration entre diverses institutions médicales et universités Suisses et Espagnoles. Il se veut avant tout destiné aux enfants atteints de paralysie cérébrale mais peut aussi être utile aux adultes souffrant de troubles similaires. Rehabot fonctionne grâce à Telegram, une application de messagerie instantanée utilisée pour envoyer les exercices à faire et recevoir des feedbacks. Les patients et les exercices sont gérés sur une plateforme web destinée aux physiothérapeutes, leur permettant de définir un programme d'exercice sur une durée déterminée, puis de consulter les retours des patients. Grâce au Dr. Simon Martinez Cristina de la HES-SO en physiothérapie, une sélection d'exercices mise au point par ses élèves, Mittaz Margaux et Roberfroid Nicolas, a été intégrée à l'outil.

Cependant, l'interface presque uniquement textuelle n'est pas particulièrement intéressante pour les enfants, qui préféreront une interface plus vivante et coloré (Johnson, R.W., 2022). Puisque Rehabot et ce projet partagent un même but et que ces deux travaux collaborent avec la HES-SO en physiothérapie, il a été discuté avec le responsable de développement de Rehabot, M. Martínez Zarzuela Mario, d'une possible intégration du jeu au projet Rehabot. Cela aurait permis à Rehabot d'augmenter son attractivité pour les enfants et à ce projet de se focaliser sur le jeu mobile. Malheureusement, cette collaboration ne pourra pas voir le jour par manque de temps de la part de l'équipe de Rehabot, le développement d'une API ne pouvant pas s'inscrire dans un calendrier déjà chargé.

1.3. Tableau comparatif

Tableau 1 - Comparatif des solutions existantes

	Coefficient	Zingo	Rehabot
Adapté aux enfants atteints d'IMC	10	8/10	5/10
Disponible en Europe	10	0/5	5/5
Gestion des patients	10	2/5	5/5
Totaux	30	10/20	15/20

Sources : Données de l'auteur.

1.4. Décision de développement

Les solutions mHealth proposés ci-dessus ne satisfont pas aux mandants qui ont alors proposé ce travail de bachelor à la HES-SO de Sierre afin de développer leur propre prototype en accord avec leur vision, c'est-à-dire un *Serious Game* destiné aux enfants atteints d'IMC. En effet, Zingo n'est pas disponible en Europe à l'heure actuelle et ne permet pas une gestion personnalisée des exercices à domicile. Elle n'est pas non-plus spécialisée dans l'IMC et reste généraliste sur le traitement d'infirmités motrices. Rehabot reste la solution la plus adaptée et a d'ailleurs été adoptée par les mandants alors qu'ils cherchaient un étudiant en informatique à la HES-SO de Sierre pour réaliser leur jeu durant le printemps de 2023. Ces solutions ne satisfaisant pas complètement les mandants, la décision a été prise de développer leur propre application.

2. Requirements Engineering

2.1. Portée du projet

L'application créée sera un prototype de jeu en 3D avec monde ouvert incluant des exercices de physiothérapie. Au démarrage de l'application, l'utilisateur répond à des questions sur son bien-être. Lorsque le jeu est lancé, il se déplace dans le monde virtuel avec un avatar pour aller à la rencontre d'un personnage et commencer un exercice. Les exercices doivent inclure une animation de l'avatar pour faire une démonstration, une description écrite et un moyen de faire un feedback sur celui-ci une fois l'exercice terminé. Si possible, le projet inclura également un portail web pour gérer les patients, les

exercices à faire et consulter les feedbacks des patients.

2.2. Parties prenantes principales

Les parties prenantes du projet sont Roberfroid Nicolas et Mittaz Margaux, élèves à la HES-SO en physiothérapie de Loèche-les-Bains avec leur professeur le Dr. Simon Martinez Cristina, Pinto de Matos Daniel de la HES-SO en informatique de gestion à Sierre avec son professeur M. Schumacher Michael Ignaz.

2.3. Contraintes

Le projet est limité dans le temps jusqu'au 28 juillet 2023, date à laquelle le prototype et le rapport y relatif devront être rendus pour évaluation. Le projet ne dispose pas d'un budget défini, aucun achat ne devrait être nécessaire. Pour réaliser ce projet, la méthodologie SCRUM sera utilisée.

2.4. Exigences du Produit

2.4.1. Exigences fonctionnelles

- **L'application :**
 - Doit se présenter sous la forme d'un jeu 3D avec un monde virtuel ouvert.
 - Doit avoir un avatar pour représenter l'utilisateur dans le monde virtuel.
 - Doit avoir des zones dédiées aux exercices dans le monde du jeu.
 - Doit demander un feedback sur l'exercice après l'avoir effectué.
 - Doit demander un feedback sur le bien-être au démarrage de l'application.
 - Devrait proposer des activités en dehors des exercices.
 - Devrait laisser à son utilisateur le choix de personnaliser son avatar.
- **Le portail de gestion des patients :**
 - Doit être accessible par le web
 - Doit montrer les informations concernant les patients du médecin connecté.
 - Doit permettre la consultation, la création, la modification et la suppression de comptes patients.
 - Doit permettre la modification des exercices proposés dans l'app d'un patient.
 - Doit montrer les feedbacks rendus par un patient.

2.4.2. Exigences non-fonctionnelles

- **Performances :**
 - Doit fonctionner sur une tablette.
 - Doit maintenir un nombre d'images par secondes stables.
- **Qualité :**
 - Ne doit avoir aucun bug.
 - Doit être attrayante pour des utilisateurs de 6 à 18 ans.
- **Utilisation :**

- Doit être utilisable par un enfant seul atteint d'IMC spastique de niveau 1 ou 2.
- La famille et autres accompagnants peuvent assister l'utilisateur.
- Doit être utilisable par un enfant atteint gravement d'IMC spastique si accompagné.
- **Maintenance :**
 - Le code doit être commenté.
 - Le code doit être compréhensible en le lisant.
- **Distribution :**
 - Doit être jouable sur Android et IOS

3. Méthode de travail

Pour encadrer le développement du projet, il a été décidé d'utiliser la méthodologie Scrum. Ce framework de gestion de projet se distingue par sa flexibilité face aux modifications des besoins et des buts d'un projet et par la collaboration continue entre les développeurs et leurs clients. Scrum se base sur l'amélioration continue et sur des cycles de développement à durée prédéterminée durant lesquelles l'équipe Scrum travail à incrémenter le produit avec de nouvelles fonctionnalités, puis à les présenter aux clients ou mandants.

Pour fonctionner avec une méthode Scrum, une équipe a besoin de trois rôles : le Product Owner, le Scrum Master et l'équipe de développement. En collaboration avec les mandants et les autres parties prenantes, le PO gère la livraison du projet et fixe les priorités quant aux fonctionnalités à développer à l'aide du Product Backlog (PB), une liste des fonctionnalités à intégrer au produit en développement. Au début de chaque sprint, l'équipe de développement prend en charge les éléments prioritaires du PB et travail à les réaliser selon la vision du PO et des mandants pendant la durée du sprint. Le rôle du Scrum Master est de s'assurer de la bonne mise en place de la méthode Scrum et de coacher l'équipe en la matière.

Tous ces rôles et leurs responsabilités seront attribués au mandaté du projet. Roberfroid Nicolas et Mittaz Margaux de la HES-SO en filière physiothérapie sont les mandants du projet. Le mandaté et les mandants se retrouveront environs toutes les deux semaines pour un Sprint Review afin d'évaluer le travail effectué, le PO en profitera également pour annoncer les nouvelles fonctionnalités prévues pour le prochain sprint. Un Sprint Retrospective aura lieu juste après pour que l'équipe de développement exprime ses sentiments quant au déroulement du sprint. Parce que le mandaté travail seul, les autres meetings Scrum prévus au sein de l'équipe Scrum n'auront pas lieu.

Ce choix s'est justifié par l'ampleur du projet compte tenu du temps à disposition pour le réaliser, soit environ trois mois dont seul un y est entièrement dédié. Grâce à un Product Backlog ordonné, aux retours des mandants et à la méthodologie Scrum en général, l'équipe de développement aura ainsi la possibilité de développer le jeu, le site et l'infrastructure du projet avec pour objectif d'atteindre le stade du Minimal Viable Product (MVP).

4.Choix du moteur de jeu

4.1. Critères de sélection

Le premier critère de sélection pour le moteur de jeu est le langage dans lequel le développeur sera amené à écrire. Afin de garantir un code aussi efficace que possible, il est important que le langage du moteur soit bien connu de l'équipe de développement ou du moins qu'il se rapproche d'autres langues déjà maîtrisées. Le respect de ce critère aura aussi un impact sur la vitesse de développement globale.

Le second critère est la possibilité qu'offre le moteur de déployer le projet à la fois sur Android et iOS à partir d'un même projet. L'application se veut accessible et de ce fait il faut limiter autant que possible les freins à son utilisation. Si la famille de l'enfant possède déjà une tablette, il serait dommageable de la forcer à investir dans un nouvel appareil uniquement dans le but de profiter de l'application d'exercices.

Ensuite, la documentation disponible doit être aussi fournie que possible afin de guider l'équipe de développement dans sa tâche et l'orienter en cas de doute. On prend en compte la documentation officielle qu'elle soit écrite, en vidéo ou sous la forme de tutoriels. La communauté autour du moteur de jeu est aussi à prendre en compte car elle peut combler les lacunes de la documentation officielle et fournir des solutions à des problèmes spécifiques via des vidéos, des articles ou des publications sur des forums.

Le coût d'achat, de location et la licence relative à l'utilisation du moteur de jeu influencent également le choix final. Dans l'idéal, on préférera un moteur mis à disposition gratuitement et qui permettra de distribuer l'application sans contraintes.

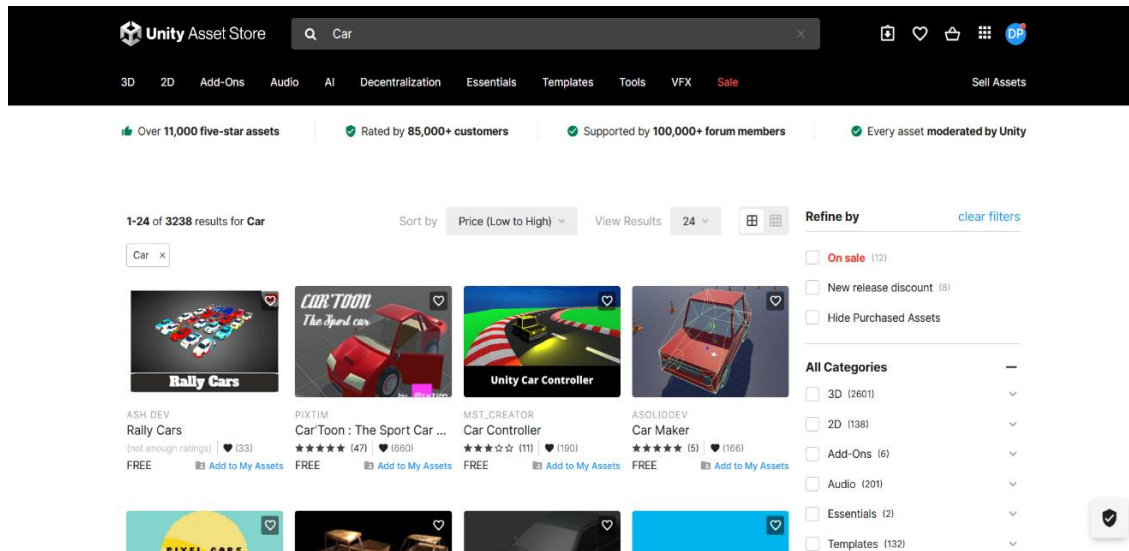
Finalement, chaque moteur de jeu peut aussi se distinguer par son magasin d'assets et la facilité d'importer des éléments depuis celle-ci. Ce point n'est pas à négliger car il permettra d'économiser beaucoup de temps sur la création d'éléments 3D et d'animations, accélérant ainsi le processus de développement.

4.2. Unity3D

Développé par Unity Technologies, Unity est le moteur de nombreux jeux à succès tel que « Pokémon GO » ou « Call of Duty » : Mobile pour ne citer que des jeux mobiles à grand succès. Supportant le développement multiplateforme, Unity se distingue aussi par sa facilité d'utilisation et son asset store riche intégré à son IDE qui permet d'y trouver sans peine un grand nombre d'éléments 3D, d'animations ou d'effets spéciaux à intégrer à un jeu (Agarwal, 2022). Connu pour être accessible, Unity se distingue aussi par sa large communauté. Il en découle alors un grand nombre d'articles, de vidéos et de tutoriels destinés aux nouveaux développeurs ce qui facilite grandement la prise en main. (Agarwal, 2022) Sa

documentation officielle est également très fournie, composée de pages sur ses composants et options et de tutoriels écrits sur des aspects plus larges comme la création d'environnements 3D. (Game-Ace, 2022)

Figure 1 - Unity Asset Store.



Source: Unity Technologies. (2023). Unity Asset Store. [Recherche de “Car” dans le Unity Asset Store]. Asset Store. <https://assetstore.unity.com/?q=Car&orderBy=4>

Bien que payant, Unity dispose d’une licence gratuite pour les usages personnels. Les conditions relatives à cette licence sont favorables au développement du projet. En effet, la licence gratuite est valable tant que le revenu ou le budget lié au développement de l’application ne dépasse pas 100'000 Dollars annuel. (Unity Technologies, 2023) Cependant, si une entité telle qu’une entreprise, un hôpital ou une école devait reprendre le développement du projet, elle serait probablement obligée de prendre une licence Pro au prix de €1,877/an et par développeur. Pour les personnes morales, Unity Technologies prend en compte tous les revenus et dépenses pour définir quelle licence distribuer pour le développement sur son moteur de jeu. Les limite de revenu de la licence personnelle et de la licence plus, fixée à 200'000 dollars, sont alors rapidement dépassées. Cette contrainte s’applique également à tout sous-traitant de l’entité voulant distribuer un jeu fait avec Unity. (French, 2022) (Unity Technologies, 2023)

4.3. Unreal Engine

Moteur de jeu Créé par Tim Sweeney, aujourd’hui développé et maintenu par Epic Games, également responsable de titres à succès tel que « Fortnite », Unreal Engine (UE) est un choix populaire auprès des grands studios de développement mais également des développeurs plus modestes. (Cryptomeria Capital, 2023) Unreal Engine permet le développement cross-plateforme, pouvant ainsi créer une application Android et ios à partir d’un seul projet. (UnrealEngine, 2023) Sa prise en main est également facilitée par sa fonctionnalité « BluePrint », qui permet de d’effectuer le même travail qu’avec des scripts standards

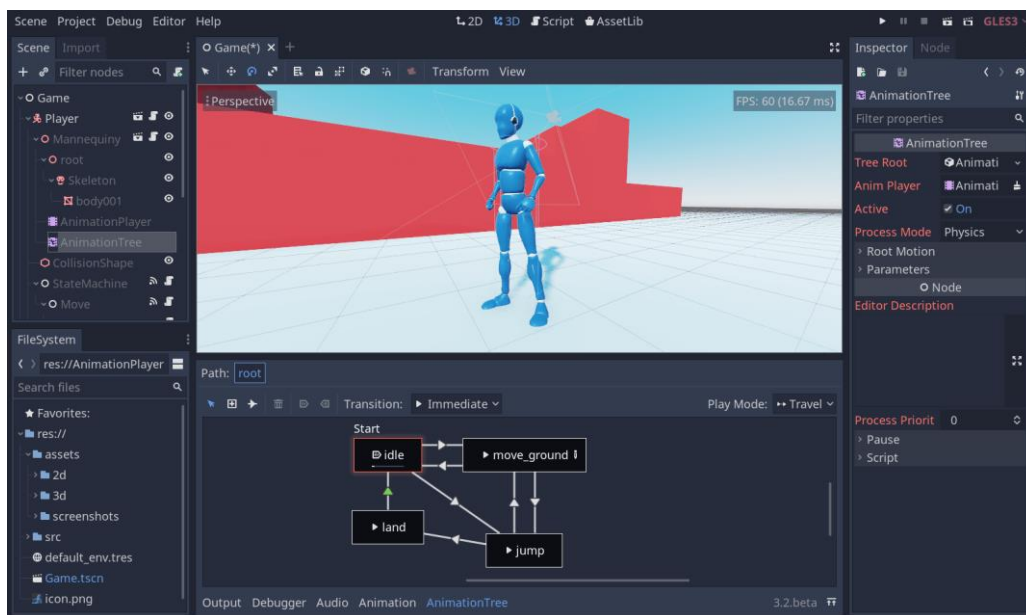
grâce à un éditeur graphique évitant ainsi d'écrire du code C++, langue dans laquelle le moteur est écrit. Malgré cela, l'apprentissage de cet outil risque de prendre du temps. (UnrealEngine, 2023) La documentation est également très bien fournie, présentant tous les outils et les options relatives à la création et la personnalisation d'éléments du jeu comme le feuillage des plantes ou les animations des personnages. (Game-Ace, 2022)

Gratuit d'utilisation, Epic Games ne demande aucune royauté pour un produit créé sur Unreal Engine 4 qui ne dépasse pas 1 million de dollars de chiffre d'affaires. (Mainleaf, 2023) Une licence payante est cependant proposée au prix de 1'500 dollars par an et par développeur à qui souhaiterait des options de formations privées ou d'autres services personnalisés de la part d'Epic Games. (UnrealEngine, 2023) Bien qu'étant sous licence propriétaire, le code du moteur de jeu est librement accessible et modifiable afin de l'adapter à un projet en particulier. (Mainleaf, 2023)

4.4. Godot

Le Godot Engine, créée par Juan Linietsky, Ariel Manzur et améliorée par de nombreux contributeurs, est un moteur de jeu gratuit qui lui aussi permet de créer des jeux cross-plateforme. Étant open-source, Godot permet également d'être personnalisé pour mieux s'adapter à un projet en cas de besoin. (GDB Team, 2022) Supportant un large panel de langages de programmation tel que C#, C++ ou Python, il est facile d'approche pour la plupart des développeurs. Il dispose également de son propre langage, le GDScript, proche de Python et de Lua, qui permet entre autres d'éditer les scripts pendant que le jeu est testé. (Godot, 2023)

Figure 2 - IDE de Godot.



Source: Linietsky, J. Manzur, A. and the Godot community (s.d.). Editor Presentation. [Interface de développement de Godot]. GodotEngine.

<https://godotengine.org/storage/app/uploads/public/624/478/e18/624478e1847b4256833354.jpg>

Le Godot Engine a cependant ses défauts, en particulier sa communauté plus restreinte en raison de la difficulté à développer des jeux pour les consoles. En effet, les fabricants de console ne souhaitent pas rendre leurs kits de développement public en permettant à un moteur open-source de s'en servir. (GDB Team, 2022) En conséquence, le nombre de ressources en dehors de la documentation officielle est plus limitée. Etant également sur le marché depuis moins longtemps, Godot reste moins performant que d'autres moteurs de jeu en termes de rendu graphique ce qui pourrait rendre le jeu moins attrayant. (GDB Team, 2022)

4.5. Tableau comparatif

Tableau 2 - Comparatif des moteurs de jeu.

	Coefficient	Unity	Unreal Engine	Godot
Langue de Développement	5	5/5	2/5	5/5
Développement Mobile	10	10/10	10/10	10/10
Documentation et communauté	10	9/10	8/10	4/10
Prix et licence	5	3/5	5/5	5/5
Magasin d'assets	10	8/10	4/10	1/10
Totaux	40	35/40	29/40	25/40

Source : Données de l'auteur.

4.6. Choix final

Du fait de son langage de programmation bien connu de l'équipe de développement et de son asset store bien fourni, Unity a été retenu pour être le moteur de jeu de l'application. La grande communauté autour de Unity permettra aussi de trouver rapidement une solution aux divers obstacles qui surgiront durant le développement. Seul bémol, si une organisation devait reprendre le développement du jeu après l'échéance du projet, elle serait obligée de déboursier un budget supplémentaire pour la licence d'utilisation de Unity.

5. Outil d'animations et de modélisation

5.1. Critères de sélection

Le premier critère de sélection pour l'outil d'animation et de modélisation 3D est la simplicité d'utilisation. Bien que difficile à juger du fait de l'inexpérience de l'équipe de développement dans ce domaine, cette qualité n'en reste pas moins importante s'il devenait nécessaire de créer des éléments du jeu de toutes pièces.

Le second critère est la documentation et les ressources proposés par la communauté autour de l'outil comme des vidéos, articles ou tutoriels. L'accès à de telles ressources facilitera grandement la prise en main et l'apprentissage afin de créer rapidement des modèles et des animations nécessaires au jeu.

Ensuite, il faut étudier les possibilités offertes par les outils. En effet, peu de solutions sont polyvalentes, certains préférant se spécialiser soit dans l'animation ou dans la sculpture 3D. Un outil capable des deux aura l'avantage de simplifier le flux de travail. Du fait de n'avoir besoin que d'une licence, des économies peuvent aussi découler du fait de n'avoir qu'un outil à utiliser. Il faut aussi noter que le projet aura un plus grand besoin en termes d'animations que de modèles 3D afin d'illustrer les exercices de physiothérapie en jeu.

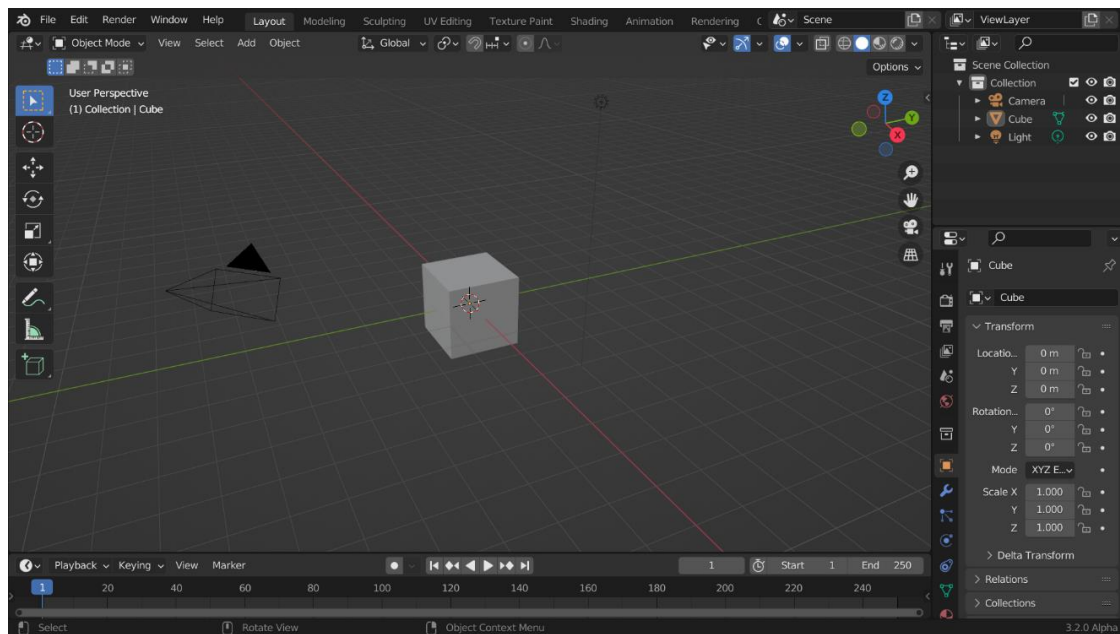
Finalement, le coût d'achat ou de location de l'outil et sa licence aura aussi son importance. Idéalement, on préférera un outil gratuit et qui permet d'utiliser les assets créés sans contraintes.

5.2. Blender

Créée par Ton Roosendaal et développée par la Fondation Blender, Blender est l'un des outils de modélisation 2D et 3D et d'animation les plus populaires parmi les artistes digitaux du fait de sa nature open-source et de sa gratuité. Blender permet de créer ce que l'on veut et de s'en servir à toutes les fins, y compris des fins commerciales. (Educba, 2023) Cet outil est également très complet, permettant de modéliser et d'animer des objets ou des personnages. La modification des modèles et des fichiers d'animation existants est aussi possible, ce qui peut s'avérer pratique pour adapter au jeu des fichiers téléchargeables sur le net. (Chillingworth, 2023)

Etant aussi complet, Blender en devient également complexe. Avec un grand nombre d'options, de menus et de fenêtres d'éditations différents, il est facile de se perdre et de ne pas arriver à créer le modèle ou l'animation comme voulu. Cet inconvénient est cependant atténué par la bonne documentation officielle et surtout par la grande communauté grâce à laquelle de nombreux articles et tutoriels sont disponibles. (Chillingworth, 2023) (Blender, 2023)

Figure 3 - Projet par défaut de Blender.



Source: Blender Foundation. (2023). The default startup Blender window. [Interface de développement de Blender]. Blender. https://docs.blender.org/manual/en/latest/_images/interface_window-system_introduction_default-startup.png

5.3. ZBrush

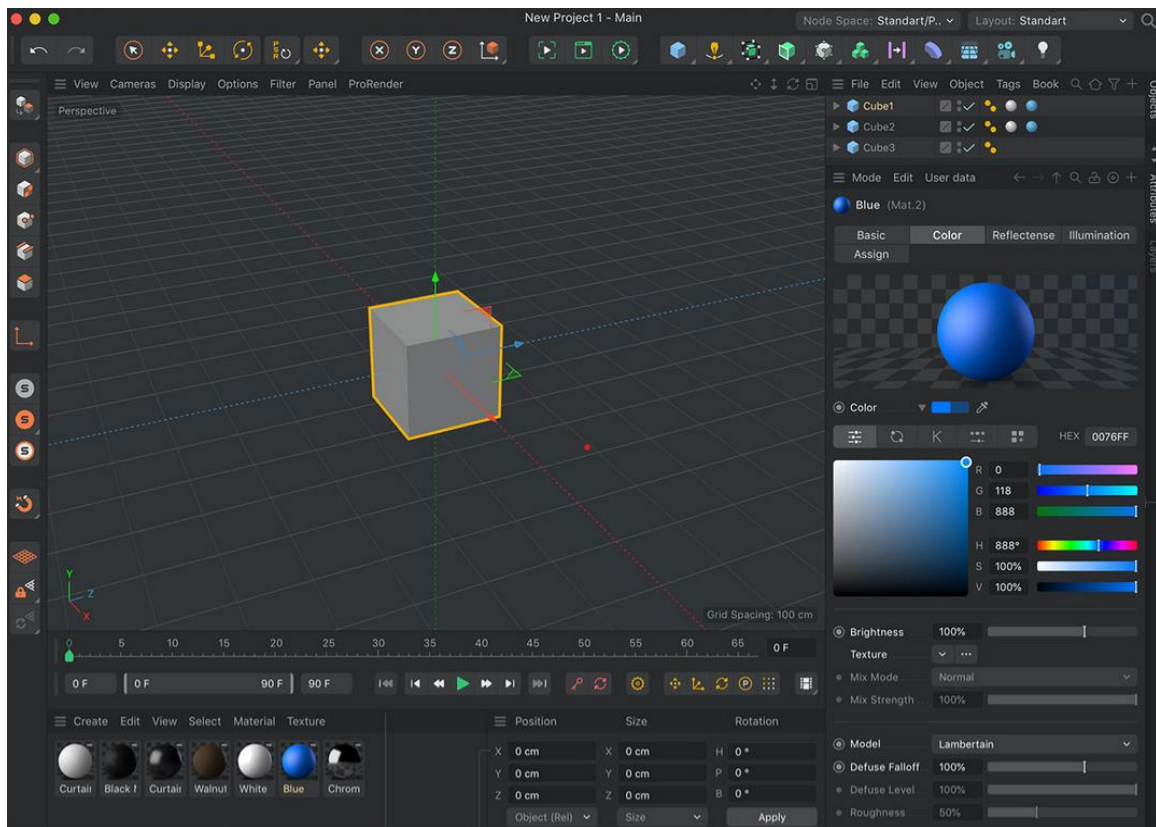
Création de Pixologic et racheté par Maxon en 2022, Zbrush est un puissant outil de modélisation 3D capable d'un haut niveau de détail voir de photoréalisme dans les objets 3D créés. Ses outils spécialisés dans la sculpture d'éléments 3D le rendent particulièrement intéressant pour des productions de haute qualité. (Bittorf, 2023) La communauté, bien que moindre et plus professionnalisée par rapport à Blender, produit tout de même un nombre suffisant de tutoriels pour débutants.

Malheureusement, Zbrush ne permet pas de faire beaucoup plus. Les options d'animations se limitent à ajouter un squelette d'animation et faire prendre la pose à ses créations. Il faut alors les exporter et les utiliser avec un outil capable de créer des fichiers d'animations. (Educba, 2023) (Bittorf, 2023) Cet outil n'est pas non-plus gratuit, en effet Maxon vent une licence au prix de 34,13 CHF par mois, soit 409,59 CHF par année. Une période d'essai de 14 jours est aussi disponible. (Maxon, 2023)

5.4. Cinema4D

Également propriété de Maxon, Cinema4D est un outil multifonction d'animation et de sculpture 3D utilisé dans les industries du cinema, du jeux vidéo et d'autres encore. Bien que moins puissant que Zbrush à cet égard, cet outil permet de créer des modèles 3D mais surtout des scènes et des animations de très haute qualité, mêlant un nombre de polygones très élevé, des effets de tissus, de cheveux et de lumières en temps réel. La communauté autour de Cinema4D est avant tout faite d'artistes professionnels, on trouve cependant des tutoriels pour débutants facilement. (Jantzen, 2022)

Figure 4 - IDE de Cinema4D.



Source. Olenyak, V. (2020). User Interface. [Interface de Développement de Cinema4D]. Behance.
https://architosh.com/wp-content/uploads/2018/08/Cinema4D_Studio_R20_Software_Screenshot_RGB.jpg

Malgré ses qualités, la licence d'utilisation de cinéma 4D se vend au prix de 71,75 CHF par mois ou 861 CHF par an. (Maxon, 2023) Ce qui le rend trop cher pour l'ampleur du projet. Aussi, beaucoup de ses qualités comme la création de scènes avec effets de lumière et de particules vont au-delà de ce qui est nécessaire au projet. En effet, l'application ne cherche pas à égaler la qualité de production de studios de cinéma ou de jeux vidéo professionnels mais cherche plutôt une esthétique simple et cartoon.

5.5. Tableau comparatif

Tableau 3 - Comparatif des Solutions de modélisation 3D et animations.

	Coefficient	Blender	Zbrush	Cinema4D
Modélisation 3D	5	3/5	5/5	4/5
Animations	10	8/10	2/10	10/10
Usability	5	4/5	3/5	3/5
Documentation et communauté	10	10/10	8/10	6/10
Prix et licence	5	5/5	2/5	1/5
Totaux	35	30/35	20/35	24/35

Source : Données de l'auteur.

5.6. Choix final

Grâce à sa polyvalence, Blender a été retenu pour modéliser les objets 3D et créer les animations nécessaires au jeu si les ressources en ligne devaient s'avérer insuffisantes. Sa grande communauté permettra aussi d'apprendre rapidement son utilisation et d'éviter les blocages dans le processus de création. La gratuité et la possibilité de librement utiliser ses créations viennent renforcer la validité de ce choix.

6.Site internet

6.1. Critères de sélection

Pour la sélection de la technologie à utiliser pour la création du site de gestion des patients, le premier critère retenu sera la rapidité de développement. En effet, le développement du site se fera proche de la fin du temps alloué au projet, au même moment que d'autres tâches y relatives. Les possibilités offertes par la technologie, le langage utilisé et la familiarité de l'équipe de développement seront prises en compte pour juger les différentes possibilités sous cet aspect.

Les données créées et consultées sur le site étant à caractère personnel et médical, la sécurité sera un aspect important. Les outils et technologies considérées seront jugées sur leur facilité à mettre en place des mesures de sécurité et sur leur efficacité.

6.2. Site web ASP.Net

Développé par Microsoft depuis 2002, le framework .NET est une des technologies web les plus utilisées pour la création de site webs. (Sujay Vailshery, 2023) Grâce aux templates de pages web fournies et aux outils de création de pages internet basé sur le code en backend, .NET permet de créer rapidement la plupart des pages web avec des fonctionnalités CRUD pour le projet. Grâce à Razor Pages, outil disponible sur ce framework, les pages web et leur contenu peuvent rapidement être rendu dynamique en fonction de leur contenu, avec par exemple une page regroupant une liste plus ou moins longue des patients de l'utilisateur. (Siddiqui, 2022) (Khanduja, 2022)

Des techniques et outils sont à disposition pour fermer des potentielles vulnérabilités. Celles-ci sont rapidement mises en place grâce à la bonne documentation de Microsoft et à l'automatisation de certains processus de sécurité. (Hutsulyak, 2023) ASP.NET Core permet l'authentification avec des services externes via OAuth 2.0, utile si on souhaite se servir d'un service d'authentification développé en interne ou d'autres services comme ceux de Google. (Hutsulyak, 2023) (Desai, s.d.)

6.3. React.js

Crée par Jordan Walke alors qu'il travaillait pour Facebook en 2013 et aujourd'hui développé par Meta, React.js est une librairie Javascript open-source permettant de créer des applications web hautement dynamiques. Le code nécessaire est écrit rapidement grâce aux composants réutilisables et à la logique de navigation facile à mettre en place. (Dziuba, 2022) Cependant, l'entièreté du site doit être fait à partir de zéro, la librairie n'offrant pas de bases sur lesquelles construire le reste d'un site. Les performances sont également améliorées par rapport à d'autres technologies web grâce au virtual DOM qui permet de modifier uniquement certaines parties de la page web plutôt que de tout recharger au moindre changement. Les applications web créées avec React.js sont exécutées par l'ordinateur de l'utilisateur, ce qui allège la responsabilité du serveur web accueillant l'application. (Deshpande, 2023)

La sécurité des applications web faites avec React.js sont davantage la responsabilité du développeur que de l'outil en lui-même puisque peu de processus de sécurité sont automatiquement mis en place. De nombreuses techniques sont applicables pour fermer les vulnérabilités communes, mais cela nécessite un travail plus approfondi sur l'ensemble des éléments interactifs du site, comme le login ou les formulaires. (Swadia, 2021) (Dziuba, 2023)

6.4. Tableau comparatif

Tableau 4 - Comparatif des technologies Web.

	Coefficient	ASP.NET	React.js
Vitesse de développement	10	9/10	7/10
Sécurité	10	8/10	6/10
Totaux	20	17/20	13/20

Source : Données de l'auteur.

6.5. Choix final

Grâce à sa simplicité d'usage, à la rapidité de développement offerte et à la familiarité de l'équipe de développement avec cette technologie, ASP.NET a été retenu pour mettre sur pied le site web qui permettra aux physiothérapeutes de gérer leurs patients et programmes d'exercices. ASP.NET requerra également moins d'efforts pour sécuriser au mieux la plateforme de gestion. La librairie de Meta ne correspond pas aux exigences du projet et est donc écartée, React.js étant plus adapté aux sites web dynamiques et à plus forte affluence comme « Facebook ».

7. Base de données

7.1. Cycle de vie des données

Les physiothérapeutes sont les premières personnes enregistrées dans la base de données, suivit de leurs patients qui seront enregistrés par leur médecin respectif. Les données personnelles enregistrées sont restreintes au minimum, se composant du nom, prénom, mail et d'un mot de passe chiffré et salé avec SHA512 pour les deux types d'utilisateurs. Les données de feedback sont fournies par les patients lors de l'utilisation du jeu. Ces feedbacks informent sur l'état mental et physique du patient et permettent aussi d'avoir un retour sur les exercices effectués. Les données sur les exercices en eux-mêmes sont éditées directement sur les tables de la base de données par un administrateur.

Les Feedbacks fournis par les patients lors du jeu seront alors à disposition de leurs physiothérapeutes respectifs afin de les consulter. Elles permettront d'ouvrir le dialogue entre le médecin et son patient quant au programme d'exercices et de l'adapter si besoin. Les feedbacks sur le bien-être permettent de nuancer ceux sur les exercices en connaissant l'état général du patient lors de l'utilisation du jeu.

À la suite de la révision du Code des obligations (CO) en 2020, le délai de prescription s'est vu rallongé pour passer de dix à vingt ans. Les données du projet faisant partie d'un traitement médical, elles devront

être conservées ou facilement produites par les médecins durant vingt ans après leur création. (Junod, 2020) Si le projet venait à s'arrêter ou si des données devaient être effacées, il serait alors nécessaire de fournir les données aux physiothérapeutes ayant participé afin qu'ils puissent mettre à jour leurs dossiers médicaux si besoin.

7.2. Critères de sélection

La base de données servant à la fois au jeu et au site de gestion destiné aux docteurs, le premier critère est la capacité et le moyen que la BD a de communiquer des données à tous les systèmes du projet. En d'autres termes, le ou les moyens de communiquer utilisables pour une base de données doivent être compatibles à la fois avec Unity et un site .NET.

Le second critère est la facilité d'utilisation et d'implémentation. Un processus de mise en place et une utilisation par des moyens simples depuis les différents systèmes du projet permettront un travail minimal et un plus grand focus sur les autres livrables. Le temps de développement global en sera également raccourci.

Le coût de licence et ses conditions seront aussi pris en compte pour sélectionner la meilleure base de données pour le projet.

7.3. MySQL avec un serveur PHP

Développé par MySQL AB, Oracle et Sun Microsystems, MySQL est une solution de gestion de bases de données relationnelles. MySQL est une solution populaire auprès des informaticiens du fait de ses performances et de sa simplicité d'utilisation. Même dans sa version gratuite, cette solution propose de nombreuses options pour aider à la gestion des données, tel qu'un contrôle anti-redondance ou la possibilité de recouvrer les données après un crash. La haute évolutivité de MySQL assure des performances exemplaires peu importe la taille et la quantité des données. (Shah, 2021)

Grâce à la technologie .NET, il est possible d'établir une connexion directe entre la base de données et un site ASP.NET ou une application Unity. Cette pratique reste cependant dangereuse car l'utilisateur final aurait accès à des données sensibles comme un compte utilisateur et un mot de passe pour la base de données si le code venait à être décompilé, c'est-à-dire rendu lisible par un humain. (Van de Kerckhove, 2022) Dans ce cas, la meilleure solution est de créer un serveur PHP avec des scripts de lecture et d'écriture de données préconçus et stockés sur celui-ci pour servir d'intermédiaire. Les scripts seraient alors appelés en jeu et par le site via URL, cachant ainsi à l'utilisateur des données de sécurité essentielles. (Talbert, 2021) L'équipe de développement n'a cependant pas d'expérience avec les serveurs de ce type ou les scripts PHP.

7.4. Firebase

Crée par James Tamplin et Andrew Lee en 2011, puis rachetée par Google en 2014, Firebase est une solution de Backend-as-a-service (BaaS) proposant diverses fonctionnalités comme une base de données cloud, l'authentification des utilisateurs et le déploiement de sites et applications Web. La base de données Firebase Realtime Database fonctionne sur une base NoSQL, les données étant stockées en JSON. (Altexsoft, 2019) (Firebase, 2023) Elle permet également l'accès des données depuis un appareil hors-ligne, les données étant stockées dans un cache puis synchronisées lors de la prochaine connexion à internet. La sécurité des données est assurée par Firebase tandis que l'accès est géré par le propriétaire des données grâce à des règles basées sur les permissions et l'authentification des utilisateurs. Cloud Firestore est également une base de données cloud proposés par Firebase. Basée sur une hiérarchisation des données, elle est moins adaptée au projet qui lui demande des données interconnectées. (Altexsoft, 2019) (Firebase, 2023)

Firebase propose également des SDKs pour Unity et les applications ou sites basés sur .NET, ce qui facilite grandement son intégration aux autres solutions du projet. (Kumar Gupta, 2022) Cette facilité de mise en place et d'utilisation permettra à l'équipe de développement de se concentrer sur le jeu et le site plutôt que sur l'infrastructure nécessaire au projet. Des données d'analyse sont également fournies, permettant par exemple de visualiser le temps d'utilisation et l'heure d'ouverture moyenne et ainsi de vérifier la popularité du jeu auprès des utilisateurs. Le coût d'utilisation de ce service est basé sur la quantité de données, le nombre d'opérations sur celles-ci et le nombre d'utilisateurs mais reste gratuit tant que ces quotas restent sous les limites établies. (Altexsoft, 2019) (Firebase, 2023) Ces limites sont cependant généreuses, surtout aux vues du potentiel d'utilisateurs du projet qui devrait rester restreint.

L'utilisation de Firebase n'est cependant pas en adéquation avec la loi Suisse sur la protection des données (LPD). (Office fédéral de la justice, 2021) Etant la propriété de Google et également basé aux Etats-Unis, Firebase est soumis à la législation des USA et de ce fait, au US CLOUD Act. Cette loi oblige les prestataires de services cloud à fournir leurs données à l'Etat américain si celui-ci leur demandait, ce qui ne respecte pas les dispositions sur le transfert de donnée transfrontalier les Etats-Unis ne respectant pas le niveau de protection adéquat pour les données personnelles. (art. 6 LPD et art. 16 à 18 nLPD) (Fischer & Pittet, 2021) Les personnes concernées par les données doivent également connaître les finalités du traitement de leurs données (art. 4 al. 3 et 4 LPD et art. 6 al. 3 nLPD). La transmission des données telle que prévue par le US CLOUD Act est alors une modification des finalités de traitement et peut se faire à l'insu des personnes concernées et des clients du prestataire IT, Firebase dans notre cas. (Fischer & Pittet, 2021) (Office fédéral de la justice, 2021) Aux vues de cet empêchement légal, Firebase ne pourra pas être retenu pour être la base de données utilisée dans ce projet.

7.5. EntityFramework Core 7 avec une API ASP.NET Core

Propriété de Microsoft et développé par la .NET Foundation, Entity Framework est un framework object-relational mapping (ORM). En d'autres termes, Entity Framework permet de créer une base de données et ses tables sur la base d'un code écrit. L'accès aux données est géré par un modèle composé des classes représentant les tables de la base de données et d'une classe contexte responsable des requêtes et de la sauvegarde. (Ferreira, 2018) Grâce au haut niveau d'abstraction qu'offre Entity Framework, le travail de mise en place de la base de données en elle-même et ses potentielles modifications futures est fortement réduit. Le support du Language Integrated Query (LINQ) permet d'écrire des requêtes dites « type-safe » directement dans le code, ce qui permet de vérifier automatiquement la justesse des requêtes écrites lors du lancement du programme, facilitant ainsi la maintenance du code après une modification de la base de données. (Ferreira, 2018) (dotConnect Team, 2022)

Sur la base d'Entity Framework, il est alors possible de créer une API web pour permettre la communication entre la base de données et les autres solutions développées dans le projet, soit le jeu et le site de gestion. Faisant également partie de l'environnement .NET de Microsoft, ASP.NET est une API web facilement intégrable à une solution EF. Elle permet de transmettre et de recevoir des requêtes CRUD envoyées via le web. Les données sont envoyées et reçues par l'API en format JSON, format supporté par Unity et le site Internet de gestion des utilisateurs. L'ensemble de ces solutions sont Open-Source et gratuites d'utilisation, la seule limite étant les capacités du ou des serveurs qui devront opérer la base de données et l'API. (Bilal, 2021) (dotConnect Team, 2022)

7.6. Tableau comparatif

Tableau 5 - Comparatif des solutions de base de données.

	Coefficient	EntityFramework	MySQL	Firebase
Usage avec Unity	10	9/10	7/10	10/10
Usage avec .NET	10	9/10	7/10	10/10
Mise en place	5	4/5	3/5	5/5
Prix et licence	5	5/5	5/5	4/5
Totaux	30	27/30	22/30	29/30

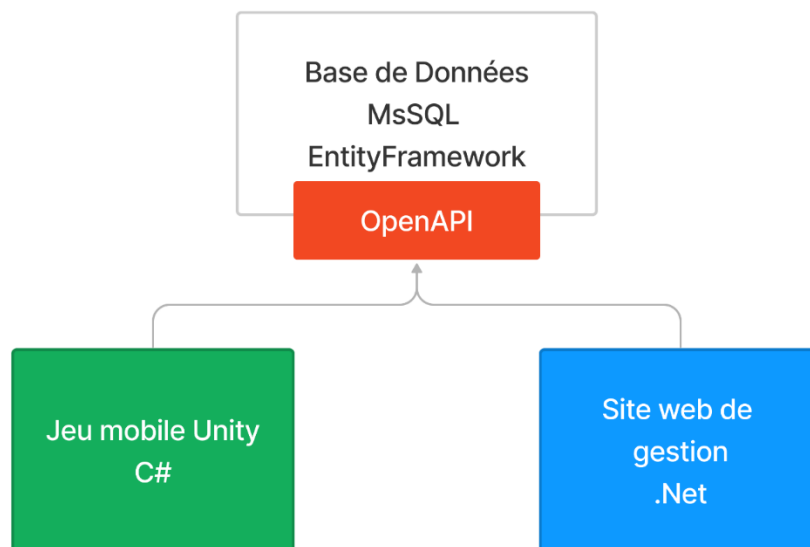
Sources : Données de l'auteur.

7.7. Choix final

Malgré la facilité d'usage qu'offre Firebase ainsi que ces nombreux autres outils d'analyse, celui-ci ne pourra pas être utilisé dans le projet en vertu de la LPD Suisse, le US CLOUD Act étant considéré comme une violation de cette loi. Entity Framework sera alors utilisé pour concevoir et opérer la base de données du projet en raison de sa simplicité d'usage et de maintenance, ainsi que pour la gratuité de sa licence. Une API ASP.NET sera également intégrée à EF afin de rendre la base de données disponible aux autres solutions développées dans le cadre de ce projet.

8. Architecture

Figure 5 - Architecture du projet.

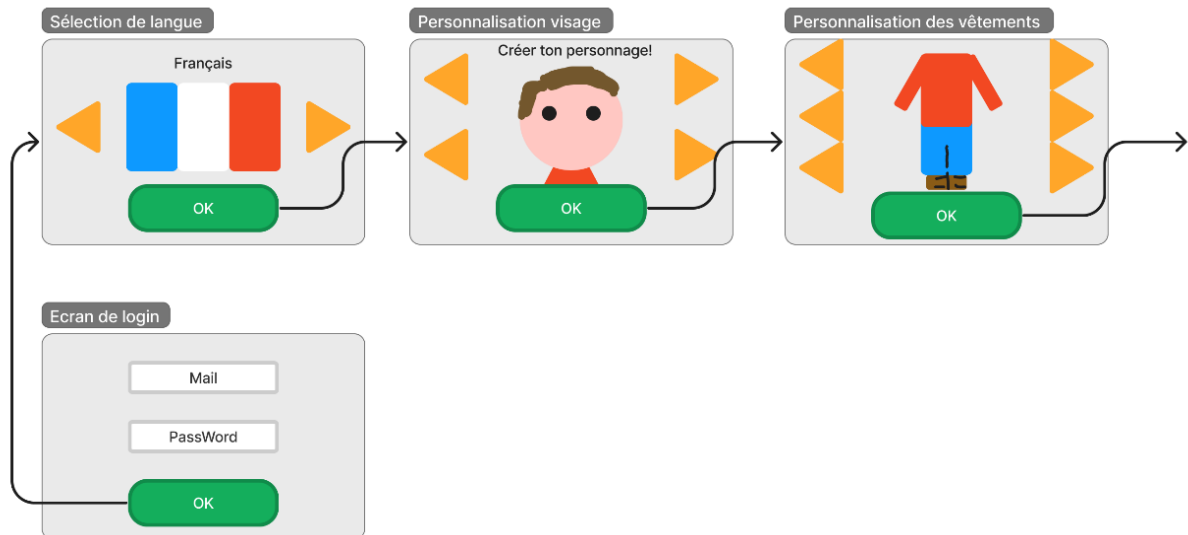


Source : données de l'auteur.

L'architecture du projet est composée de trois parties distinctes : la base de données avec l'API, l'application Unity et le portail web de gestion des patients. La base de données a été créée et peuplée avec EntityFramework. L'API permet la communication entre la base de données et les autres produits du projet en offrant la possibilité d'effectuer des opérations CRUD. Le jeu Unity communique avec l'API pour logger l'utilisateur et obtenir la liste des exercices à faire pour la journée. Les données de feedback sont envoyées à mesure que l'utilisateur effectue ses exercices. Le site de gestion des patients communique avec l'API pour logger un médecin et lui permettre de gérer ses patients, consulter leurs feedbacks et modifier leurs exercices quotidiens.

9. Mockups et déroulement du jeu

Figure 6 - Mockups des premiers écrans.

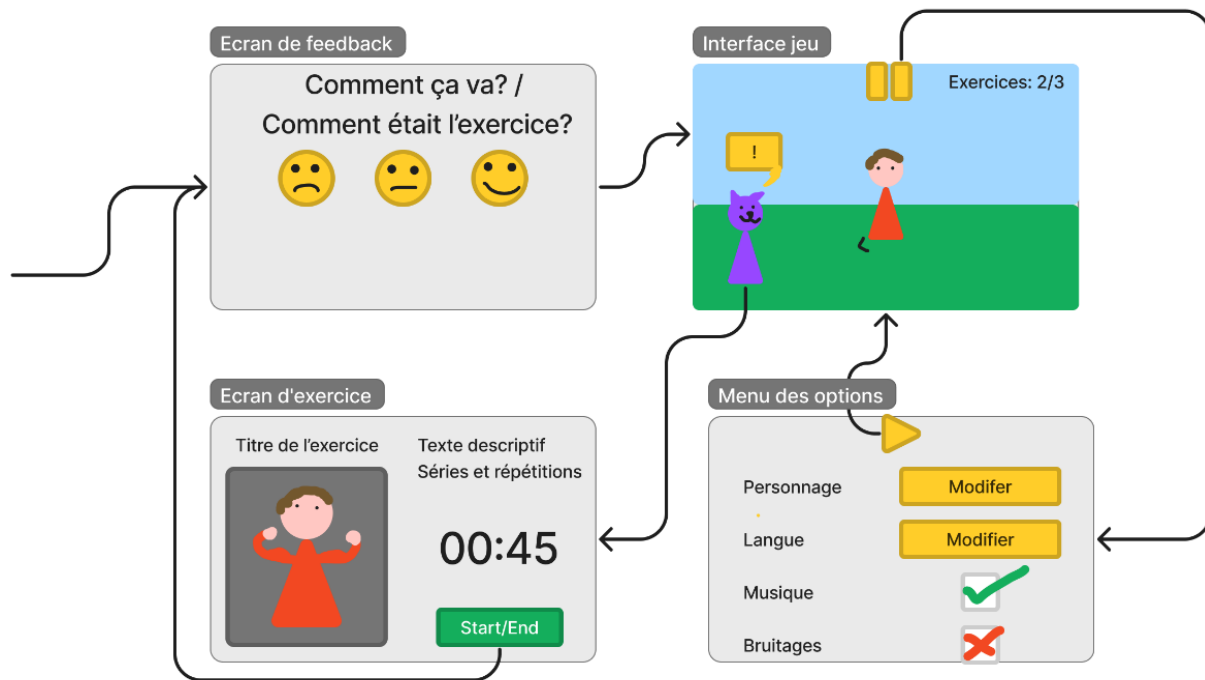


Source : Données de l'auteur.

L'application démarre avec l'écran de connexion dans lequel l'utilisateur entre son mail et mot de passe. Une fois les informations de login confirmées auprès de l'API, l'identité de l'utilisateur authentifié et les exercices à faire sont envoyés à l'application. Ces informations seront utilisées pour créer des feedbacks quant à l'état de santé physique et l'humeur de l'utilisateur ainsi que pour les retours d'exercice.

Lors d'une première connexion, l'utilisateur choisit la langue de son jeu. À la suite des discussions avec les mandants, les premières langues retenues seront les langues nationales Suisses à l'exception du romanche. Les langues étrangères tel que l'anglais et l'espagnol viendraient dans un second temps. Toujours dans le cas d'une première connexion, le joueur aura la possibilité de personnaliser son avatar. Les cinq options sont les cheveux, le visage, le haut, le bas et les chaussures. La customisation a été séparée en deux écrans pour garder des boutons assez larges comme sur les autres écrans, le public cible pouvant être malhabile de ses doigts. La langue du jeu comme le style du personnage pourront être modifiés ultérieurement. A noter que ces trois derniers écrans et leurs fonctionnalités n'ont pas encore été implémentés au jeu à la date de rendu du projet.

Figure 7 - Mockups du cœur du jeu.



Source : Données de l'auteur.

Après chaque connexion, le premier écran qui accueille le joueur est l'écran de feedback. Celui-ci lui demande comment il se sent tant physiquement que moralement. Ces informations sont envoyées à l'API et enregistrées dans la base de données. Le médecin se servira de ces informations comme contexte lorsqu'il consultera les feedbacks sur les exercices, l'humeur et l'état de santé exerçant une influence sur les retours des exercices. L'utilisateur réponds à chaque question en appuyant sur un smiley pour symboliser sa réponse, ce qui rends l'interface plus vivante et facile à utiliser qu'un champ de texte. Les réponses sont également uniformisées par ce procédé, facilitant la visualisation des feedbacks.

Par suite du feedback initial, l'avatar du joueur apparaît dans le monde virtuel. Pour contrôler le personnage, le joueur touche l'écran à l'endroit de son choix puis glisse son doigt vers la direction voulue. Cela permet une prise en main plus facile qu'avec un joystick virtuel à position fixe. L'interface est composée d'un bouton de pause, menant au menu pause, de la progression des exercices faits et d'une flèche au pieds de l'avatar pointant vers un second personnage, le coach. C'est un personnage non-joueur qui invite l'utilisateur à venir à sa rencontre et initie un exercice lorsque on s'en approche s'il reste des exercices à faire. En date du rendu du projet, le menu pause, le nombre d'exercice à faire et le bouton de pause ne sont pas encore implémentés.

L'écran d'exercice reprends les données des exercices prescrits au joueur. Sur cet écran, on peut lire le titre de l'exercice, une description écrite et les nombre de séries et répétitions à faire. Un bouton placé en bas à droite permet de commencer une série d'exercice et de la finir, ou le cas échéant, de finir l'exercice. Le chronomètre indique le temps passé en activité pour les exercices basés sur un nombre défini de répétitions. Pour les exercices dont l'effort doit se faire pendant un temps prédéfini, le

confirmer vouloir jouer avant de lui montrer un tutoriel du jeu. Celui-ci peut se faire en plusieurs parties selon la complexité du min-jeu. Pour s'adapter aux différents niveaux d'infirmité, différents niveaux de difficultés sont proposés. Le choix est laissé à l'enfant pour qu'il essaie de se dépasser et pour prendre en compte des affinités différentes selon ses goûts. Un enfant peut tout à fait être très bon à un jeu et rencontrer des difficultés avec un autre. Aucun des mini-jeux ou des écrans s'y rapportant n'ont été implémentés à l'échéance du projet.

Le premier des jeux imaginés est la pêche. C'est un exercice de réflexe dans lequel le joueur doit toucher l'écran quand la ligne se tends et qu'un effet visuel apparaît à la surface. Une fois un poisson ferré, l'enfant doit glisser son doigt sur l'écran en faisant un mouvement circulaire pour remonter le poisson et l'attraper. Ce mouvement consiste aussi en un exercice de motricité fine. Si le poisson est attrapé, on le montre à l'écran avec son nom et une courte description, il est ensuite relâché. Une difficulté plus élevée diminue le temps de réaction et augmente la vitesse du mouvement circulaire exigée lors de la remontée du poisson. Si lancé alors que des exercices restent à faire, le jeu se finit après trois poissons attrapés. Si tous les exercices sont finis, le joueur décide quand terminer la partie en accédant au menu pause.

Le second jeu est celui du labyrinthe. Le but est de faire naviguer une bille à travers un labyrinthe simple vers un but représenté par un petit drapeau rouge en se servant du gyroscope de la tablette. En tenant la tablette à plat et en la faisant pencher sur un côté, la bille roule en suivant la pente. Ce jeu fait également office d'exercice sur la motricité fine et sur la réflexion. À chaque partie, le labyrinthe est différent. Les plateaux de jeux sont conçus de toutes pièces par les développeurs plutôt que générés aléatoirement pour assurer une difficulté correcte selon le niveau et éviter les situations où le niveau devient impossible. La difficulté augmente le nombre d'obstacles et complexifie le labyrinthe. Si on joue entre deux exercices, trois parties peuvent être lancées, sinon, la fin du jeu est décidée par le joueur.

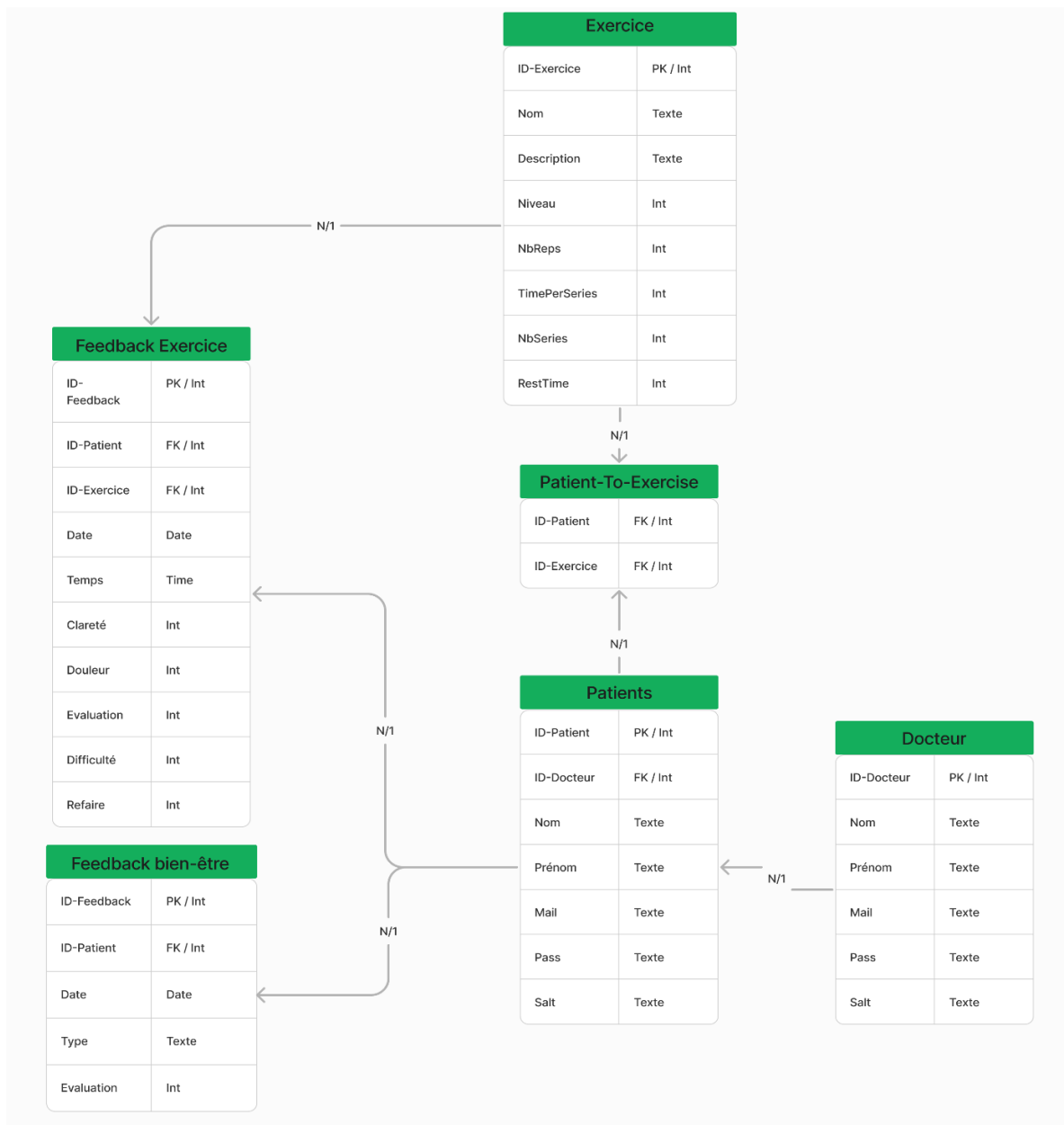
Le jeu suivant est le memory. Des cartes sont disposées face cachée sur l'écran, le but est de retrouver toutes les paires de cartes en les retournant. Le joueur peut retourner jusqu'à deux cartes à la fois en les touchant. Si une paire est formée, les cartes restent face visible. Sinon, elles sont toutes deux à nouveau retournées. L'enfant joue seul pour retrouver les paires, un adversaire non-joueur pouvant facilement être trop bon et mener à de la frustration, bien que l'idée reste en suspens. Ce jeu peut aussi être vu comme un exercice de mémoire et de motricité fine pour la sélection des cartes. Plus la difficulté augmente, plus le nombre de cartes augmente ce qui complexifie l'exercice de la mémoire et rends les cartes plus petites à l'écran pour accommoder leur nombre, ce qui complexifie le mouvement pour les sélectionner. Le jeu se finit au bout de trois parties si l'enfant doit encore faire des exercices, sinon, le joueur décide de quand terminer le jeu.

Le dernier jeu est le stand de tir. Des cibles sont disposées sur une étagère et le but est de leur tirer dessus avec une arbalète à ventouses. Dans un laps de temps limité, le joueur doit viser en tenant la tablette droit devant soi et se servant du gyroscope, puis tire en touchant l'écran. Quand elles sont touchées, les cibles tombent puis se redressent au bout d'une poignée de secondes pour forcer l'enfant

à changer de cible. Des points sont attribués selon la précision du tir, encourageant l'enfant à améliorer son score à chaque partie. Le mini-jeu de tir peut être considéré comme un exercice de motricité fine plus poussé. Un jeu plus difficile rétrécit les cibles, ce qui demandera plus de précision de la part de l'enfant. Si lancé entre deux exercices, le jeu ne dure qu'une partie, sinon, l'utilisateur peut en faire autant qu'il veut.

10. Base de données du projet

Figure 9 - Diagramme de la base de données.



Source : Données de l'auteur.

La base de données est composée de cinq tables principales et d'une table intermédiaire pour définir la relation plusieurs à plusieurs entre les patients et les exercices. Les données personnelles enregistrées

sont réduites au minimum. En effet, l'application n'a pas besoin de connaître l'adresse ou le diagnostic des patients pour fonctionner. Ainsi, on ne saurait deviner la nature exacte de la maladie des patients sur la base des données disponibles. Le physiothérapeute peut s'appuyer sur ses dossiers médicaux pour définir les exercices à prescrire.

Les données des patients comme des docteurs se composent de leur nom, prénom, adresse électronique et d'un mot de passe protégé par salage. Les données d'exercice comprennent le titre, le niveau, la description et les données relatives à la réalisation comme le nombre de séries et le temps de repos. Selon les exigences de l'exercice, certaines de ces données peuvent être nulles, dans le cas où il n'y a pas de temps de repos maximum défini entre deux séries par exemple. Les données de feedback sont divisées entre deux tables : celle de bien-être et celle d'exercice. Les données du feedback bien-être sont la date, le type et l'évaluation. Le type permet de différencier entre un feedback sur la santé et sur l'humeur. L'évaluation est un chiffre allant de un à trois, trois étant la meilleure note. La table de feedback sur les exercices se compose d'une date, du temps passé en exercice, et de cinq évaluations sur la clarté, les douleurs ressenties, à quel point l'utilisateur aime l'exercice, sur la difficulté et la volonté de refaire l'exercice. Ces cinq derniers points sont également notés de un à trois.

11. Projet et gestion

Avant que le développement ne débute, des meetings ont été organisés afin de rencontrer les élèves de la filière physiothérapie de la HES-SO. Ces rendez-vous avaient pour but de mieux connaître le domaine des IMC spastiques et de définir les buts du projet et ont eu lieu le 25 et 27 avril 2023. Ensuite, les exigences du projet ont été définies dans le Business Requirements Document avec les élèves en physiothérapie lors d'un rendez-vous à la HES de Loèche-Les-Bains le 5 mai 2023. Certaines corrections ont dû être apportées avant que le document final ne soit accepté le 23 mai 2023. La période entre le 9 et 23 mai a été consacrée à la recherche sur l'état de l'art des serious-games de physiothérapie, à la recherche des technologies, à la planification globale du projet à l'aide d'un Gantt Chart, à l'élaboration du Product Backlog et la création de mockups pour l'application en collaboration avec les mandants du projet.

Le plan de travail hebdomadaire a été défini comme suit : le lundi, mardi et vendredi sont consacrés à la réalisation du travail pratique tandis que le mercredi et jeudi sont réservés aux cours. Après la période d'examens, ces deux jours seront dédiés à la rédaction du rapport. Le travail le week-end n'est pas exclu.

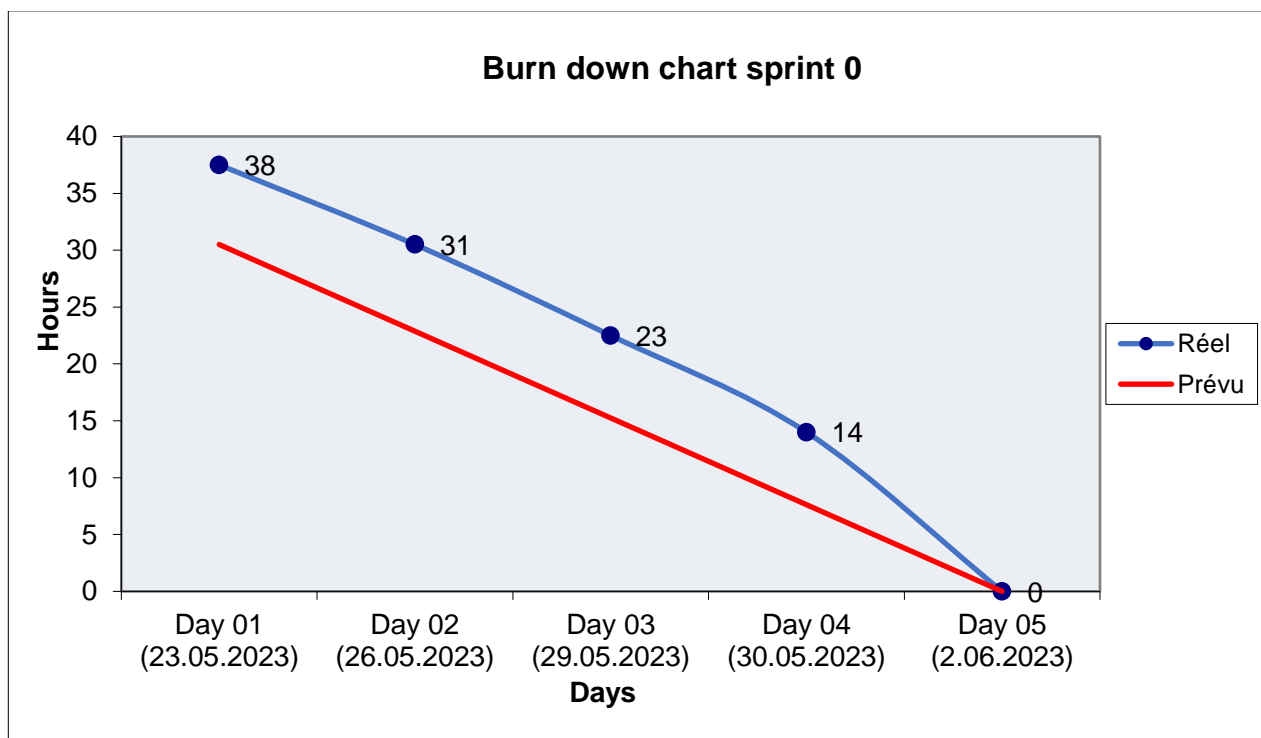
11.1. Sprint 0

Le but de ce premier sprint était de mettre en place l'infrastructure qui supporterait le reste du projet et d'avoir une première fonctionnalité implémentée, le login depuis le jeu. Il a débuté le 23 mai 2023 et pris fin le 2 juin 2023 pour 5 jours de travail et était estimé à 16 Story Points (SP).

Les recherches sur les bases de données n'ayant pas pu être finalisées avant le début du sprint, ce fut la première tâche à accomplir. Initialement estimé à un jour de travail, cette tâche s'est avérée plus longue que prévue en raison de l'inexpérience de l'équipe de développement avec Unity et ses bases de données supportées. Les questions légales autour de Firebase ont également pris du temps et ont dû être résolues avec l'aide du professeur Schumacher. Une fois la base de données sélectionnée, elle a été développée avec une API dont la première fonctionnalité a été d'enregistrer de nouveaux patients et de gérer un login à l'aide d'une combinaison de mail et mot de passe. A ce stade, les mots de passes étaient déjà protégés par un Hash & Salt. L'écran de login de l'application a ensuite été créé avant d'y intégrer un appel à l'API pour authentifier l'utilisateur. En raison du retard cumulé lors de la recherche sur les bases de données, du travail supplémentaire a été effectué entre le 30 mai et le 2 juin pour terminer le sprint.

A la fin du sprint 0, tous les US ont été acceptés. A ce stade, l'API ne supporte que la création et le login d'utilisateurs de l'application. Le jeu ne se compose que d'un écran de login et écrit les informations obtenues de la part de l'API sur une console lors d'un login réussi.

Figure 10 - Burn down chart du sprint 0.



Source : Données de l'auteur.

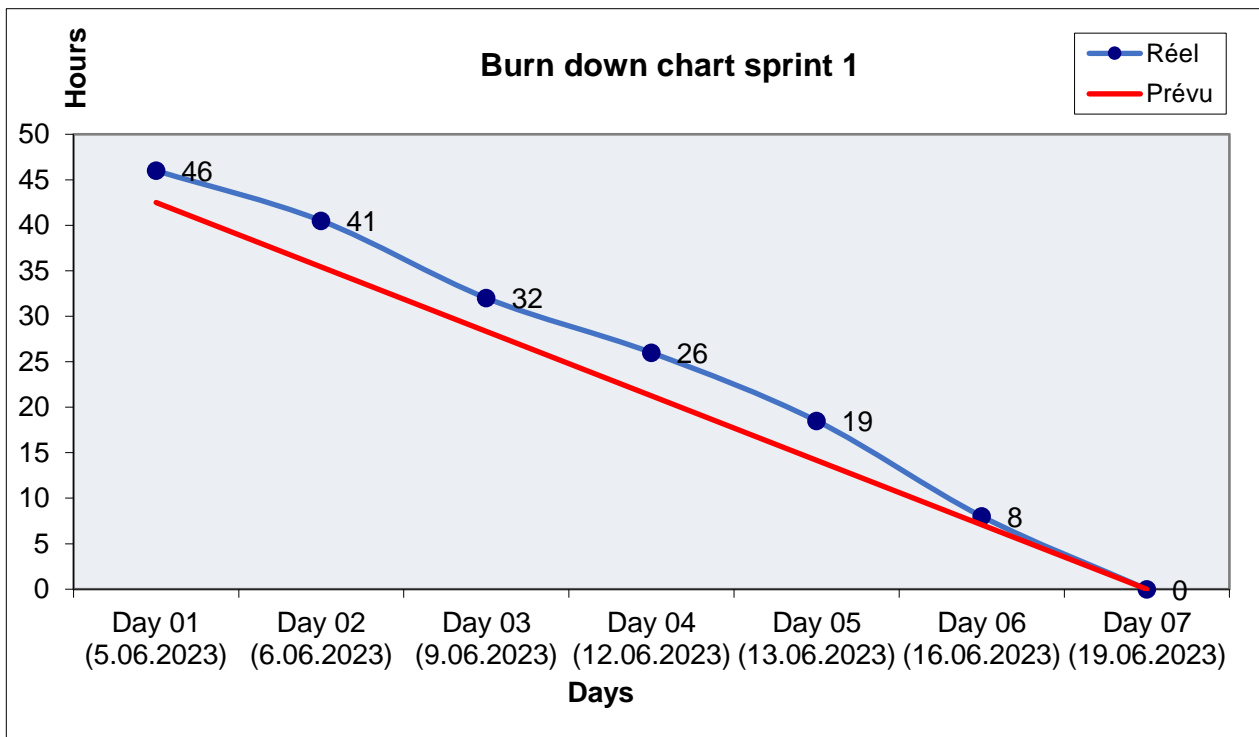
11.2. Sprint 1

Ce second sprint a été entièrement consacré au jeu. Le but était de créer les bases du jeu, incluant un monde virtuel simple, un personnage, des contrôles et un système de navigation pour se rendre sur une zone spécifique du monde. Le sprint 1 a débuté le 5 juin 2023 et pris fin le 20 juin 2023. Il a duré 7 jours de travail et était estimé à 42 SP.

N'ayant ni les compétences ni le temps à disposition pour créer de toutes pièces les éléments du jeu, le premier objectif fut de chercher des éléments de décor et des personnages sur l'Asset Store de Unity pour les intégrer au jeu. (Supercyan, 2022) (JustCreate, 2023) (Broken Vector, 2018) (Silver Cats, 2017) (Soft Poly Studios, 2022) Après les avoir fait approuver par les mandants, les premiers éléments ajoutés ont été l'avatar du joueur ainsi qu'un monde virtuel plat. Les contrôles et la gestion des animations du personnage ont été ajoutés peu après. La zone d'exercice et le système de direction pour s'y rendre ont été implémentés sans difficultés majeures. Les Story Points ayant été légèrement surestimé pour ce sprint, il resta près de deux jours de travail avant l'échéance. Ce temps fut utilisé pour expérimenter avec Unity en vue du prochain sprint et réaliser un US initialement prévue pour le prochain sprint, l'envoi de feedback sur le bien-être à l'ouverture de l'application.

Malheureusement, celui-ci fut rejeté parce qu'il ne correspondant pas à la vision que les mandants avaient de cette fonctionnalité. La majorité du travail a cependant pu être conservé pour créer la version finale de l'écran de feedback sur le bien-être lors du sprint suivant. Les autres User Stories ont été acceptés. A la fin du sprint, les nouvelles fonctionnalités de l'application étaient de déplacer un avatar dans un monde virtuel plat et d'avoir une flèche indiquant la destination du prochain exercice. L'API peut désormais recevoir et enregistrer des données de feedback.

Figure 11- Burn down chart du sprint 1.



Source : Données de l'auteur.

11.3. Sprint 2

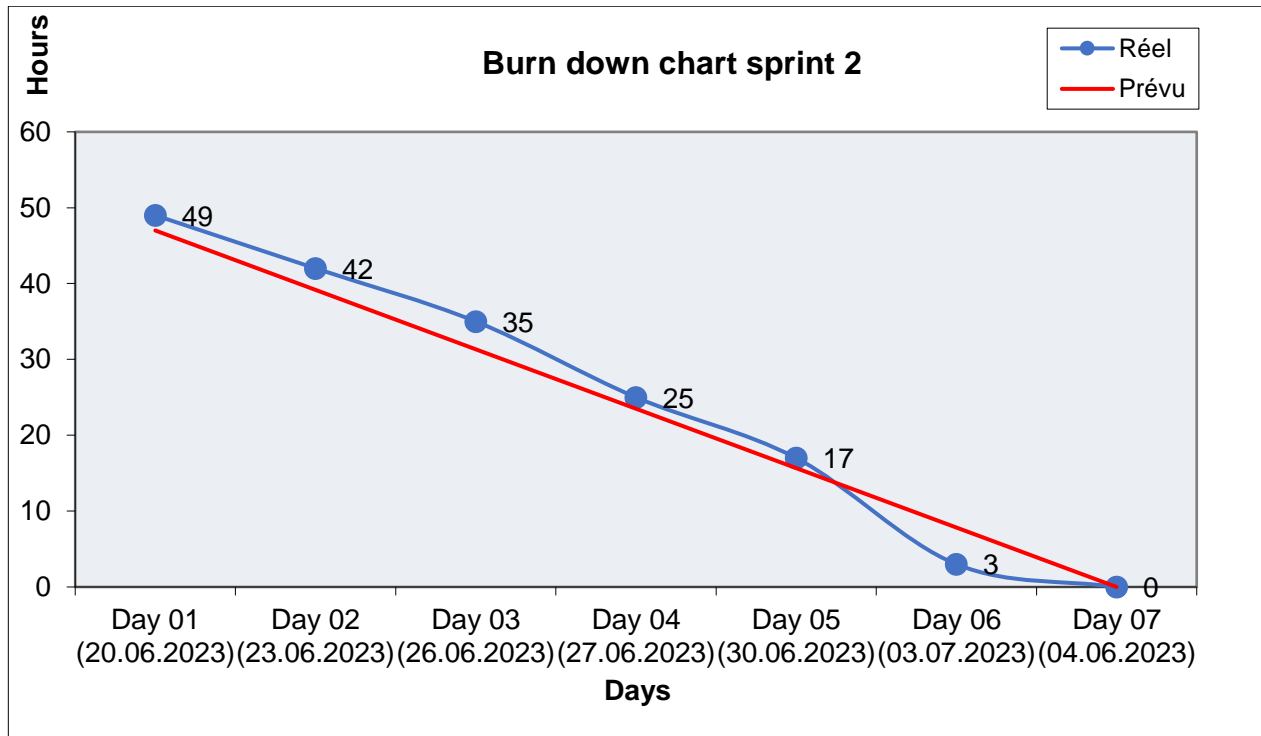
Les bases du jeu étant posées, l'objectif du sprint 2 est de rendre le jeu plus attrayant en construisant un monde virtuel intéressant et de créer l'écran d'exercice et les systèmes qui l'entourent. Des ajustements sur le système de feedback sur le bien-être devaient aussi être faits. Ce sprint a duré du 20 juin 2023 au 4 juillet 2023. Les 35 User Stories ont été réparties sur 7 jours de travail prévu.

Le premier travail a été de concevoir le monde virtuel. Après consultation avec les mandants, la décision fut prise de donner au monde virtuel la forme d'une île. Le terrain a alors été sculpté et la végétation ajoutée avant d'ajouter d'autres éléments de décor comme les pierres, rambardes et lampadaires. Une fois le monde modélisé, on ajouta un système d'apparition de la zone d'exercice sur l'un de cinq emplacement prédéfinis pour obliger le joueur à se déplacer dans le monde et le découvrir. Une fois cela fait, l'écran d'exercice a été ajouté puis incorporé au jeu pour s'afficher lors de l'entrée dans la zone d'exercice. L'API a été modifiée pour envoyer les exercices de l'utilisateur lors du login. Ces données ont été utilisées pour le texte de l'écran d'exercice et son déroulement. La gestion du chronomètre et compte à rebours selon l'exercice a été ajouté peu après. Comme prévu à ce stade, l'avatar n'est pas encore animé pour faire une démonstration de l'exercice. Un écran de feedback simple a ensuite été ajouté pour évaluer l'exercice et envoyer les informations à l'API. Après révision des mandants durant le sprint, l'écran de feedback d'exercice a été modifié pour inclure 5 questions, ce qui a mené à la séparation de la table feedback de la base de données en 2 parties : une pour le bien-être et

une pour les exercices.

Le troisième sprint se termine avec tous les US étant acceptés. Les nouveaux incréments sont le monde virtuel sous la forme d'une île enrichie de décors différents, un écran de d'exercice et la possibilité de rendre un feedback sur l'exercice effectué.

Figure 12- Burn down chart du sprint 2.



Source : Données de l'auteur.

11.4. Sprint 3

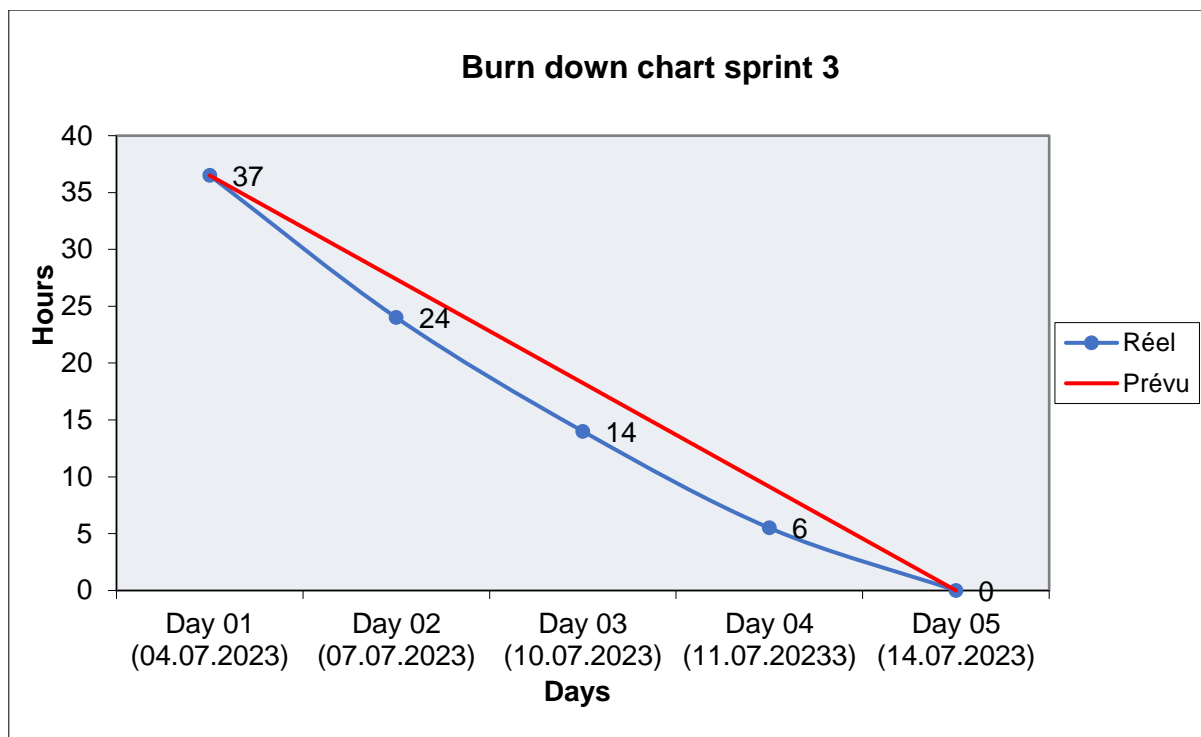
Domaine nouveau pour l'équipe de développement, le sprint 3 a été dédié aux animations pour l'interface d'exercice pour que l'avatar en fasse une démonstration à l'écran. La période de travail commence le 4 juillet 2023 et se termine le 14 juillet 2023 et comprend 5 jours de travail pour 37 US. La durée du sprint a été raccourcie après proposition par le professeur Schumacher afin de rapidement refaire le point sur l'avancement de la thèse de bachelor et au besoin, revoir la planification du sprint 4.

En premier lieu, l'équipe de développement chercha des animations sur le web et trouva des animations de jumping jacks et de montée d'escalier su Mixamo.com. Après un peu de temps passé à apprendre à se servir de Blender, l'équipe de développement adapta les animations téléchargées au personnage du jeu et les testa dans l'application avec succès. Les animations pour l'exercice de la danseuse étoile et du papillon ont été créés et testées en jeu sans problème particuliers. Finalement, l'exercice « debout dans la nuit » a nécessité la création de différentes versions, l'exercice changeant légèrement selon la difficulté. Cet exercice nécessite également de faire fermer les yeux du personnage

pendant l'animation. Les textures nécessaires ont été réalisées, cependant aucun moyen d'appliquer correctement cet effet en jeu n'a pu être trouvé.

A la fin de ce sprint, tous les US sauf celui de l'exercice « debout dans la nuit » ont été acceptés, celui-ci devra être revu durant le sprint 4 si le temps le permet. L'appréhension quant à la création d'animations se ressent par un nombre de SP disproportionné par rapport aux heures passées à travailler et à la réalisation de la plupart des US malgré un temps raccourci. Les nouvelles fonctionnalités à la fin du sprint 4 sont les animations de l'avatar pour faire la démonstration de 5 exercices dont un est à corriger.

Figure 13- Burn down chart du sprint 3.



Source : Données de l'auteur.

11.5. Sprint 4

Le sprint 4 est dédié à la création du portail web de gestion des patients. Par ce biais, les médecins loggés peuvent créer et gérer des comptes utilisateurs pour leurs patients et assigner des exercices qui seront alors à faire en jeu. Les physiothérapeutes auront aussi accès aux feedbacks des enfants et pourront ainsi discuter plus facilement du programme d'exercice avec leurs patients pour éventuellement y apporter des adaptations. Le sprint débute le 14 juillet 2023 et se finit le 25 juillet 2023 et comprend 28 US à réaliser en 6 jours de travail.

Malheureusement, aucune nouvelle fonctionnalité n'a pu être implémentée durant ce sprint. En effet l'équipe de développement a grandement sous-estimé l'ampleur du travail restant vis-à-vis de la

rédaction de la thèse et à du par conséquent consacrer toute la durée de ce sprint à ce travail d'écriture.

11.6. Utilisation de l'intelligence Artificielle

ChatGPT a été consulté durant ce projet dans le cadre des recherches sur les technologies à utiliser pour lancer les recherches sur des aspects particuliers de celles-ci. Les réponses données ont été vérifiées et au besoin contredites en consultant les sources appropriées. Github Copilot a également été sollicité. Il s'agit d'un outil prédictif d'aide au codage proposant des extraits de code en se basant sur des projets GitHub existants et sur le code déjà écrit dans le programme en développement. C'est un outil pratique lors de l'écriture de code répétitif ou prévisible, cependant il n'est pas efficace tant que les bases d'un projet ne sont pas implémentées ou si les fonctionnalités sont spécifiques à un projet. Le code proposé doit également être corrigé pour s'adapter parfaitement au programme en cours de développement.

12. Le jeu

12.1. Principe

Une fois l'application lancée et le patient connecté, le premier écran demande à l'utilisateur comment il se sent tant physiquement que mentalement. Une fois les réponses envoyées à l'API, l'avatar du joueur apparaît dans une île virtuelle entièrement explorable. En suivant une flèche placée au pieds du personnage du joueur, celui-ci peut aller trouver le personnage du coach. En s'en approchant, le jeu lance un des exercices que le patient doit faire. Dans la version finale du projet, ces exercices sont définis par le physiothérapeute de l'enfant depuis un portail web qui lui permet de gérer ses patients et leurs exercices à domicile. Une fois l'exercice terminé, le jeu demande un retour sur l'exercice fait en lui demandant s'il a eu des douleurs ou s'il a aimé l'exercice. Les réponses sont enregistrées pour ensuite être consultées par le médecin et au besoin, adapter les exercices proposés. Une fois le feedback rendu, l'avatar réapparaît dans le monde virtuel. S'il reste des exercices à faire, la flèche directionnelle indiquera où trouver le coach. Sinon, le joueur est pleinement libre de visiter le monde du jeu. Dans sa version finale, l'application offrira la possibilité de personnaliser son avatar et de jouer à des mini-jeux entre deux exercices et après les avoir tous terminés.

Figure 14 - Rencontre avec le coach.



Source : Données de l'auteur.

12.2. Graphismes

Le jeu a une esthétique « low-poly », ou avec peu de polygones. Ce style permet d'économiser sur les performances car les objets 3D tels que les arbres et les personnages sont moins complexes. Cela permettra à des tablettes plus anciennes de faire fonctionner le jeu avec plus de facilité, évitant ainsi aux proches des enfant d'investir dans un nouvel appareil. Certains effets ont également été revu à la baisse, notamment ceux de la mer qui entoure l'île virtuel. Après expérimentations avec un build Android et ios, les effets de vague et de mousse sur la plage se sont avérés incompatibles du fait des exigences de performance trop élevées. Cependant, le jeu reste attrayant grâce à ses couleurs vives et son style visuel intéressant. La skybox, soit le ciel, n'a pas été travaillé en raison de l'angle de caméra en plongée.

Figure 15 - Showcase du monde virtuel.

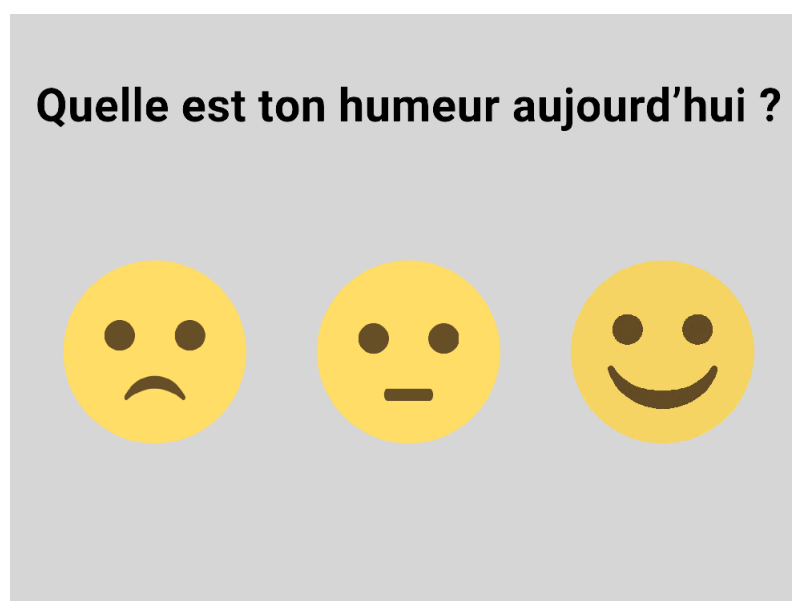


Source : Données de l'auteur.

12.3. Ergonomie et Interface Utilisateur

L'application se voulant aussi simple d'utilisation que possible pour des enfants atteints d'une IMC spastique, l'interface cherche à faciliter son utilisation avec des boutons larges et du texte écrit en grand. Les réponses aux feedbacks sont représentées par de larges boutons en forme de smileys, leur symbolique étant facilement reconnaissable.

Figure 16 - Ecran de feedback sur l'humeur



Sources : Données de l'auteur

Malheureusement, on ne peut pas appliquer ce design partout, l'écran de login a besoin de fonctionner avec des champs où écrire ses informations de connexion. Les contrôles de l'avatar fonctionnent sur le principe d'un joystick virtuel avec un point d'origine variable. Le joueur peut toucher l'écran n'importe où puis faire glisser son doigt dans la direction voulue pour faire évoluer le personnage dans le monde. Ce type de contrôle est parfaitement ambidextre et laisse toute la surface de l'écran au joueur pour manipuler son avatar ce qui simplifie l'utilisation du jeu.

Figure 17 - Exercice du papillon



Source : Données de l'auteur.

13. Améliorations possibles

13.1. Jeu

Pour améliorer le jeu et le rendre reconnaissable, il faut trouver un nom au jeu. Les propositions de l'équipe de développement sont : « L'île du tout-capable » et « Les Wunkis ». Les possibilités ne se limitent pas à ces deux propositions et la décision finale quant au nom revient aux mandants. Associé à cela, il serait bienvenu d'ajouter un écran titre coloré et attrayant pour lancer le jeu en lieu et place d'un formulaire de login. Les premières impressions sont importantes et engageront mieux les patients lorsqu'ils découvriront l'application.

Figure 18 - Ecran titre d'Animal Crossing New Horizons.



Source: Nintendo. (2020). Title Screen. [Écran titre du jeu]. AnimalCrossing.Fandom.

<https://animalcrossing.fandom.com/f/p/3348793290392019627/r/3397066684367327819>

Pour augmenter l'attractivité visuelle, les écrans de login, d'exercice et de feedbacks devront être redésignés. Le fond blanc de ces écrans avait été choisi pour mieux faire ressortir le texte et les boutons mais cela rend le design peu intéressant. On peut alors proposer de colorer le fond de ces écrans avec de couleurs pastel personnalisables ou de l'animer en veillant à garder le texte lisible. Des effets visuels et sonores seraient également bienvenus pour accompagner l'appui sur les boutons et la navigation à travers les différents écrans du jeu. (Johnson. 2022)

Un autre aspect du jeu qui peut être ajouté serait un système de récompense monétaire pour les exercices et dans une moindre mesure, pour les mini-jeux. Comme dans l'application Zingo, un système de monnaie et d'objets à acheter ou collectionner pourrait plus volontiers pousser les enfants à ouvrir l'application d'eux-mêmes et effectuer les exercices. Avec un système de personnalisation de l'avatar, on peut facilement imaginer un système dans lequel le joueur obtient de la monnaie qu'il échange contre de nouveaux habits, une coiffure spéciale ou de nouvelles chaussures. En poussant ce concept, on pourrait aussi inclure une maison à meubler et décorer à l'instar de titres comme « The Sims » ou « Animal Crossing ».

13.2. API

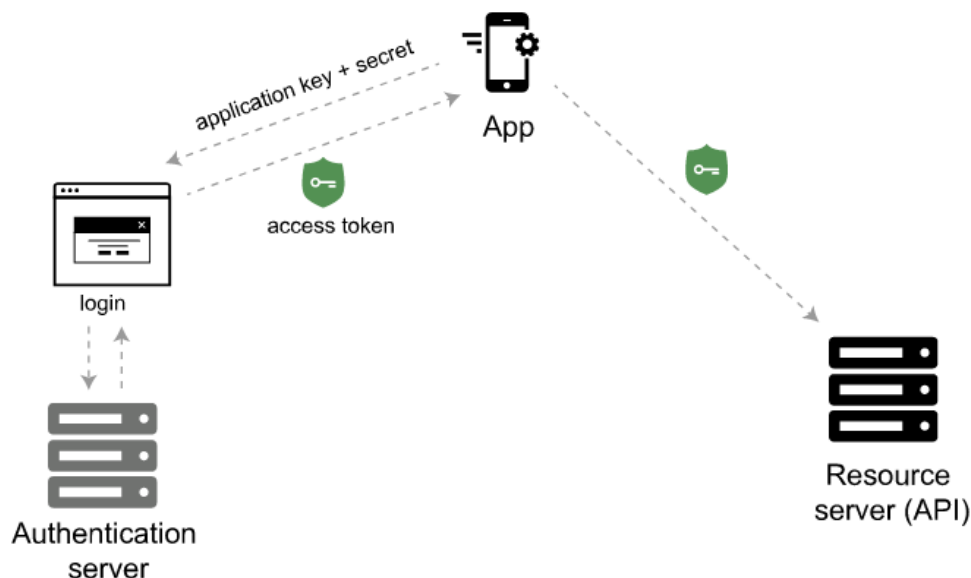
Pour pleinement sortir d'un état de prototype à produit fini, il faut ajouter des mesures de sécurité à l'API puisqu'elle gère des données personnelles des patients et de leurs médecins. Pour cela différentes options sont possibles comme demander une clé API pour chaque requête. Cette clé peut être fournie au jeu et réclamée par l'API pour s'assurer que le trafic vienne bel et bien du jeu. Une méthode similaire peut être mise en place pour le site de gestion en .NET avec une autre clé API. Cette méthode a cependant

ses limites pour le jeu Unity car celui-ci peut être décompilé (Van de Kerckhove, 2022) et les méthodes d'obfuscation de la clé comme le hash ou la séparation de la clé en plusieurs parties peuvent s'avérer insuffisantes. Cependant, si le jeu n'est pas distribué publiquement, une clé API stockée dans le jeu peut s'avérer suffisante compte tenu du public cible qui reste limité. Dans ce cas, les chances qu'un proche d'un enfant atteint d'IMC soit acteur malicieux et qu'il s'intéresse à l'application sont certes non-nulles, mais restent extrêmement faibles.

Des options de sécurités peuvent aussi être mises en place pour des opérations spécifiques de l'API pour n'autoriser que certaines actions en se servant de la clé API du jeu Unity ou inversement avec la clé API du site en .NET. (McGuire, 2022). Ce procédé éviterait qu'on puisse effectuer des opérations sur les patients, leurs exercices et leurs feedbacks avec la clé stockée dans le jeu, ces actions étant réservées aux requêtes arborant la clé API du portail de gestion.

Une autre solution, OAuth 2.0, ferait usage d'un serveur d'authentification qui retournerait un token d'accès appelé « Bearer » lors d'un login réussi. Ce token temporaire est ensuite ajouté à l'en-tête de chaque requête suivante à l'API qui s'assurera de la légitimité de la requête en inspectant le token. (Johnson, 2019) Tout comme avec les clés API, cette solution peut s'appliquer à la fois au jeu et au site et différentes opérations peuvent être autorisées selon le token transmis. Mais contrairement à l'illustration ci-dessous, on ne peut pas faire usage d'un secret stocké dans l'application car elle peut être décompilée et le secret découvert. (Van de Kerckhove, 2022)

Figure 19 - Fonctionnement de OAuth 2.0



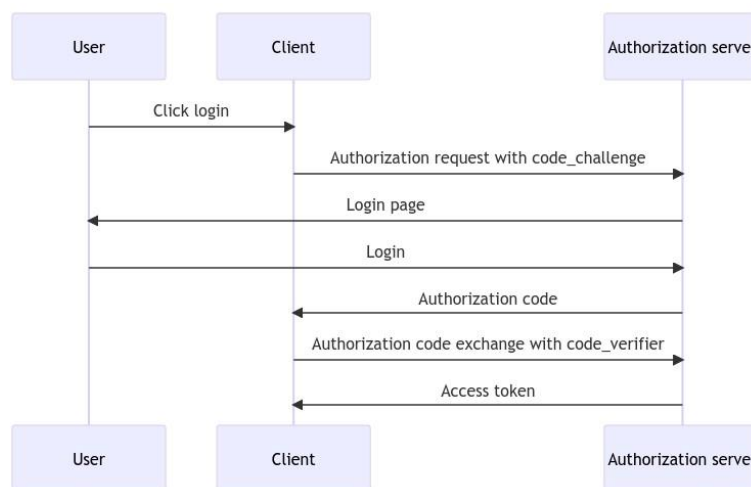
Source: Johnson, T. (2015) OAuth 2.0 uses an access token from an authentication server.

[Illustration]. Idratherbewritting. <https://idratherbewriting.com/2015/09/04/authorizing-apis/>

A la place, l'application devra faire usage de la méthode « None Client Authentication with PKCE ». (Cloudentity, s.d.) Ainsi, quand une application fait une requête d'autorisation, un code_verifier et un

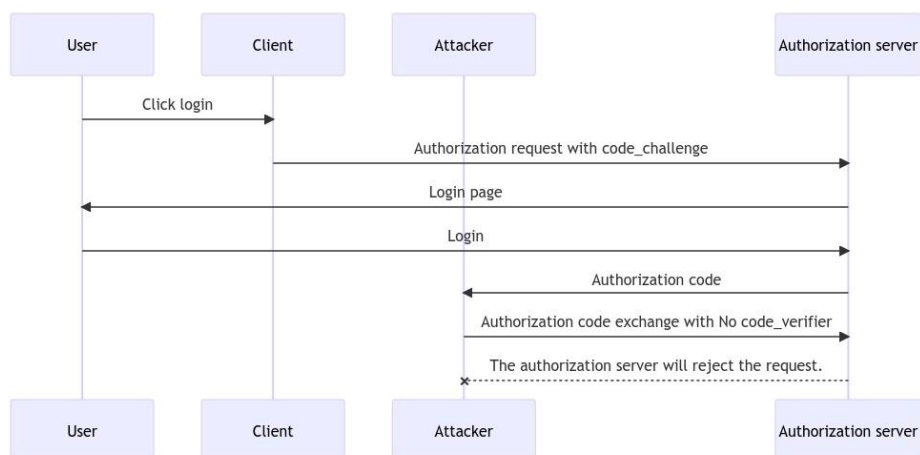
code_challenge, version encodée en SHA-256 du code_verifier, sont ajoutés à la requête. Après un login vérifié, le serveur d'authentification envoie un code d'autorisation qui devra être retourné par le client avec le code_verifier. Le serveur transforme génère alors un code_challenge à partir du code_verifier fournit et compare le résultat avec le code_challenge fournit par le client lors de la première requête. Si les valeurs sont égales, le serveur fournit un token d'accès à l'API au client. Si durant ce processus un acteur malveillant interceptait des informations, il ne pourrait pas s'en servir pour demander un token au serveur. Dans le cas de ce projet, le serveur d'authentification n'a pas à envoyer de page de login car elle est intégrée au jeu, les informations de login sont envoyées après la requête d'autorisation une que fois le login est demandé par l'utilisateur.

Figure 20 - OAuth 2.0 avec PKCE



Source : Parham. (2022) Login OAuth 2.0 with PKCE. [Illustration]. Pazel. <https://pazel.dev/teach-me-pkce-proof-key-for-code-exchange-in-5-minutes>

Figure 21 - Attaque lors d'un login OAuth 2.0 avec PKCE



Source: Parham. (2022) Login OAuth 2.0 with PKCE. [Illustration]. Pazel. <https://pazel.dev/teach-me-pkce-proof-key-for-code-exchange-in-5-minutes>

Conclusion

La réalisation de ce projet a permis de mettre sur pied un prototype de l'application demandée par les mandants. En accord avec leur vision du produit, le jeu permet à son utilisateur de se déplacer dans un monde virtuel attrayant en étant représenté par un avatar. Dans ce monde, le joueur est amené à effectuer des exercices physiques pour combattre son handicap et peut ensuite faire un retour sur ces exercices. Les données sont envoyées et reçues depuis un serveur web, externe à l'application, qui permet de personnaliser l'expérience thérapeutique des joueurs. Cependant, le portail de gestion des patients n'a pas pu voir le jour, contrairement à ce qui a été planifié. En l'état, cela rend le projet inutilisable par d'autres parties que les développeurs.

Si le projet devait être repris dans le but de le distribuer à des patients, le Product Owner recommanderait de s'occuper de la dette technique sur la sécurité de l'API avant de reprendre le développement là où il s'est terminé. Une fois que l'application atteint le stade du MVP et que la sélection d'exercice est plus étoffée, il serait possible de lancer une phase de test auprès de diverses cliniques afin d'obtenir des retours de la part des enfants comme des médecins en vue d'améliorer le produit.

Il reste encore un grand nombre de US à ajouter au projet et de nombreuses idées à discuter avec les mandants pour rendre le jeu plus attractif comme décrits dans le chapitre des améliorations. Certains points du PB doivent encore être clarifiés avant d'être développés, comme le ou les choix musicaux pour le jeu. En tant que prototype, le jeu remplit son rôle de *proof of concept* en permettant de visualiser ce que serait un produit finit et utilisable par les joueurs.

RÉFÉRENCES

- Clark, M. (2022). Les 5 meilleurs outils de développement multiplateforme. Back4App. https://blog.back4app.com/fr/les-5-meilleurs-outils-de-developpement-multiplateforme/#React_Native
- Unity Technologies. (2023). Unity Learn. Unity. <https://learn.unity.com/>
- Agarwal, A. (2022). Unity vs. Unreal: What to Choose in 2023. Externlabs. <https://externlabs.com/blogs/unity-vs-unreal/>
- Unity Technologies. (2023). Plans and Pricing. Unity. <https://unity.com/pricing#plans-individualsand-teams>
- Game-Ace Creative Studio. (2022). Choosing Unreal Engine for Mobile Games: Things to Consider. Game-Ace. <https://game-ace.com/blog/unreal-engine-for-mobile-games/>
- Kribernegg, T. (2022). The best 22 mobile game engines and development platforms. AppRadar. <https://appradar.com/blog/mobile-game-engines-development-platforms>
- Cryptomeria Capital. (2023). Open 3D Engine VS Unreal Engine 5. MPost. <https://mpost.io/open-3d-engine-vs-unreal-engine-5/>
- French, J. (2022) Is Unity free? (And will you ever need Unity Pro?). GameDevBeginner. <https://gamedevbeginner.com/is-unity-free/>
- Epic Games. (2023). Introduction to Blueprints. UnrealEngine. <https://docs.unrealengine.com/4.27/en-US/ProgrammingAndScripting/Blueprints/GettingStarted/>
- MainLeaf. (2023). Can you make mobile games with Unreal Engine?. Mainleaf. <https://mainleaf.com/can-you-make-mobile-games-with-unreal-engine/#:~:text=Development%20for%20multiple%20platforms%3A%20otherwise,both%20Android%20and%20iOS%20platforms.>
- Epic Games. (2023). Licensing options. UnrealEngine. <https://www.unrealengine.com/en-US/license>
- Linietsky, J. Manzur, A. and the Godot community (2023). Godot Docs. GodotEngine. <https://docs.godotengine.org/en/stable/index.html>
- Denisyuk, Y. (2022). Godot VS Unity (for making your first game). GameDevBeginner. https://gamedevbeginner.com/godot-vs-unity-for-making-your-first-game/#godot_pros
- The Godot Engine community. (2023). Asset Library. GodotEngine. <https://godotengine.org/asset-library/asset>
- Chillingworth, A. (2023). The Pros & Cons of Creating 3D Content With Blender Software. EpidemicSound. <https://www.epidemicsound.com/blog/blender-software/#is-blender-completely-free>
- Blender Foundation. (2023). Blender 3.6 LTS. Blender. <https://www.blender.org/>

- Blender Foundation. (2023). Blender 3.6 Reference Manual. Blender.
<https://docs.blender.org/manual/en/latest/>
- Maxon Computer. (2023). Plans and Pricing. Maxon. <https://www.maxon.net/en/buy>
- Educba. (2023). Difference Between ZBrush and Blender. Educba.
<https://www.educba.com/zbrush-vs-blender/>
- Bittorf, D. (2023). Sculpting Showdown: Blender vs ZBrush - Which One Should You Use?. ArtStation. <https://www.artstation.com/blogs/dcbittorf/zE7L/blender-vs-zbrush-sculpting>
- Maxon Computer. (2023). ZBrush. Maxon. <https://www.maxon.net/fr/zbrush>
- Maxon Computer. (2023). L'HISTOIRE DE MAXON. Maxon. <https://www.maxon.net/fr/about-maxon/history>
- Jantzen, S. (2022). Cinema 4D A fantastic 3D tool for motion graphics. PCMag.
<https://uk.pcmag.com/graphic-design/143264/cinema-4d>
- vBulletin Solutions. (2023). French Cinema4D. frenchCinema4d.
<https://frenchcinema4d.fr/forum.php>
- Maxon Computer. (2023). Cinema 4D. Maxon. <https://www.maxon.net/en/cinema-4d>
- Office fédéral de la justice. (2021). Rapport sur l'US CLOUD Act. Admin.ch.
<https://www.bj.admin.ch/bj/fr/home/publiservice/publikationen/berichte-gutachten/2021-09-17.html>
- FMH Swiss Medical Association. (2023). Protection des données et sécurité. FMH.
<https://www.fmh.ch/fr/themes/ehealth/protection-donnees-securite.cfm>
- Junod, V. (2020). Mais quand pourrai-je enfin jeter ce vieux dossier médical?. BullMed.
<https://bullmed.ch/article/doi/bms.2020.18667>
- Talbert, L. (2021). Using MySQL with Unity. Red-Gate. <https://www.red-gate.com/simple-talk/development/dotnet-development/using-mysql-unity/>
- Oracle. (2023). MySQL. <https://www.mysql.com/fr/>
- Fischer, P. & Pittet, S. (2021). US CLOUD Act - un aperçu. SwissPrivacy.
<https://swissprivacy.law/101/>
- Shah, H. (2021) The 7 Best Reasons to Choose MySQL for Organizing Your Web Database. Devm.
<https://devm.io/databases/mysql-7-best-reasons-175591>
- Van de Kerckhove, E. (2022) How to reverse Engineer a Unity Game. Kodeco.
<https://www.kodeco.com/36285673-how-to-reverse-engineer-a-unity-game>
- Kumar Gupta, R. (2022). How to add Firebase to your Unity project. LogRocket.
<https://blog.logrocket.com/how-add-firebase-unity-project/>
- FireBase. (2023). Add Firebase to your Unity project. Firebase.Google.
<https://firebase.google.com/docs/unity/setup?hl=fr>
- FireBase. (2023) Store and sync app data at global scale. Firebase.Google.
<https://firebase.google.com/products/firestore/>

- Altexsoft. (2023). The Good and the Bad of Firebase Backend Services. Altexsoft.
<https://www.altexsoft.com/blog/firebase-review-pros-cons-alternatives/>
- FireBase. (2023) Get started at no cost, then pay as you go. Firebase.Google.
<https://firebase.google.com/pricing>
- Bilal, N. (2021). Testing ASP.NET Core Web APIs — A Detailed Guide. Medium.
<https://medium.com/technology-earnin/thorough-testing-of-asp-net-core-or-any-web-api-a87bd0585f9b>
- Microsoft. (2023). API's with ASP.NET Core. Microsoft. <https://dotnet.microsoft.com/en-us/apps/aspnet/apis>
- Trần, T. (2021). Type-Safe queries in Spring Data JPA. ProgrammingSaring.
<https://programmingsharing.com/type-safe-queries-in-spring-data-jpa-a4ca195d7c37>
- Ferreira, D. (2018). EntityFramework: Yes or No?. Cleverti.
<https://www.cleverti.com/software-development/net/entityframework-yes-or-no/>
- dotConnect Team. (2022). The Ultimate Comparison of ADO.NET and Entity Framework. Devart.
<https://blog.devart.com/ado-net-vs-entity-framework.html>
- Microsoft. (2021). Entity Framework Core. Microsoft. <https://learn.microsoft.com/en-us/ef/core/>
- Microsoft. (2020). Code First to a New Database. Microsoft. <https://learn.microsoft.com/en-us/ef/ef6/modeling/code-first/workflows/new-database>
- Microsoft. (2023). Make secure .NET Microservices and Web Applications. Microsoft.
<https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/architecture/microservices/secure-net-microservices-web-applications/>
- Microsoft. (2023). Introduction à Razor Pages dans ASP.NET Core. Microsoft.
https://learn.microsoft.com/fr-fr/aspnet/core/razor-pages/?view=aspnetcore-7.0&WT.mc_id=dotnet-35129-website&tabs=visual-studio
- Microsoft. (2023). ASP.NET Web Apps. Microsoft. <https://dotnet.microsoft.com/en-us/apps/aspnet/web-apps>
- Siddiqui, T. (2022). How to Create Rozor Pages in .NET Core. Codeguru.
<https://www.codeguru.com/dotnet/razor-pages-dot-net/>
- Sujay Vailshery, L. (2022). Most used libraries and frameworks among developers, worldwide, as of 2022. Statista. <https://www.statista.com/statistics/793840/worldwide-developer-survey-most-used-frameworks/>
- Hutsulyak, O. (2023). Node.js vs .NET: What to Choose in 2023. Techmagic.
<https://www.techmagic.co/blog/node-js-vs-net-what-to-choose/>
- Desai, J. (s.d.). Net Core vs. Node JS: The Difference Explained by Web Expert. Positiwise.
<https://positiwise.com/blog/net-core-vs-node-js>
- Khanduja, S. (2022). Top 7 Reasons Microsoft .NET is the Most Preferred Web Application Framework. Grazitti. <https://www.grazitti.com/blog/top-7-reasons-microsoft-net-is-the-most-preferred-web-application-framework/>

- Microsoft. (2023). SQL Queries. Microsoft. <https://learn.microsoft.com/en-us/ef/core/querying/sql-queries>
- Dziuba, A. (2022). React.js Security Guide: Threats, Vulnerabilities, and Ways to Fix Them in 2023. Relevant.Software. https://relevant.software/blog/react-js-security-guide/#Reactjs_vulnerabilities
- Swadia, S. (2021). How to Secure Your React.js Application. FreeCodeCamp. <https://www.freecodecamp.org/news/best-practices-for-security-of-your-react-js-application/>
- Altexsoft. (2020). The Good and the Bad of ReactJS and React Native. Altexsoft. <https://www.altexsoft.com/blog/engineering/the-good-and-the-bad-of-reactjs-and-react-native/>
- Deshpande, C. (2023). The best guide to know what is React. Simplilearn. <https://www.simplilearn.com/tutorials/reactjs-tutorial/what-is-reactjs>
- Johnson, R.W. (2022). Intervention Mapping of a Gamified Therapy Prescription App for Children With Disabilities: User-Centered Design Approach. JMIR Publications, Volume 5, No3. <https://pediatrics.jmir.org/2022/3/e34588/>
- Drumond, C. (s.d.). Qu'est-ce que Scrum et comment se lancer. Atlassian. <https://www.atlassian.com/fr/agile/scrum>
- JustCreate. (2023). Low-Poly Simple Nature Pack. Assetstore.Unity. <https://assetstore.unity.com/packages/3d/environments/landscapes/low-poly-simple-nature-pack-162153>
- JustCreate. (2023). Nature Environment : Tropical Island Lite - Low Poly 3D. Assetstore.Unity. <https://assetstore.unity.com/packages/3d/environments/landscapes/low-poly-simple-nature-pack-162153>
- Broken Vector. (2018). Low Poly Rock Pack. Assetstore.Unity. <https://assetstore.unity.com/packages/3d/environments/low-poly-rock-pack-57874>
- Broken Vector. (2018). Low Poly Tree Pack. Assetstore.Unity. <https://assetstore.unity.com/packages/3d/vegetation/trees/low-poly-tree-pack-57866>
- Silver Cats. (2017). Glowing Forest. Assetstore.Unity. <https://assetstore.unity.com/packages/3d/environments/fantasy/glowing-forest-79686>
- Soft Poly Studios. (2022). Simple Forest Pack. Assetstore.Unity. <https://assetstore.unity.com/packages/3d/environments/simple-forest-pack-209273>
- Supercyan. (2020). Character Pack: Free Sample. UnityAssetStore. <https://assetstore.unity.com/packages/3d/characters/humanoids/character-pack-free-sample-79870>
- Supercyan. (2022). Character Pack: Free Animal People Sample. UnityAssetStore. <https://assetstore.unity.com/packages/3d/characters/humanoids/character-pack-free-animal-people-sample-204568>

- Johnson, T. (2020). Step 6: The security object (OpenAPI tutorial). Idratherbewriting. https://idratherbewriting.com/learnapidoc/pubapis_openapi_step6_security_object.html#api-key-authorization
- Johnson, T. (2019). API authentication and authorization. Idratherbewriting. https://idratherbewriting.com/learnapidoc/docapis_more_about_authorization.html#api_keys
- McGuire, J. (2022). A Big Look at Security in OpenAPI. Liblab. <https://liblab.com/blog/a-big-look-at-security-in-openapi>
- Smartbear. (S.d.). Authentication and Authorization. Swagger. <https://swagger.io/docs/specification/authentication/>
- Parham. (2022). Teach me PKCE (Proof Key for Code Exchange) in 5 minutes. Pazel. <https://pazel.dev/teach-me-pkce-proof-key-for-code-exchange-in-5-minutes>
- Krusen, T. (2020). PKCE: What and Why?. Dropbox. <https://dropbox.tech/developers/pkce--what-and-why->
- Okta. (S.d) Obtaining an Access Token. OAuth. <https://www.oauth.com/oauth2-servers/accessing-data/obtaining-an-access-token/>
- Okta. (S.d) Authorization. OAuth <https://www.oauth.com/oauth2-servers/mobile-and-native-apps/authorization/>
- <https://cloudentity.com/developers/basics/oauth-client-authentication/client-secret-authentication/>
- CloudEntity. (S.d). Authorization Basics. Cloudentity. <https://aaronparecki.com/oauth-2-simplified/#mobile-apps>
- Johnson, T. (2015). How authorization works with APIs. Idratherbewriting. <https://idratherbewriting.com/2015/09/04/authorizing-apis/>
-

ANNEXE I : Product Backlog

US N	Theme	En tant que	Je veux	Afin de / que	Critère de validation	Bloqueurs et prérequis	Priorité	Status	SP	Sprint	US date de validation
1	Preparation	Developer	Travailler sur le Product Backlog	Je comprends ce qui doit être fait	PO révisé et accepte le PB		1000	Terminé	5	0	05.06.2023
2	Preparation	Developpeur	Une application "hello world"	D'avoir une application qui se lance	L'application montre un texte		990	Terminé	1	0	05.06.2023
3	App	Patient	me logger dans l'app	Avoir accès à mon compte et mon programme d'exercice	L'utilisateur entre un mail et MDP dans un écran dédié.		980	Terminé	2	0	05.06.2023
53	Preparation	Developer	Une base de donnée	stocker les données des utilisateurs	La BD est déployée et contient des données.		985	Terminé	8	0	05.06.2023
5	Jeux	Patient	un avatar	Me représenter dans le monde du jeu	L'avatar est modélisé en 3d.		970	Terminé	13	1	20.06.2023
11	Jeux	Patient	Un monde dans lequel jouer	D'avoir une meilleure immersion dans le jeu	Avoir un ciel et un sol défini sur lequel marcher		960	Terminé	2	1	20.06.2023
10	Jeux	Patient	Mouvoir mon avatar dans un espace 3d	Profiter du monde du jeux	L'avatar peut bouger dans un espace 3d, est animé et détecte les collisions avec d'autres éléments. Les contrôles sont fait.	US 5	950	Terminé	21	1	20.06.2023
13	Jeux	Patient	Me rendre sur un lieu en particulier du monde virtuel	Commencer un exercice	Le lieu du monde est marqué et déclenche l'exercice si implémenté	US 11	940	Terminé	3	1	20.06.2023
14	jeux	Patient	Un moyen de savoir où se trouve le lieu de l'exercice	Me rendre sur le lieu de l'exercice	Une flèche pointe vers le lieu de l'exercice	US 13	930	Terminé	3	1	20.06.2023
8	App	Patient	Donner un feedback sur mon bien-être	Mon thérapeute sache comment je vais	Un questionnaire sur le bien-être de l'utilisateur apparaît au lancement de l'application.		925	Rejeté	5	1	20.06.2023

US N	Theme	En tant que	Je veux	Afin de / que	Critère de validation	Bloqueurs et prérequis	Priorité	Status	SP	Sprint	US date de validation
17	App	Patient	Une interface d'exercice	Comprendre l'exercice à faire	L'écran d'exercice est fait, les boutons, l'emplacement de texte et la box d'animation sont en place, un		920	Terminé	8	2	04.07.2023
59	App	Patient	Donner un feedback sur mon bien-être	Mon thérapeute sache comment je vais	Un questionnaire sur le bien-être de l'utilisateur apparaît au lancement de l'application. Un de humeur, un de santé.		925	Terminé	3	2	04.07.2023
8	App	Patient	Donner un feedback sur l'exercice que je viens de faire	Mon docteur sache comment s'est déroulé l'exercice	Les questions et propositions de réponses propres à l'exercice apparaissent à la fin de celui-ci. Question préparées	US 17	900	Terminé	3	2	04.07.2023
12	Jeux	Patient	Un monde virtuel riche	D'avoir une meilleure immersion dans le jeu	Avoir un monde décoré d'arbres et autres. Approbation des PO	US 11	890	Terminé	21	2	04.07.2023
54	App	Patient	faire l'exercice de la danseuse étoile	exercer ma mobilité	Les animations sont implémentées dans l'écran d'exercice	US 17	889	Terminé	8	3	14.07.2023
55	App	Patient	faire l'exercice debout dans la nuit	exercer mon équilibre	Les animations sont implémentées dans l'écran d'exercice	US 17	888	Rejeté	8	3	14.07.2023
56	App	Patient	faire l'exercice de l'endurance dans les escaliers	exercer ma coordination	Les animations sont implémentées dans l'écran d'exercice	US 17	887	Terminé	3	3	14.07.2023
57	App	Patient	faire l'exercice du jumping jack	exercer ma coordination et mon endurance	Les animations sont implémentées dans l'écran d'exercice	US 17	886	Terminé	3	3	14.07.2023
58	App	Patient	Faire l'exercice du papillon	Exercer ma souplesse	Les animations sont implémentées dans l'écran d'exercice	US 17	885	Terminé	8	3	14.07.2023
15	Jeux	Patient	Un coach qui se tient dans la zone d'exercice	D'avoir un monde plus crédible	Le coach est présent dans le lieu d'exercice	US 13	880	Terminé	5	3	14.07.2023
16	Jeux	Patient	Un coach animé	D'avoir un monde plus crédible	Le coach invite le joueur à aller le voir	US 15	820	Terminé	2	3	14.07.2023

US Nr.	Theme	En tant que...	Je veux	Afin de / que	Critère de validation	Bloqueurs et prérequis	Priorité	Status	SP	Sprint
48	Gestion de patient	Docteur	Une plateforme en ligne	gérer mes patients	Avoir un site simple avec une connection établie à la BD		870	Prévu	3	4
49	Gestion de patient	Docteur	M'enregistrer et me logger sur la plateforme en ligne	Acceder à mon compte et données y relatives	Avoir une page de login sur le site	US 48	860	Prévu	3	4
50	Gestion de patient	Docteur	Gérer mes patients	Faire mon travail de physiothérapeute	Peut ajouter, retirer et modifier des patients	US 49	850	Prévu	3	4
51	Gestion de patient	Docteur	Assigner des exercices à mes patients	Créer un programme d'exercice	Peut ajouter des exercices à faire aux patients. Les exercices choisis seront ceux disponible dans l'application	US 50 / 18	840	Prévu	8	4
52	Gestion de patient	Docteur	Consulter les feedbacks de mes patients	Avoir un suivi des exercices	Peut consulter les feedbacks de chacun de ses patients	US 50 / 19	830	Prévu	3	4
55	App	Patient	faire l'exercice debout dans la nuit	exercer mon équilibre	Les animations sont implémentées dans l'écran d'exercice	US 17	888	Prévu	8	4
47	App	Patient	Savoir combien d'exercices j'ai à faire	Suivre ma progression dans le programme d'exercice	L'interface affiche le nombre d'exercices à faire et le nombre de ceux déjà effectués		810		2	
20	Jeux	Patient	Un bouton de pause	Mettre l'application en pause	Un menu pause apparaît sur appui du bouton pause. Le joueur peut ensuite relancer le jeu.		800		3	
6	Jeux	Patient	Changer le visage et les cheveux de mon avatar	M'identifier à l'avatar	Ecran de modification de la tête de l'avatar fait avec des options pour le visage et les cheveux.	US 5	790		13	

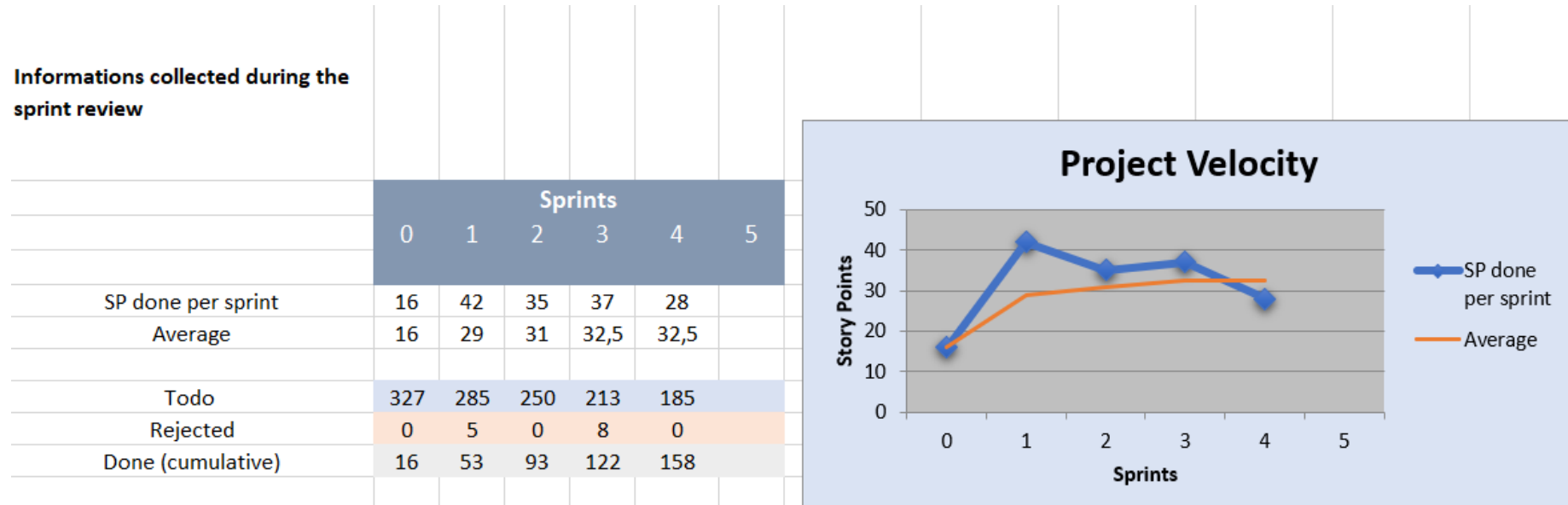
US Nr.	Theme	En tant que...	Je veux	Afin de / que	Critère de validation	Bloqueurs et prérequis	Priorité	Status	SP
7	Jeux	Patient	Changer les vêtements de mon avatar	M'identifier à l'avatar	Ecran de modification des vêtements de l'avatar fait avec des options pour le haut, bas et chaussures	US 5	780		13
25	Jeux	Patient	De la musique	Profiter au mieux du jeux	Une musique est jouée dans le monde virtuel		770		8
26	jeux	Patient	Bruitages	Profiter au mieux du jeux	Des bruitages appropriés son joué pendant le jeu. Par ex: marcher		760		8
27	Mini-jeux pêche	Patient	Un lieu dans le mond qui ouvre le jeu de pêche	Lancer le jeux de pêche	Le lieu du monde est marqué et déclenche le jeu si implémenté.	US 11	750		5
28	Mini-jeux pêche	Patient	Un didactiel sur le jeu de pêche	Savoir comment jouer	Le didactiel est clair et se lance avant le jeu	US 27	740		5
29	Mini-jeux pêche	Patient	Choisir la difficulté du jeu de pêche	Personnaliser mon expérience de jeu	Le jeux est plus ou moins exigeant selon la difficulté	US 30	730		5
30	Mini-jeux pêche	Patient	Jouer au jeu de pêche	M'amuser	Le jeu se lance dans un espace 3d approprié, avec son, animation et contrôles tels que définis dans les mockups.	US 27	720		21
31	Mini-jeux pêche	Patient	Savoir ce que je pêche	Apprendre la faune aquatique	Un modèle 3d d'un poisson est montré à l'écran avec le nom approprié après une pêche réussie	US 30	710		8
36	Mini-jeux pêche	Patient	Un niveau joli pour le jeux de pêche	Avoir une meilleure immersion	Le lieu est plus beau, avec un quai ou une plage	US 27	700		8

US Nr.	Theme	En tant que...	Je veux	Afin de / que	Critère de validation	Bloqueurs et prérequis	Priorité	Status	SP
32	Mini-jeux labyrinthe	Patient	Un lieu dans le monde qui ouvre le jeu de labyrinthe	Lancer le jeu de labyrinthe	Le lieu du monde est marqué et déclenche le jeu si implémenté.	US 11	690		5
33	Mini-jeux labyrinthe	Patient	Un didactiel sur le jeu de labyrinthe	Savoir comment jouer	Le didactiel est clair et se lance avant le jeu	US32	680		5
34	Mini-jeux labyrinthe	Patient	Jouer au jeu de labyrinthe	M'amuser	Le jeu se lance dans un espace 3d approprié, avec son, animation et contrôles tels que définis dans les mockups.	US 32	670		21
35	Mini-jeux labyrinthe	Patient	Choisir la difficulté du jeu de Labyrinthe	Personnaliser mon expérience de jeu	Les labyrinthes changent en fonction de la difficulté	US 34	660		8
37	Mini-jeux memory	Patient	Un lieu dans le monde qui ouvre le jeu de memory	Lancer le jeu de memory	Le lieu du monde est marqué et déclenche le jeu si implémenté.	US 11	650		5
38	Mini-jeux memory	Patient	Un didactiel sur le jeu de memory	Savoir comment jouer	Le didactiel est clair et se lance avant le jeu	US 37	640		5
39	Mini-jeux memory	Patient	Jouer au jeu du memory	M'amuser	Le jeu se lance dans un espace 3d approprié, avec son, animation et contrôles tels que définis dans les mockups.	US37	630		21
40	Mini-jeux memory	Patient	Choisir la difficulté du jeu du memory	Personnaliser mon expérience de jeu	Les labyrinthes changent en fonction de la difficulté	US 39	620		8
41	Mini-jeu tir	Patient	Un lieu dans le monde qui ouvre le jeu de tir	Lancer le jeu de tir	Le lieu du monde est marqué et déclenche le jeu si implémenté.	US 11	610		5

US Nr.	Theme	En tant que...	Je veux	Afin de / que	Critère de validation	Bloqueurs et prérequis	Priorité	Status	SP
42	Mini-jeu tir	Patient	Un didactiel sur le jeu de tir	Savoir comment jouer	Le didactiel est clair et se lance avant le jeu	US 41	600		5
43	Mini-jeu tir	Patient	Jouer au jeu de tir	M'amuser	Le jeu se lance dans un espace 3d approprié, avec son, animation et contrôles tels que définis dans les mockups.	US 41	590		21
44	Mini-jeu tir	Patient	Choisir la difficulté du jeu de tir	Personnaliser mon expérience de jeu	La difficulté augment ou diminue le nombre de cartes	US 43	580		8
45	Mini-jeu général	Patient	Un bouton de pause dans les mini jeux	Mettre le jeu en pause ou quitter le jeu	Le jeu est suspendu pendant la pause. L'utilisateur peut quitter le mini-jeu pour se rendre dans le monde virtuel ou continuer à jouer.	US 30 / 34 / 39 / 43	570		3
46	Mini-jeu général	Patient	être informé quand le mini-jeu est fini	Pouvoir recommencer ou faire autre chose	Un écran de fin apparaît à la fin d'un mini jeu. Selon si les exercices sont finis ou non, le joueur peut recommencer ou non.	US 30 / 34 / 39 / 43	560		3
4	App	Patient	Choisir mon langage	Comprendre le texte	Ecran de sélection des langues fait avec au moins 2 options.		550		8
21	Jeux	Patient	Un bouton dans le menu pause	Modifier mon avatar	Ouvre les écrans de modification d'avatar, les changements sont enregistrés.	US 6 / 7 / 20	540		3
22	Jeux	Patient	Un bouton dans le menu pause	Modifier la langue	Ouvre le menu de sélection des langues	US 4 / 20	530		2
23	Jeux	Patient	Modifier les options de son	Personnaliser mon expérience de jeu	L'utilisateur peut arrêter / relancer le son de la musique	US 25 / 20	520		2

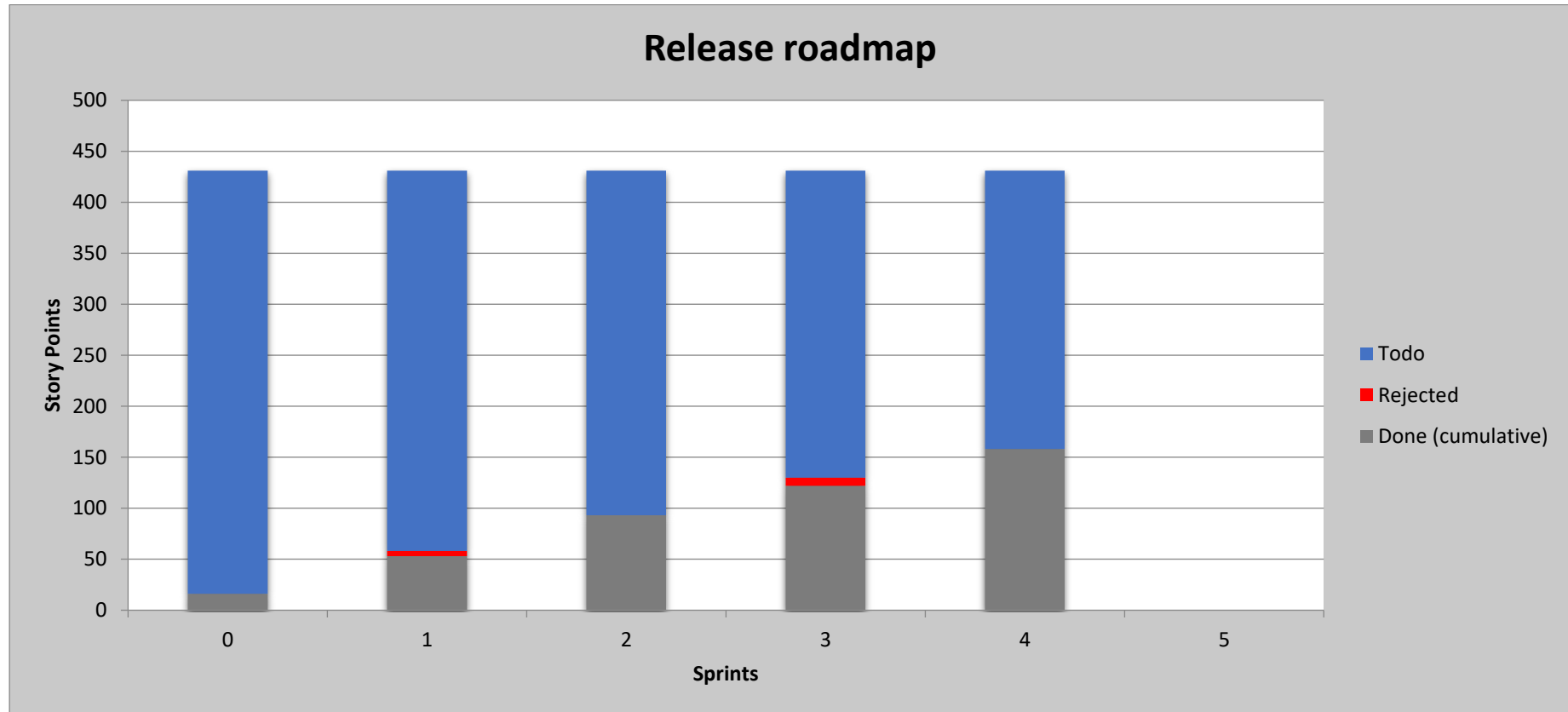
US Nr.	Theme	En tant que...	Je veux	Afin de / que	Critère de validation	Bloqueurs et prérequis	Priorité	Status	SP
24	Jeux	Patient	Modifier les options de bruit	Personnaliser mon expérience de jeu	L'utilisateur peut arrêter / relancer le son des bruitages	US 26 / 20	510		2
60	Gestion de patient	Docteur	Choisir à quelle fréquence demander le bien-être de mes patients	Avoir une meilleure vue d'ensemble de l'état des patients	Le docteur choisi la fréquence sur le site de gestion. La modification est répliquée dans le jeu	US 48	500		5
61	jeu	Patient	Voir le nom de l'exercice que je m'appête à faire	Savoir quel exercice m'attend	Le nom est affiché au dessus de la zone d'exercice et est facilement lisible	US 13	490		5
62	jeu	Patient	Avoir tous mes exercices à ma disponibilité	Me rendre dans l'exercice de mon choix	Une flèche directionnelle pointe vers chaque exercice. La distance entre le joueur et une zone EX. et montrée par la taille de la flèche correspondante. Un exercice unique par zone	US 13 / 14	480		3
63	jeu	Docteur	Assigner des exercices spécifiques pour les jours de la semaine	Mieux personnaliser le programme d'exercice	Chaque jour peut proposer une sélection d'exercice différents		470		13

ANNEXE II : Vitesse du Projet



Note : les US du sprint 4 ne seront pas passées en revue avant la date butoir du travail de bachelor.

ANNEXE III : Release Roadmap



Note : les US du sprint 4 ne seront pas passées en revue avant la date butoir du travail de bachelor.


ANNEXE IV : Sprint Backlog 0

		Sprint	0						
1	Finir Le PB	Start date	23.05.2023						
2	Préparer une application Hello World	End date (included)	02.06.2023						
3	Prépare Infrastructure Base Donnée	Initial sprint estimation	16						
4	Réaliser une page de Login dans l'App	Sprint goal	Préparer l'environnement de développement et réaliser un premier travail						
5	Autres Tâches	Nbre working days	5						TRAVAIL RESTANT A FAIRE - PAS TRAVAIL
ID US.task	Task Name	Resp.	Initial Estimate		Day 01 (23.05.2023)	Day 02 (26.05.2023)	Day 03 (29.05.2023)	Day 04 (30.05.2023)	Day 05 (2.06.2023)
1,1	Estimer en SP la durée des tâches	Daniel	1		1	0	0	0	0
1,2	Choisir les exercices	Margaux et Nicolas	1		1	1	1	0	0
1,3	Ajouter les exercices au PB	Daniel	1		2	2	2	0	0
2	Préparer le projet et faire un affichage console	Daniel	1		1	0	0	0	0
3,1	Rechercher quelle BD est la meilleure pour le projet	Daniel	8		10	7	2	0	0
3,2	Discussion avec M.Schumacher sur les BD	Daniel et M.Sch	0,5		0,5	0,5	0,5	0	0
3,3	Créer une BD avec EntityFrameWork	Daniel	3		3	3	3	0	0
3,4	Créer une API pour accéder aux données	Daniel	2		2	2	2	2	0
3,5	Sécuriser les MdP pas Hash & Salt	Daniel	2		3	3	3	3	0
4,1	Créer L'interface de Login	Daniel	3		3	3	3	3	0
4,2	Obtenir les données Json depuis L'API	Daniel	2		3	3	3	3	0
4,3	Transformer les données dans l'application	Daniel	2		3	3	3	3	0
5,1	Finir de mettre en forme les recherches des technologies	Daniel	2		3	3	0	0	0
5,2	Modifier le Gantt Chart	Daniel	2		2	0	0	0	0
		Total	31						
		Remaining	31		38	31	23	14	0
		Therical			30,5	22,9	15,3	7,6	0,0

ANNEXE V : Sprint Backlog 1

		Sprint	1								
1	Avoir Un avatar 3D dans le jeu	Start date	05.06.2023								
2	Avoir Un terrain dans le jeu	End date (included)	20.06.2023								
3	Contrôler L'avatar pour le faire	Initial sprint estimation	42								
4	Définir Une zone D'exercice	Sprint goal	Créer la base du jeu								
5	Avoir un indicateur de direction vers l'exercice	Nbre working days	7								
6	Autres tâches										
7	Feedback Bien-être										
TRAVAIL RESTANT A FAIRE - PAS TRAVAIL DEJA EFFECTUE											
ID US.task	Task Name	Resp.	Initial Estimate	Day 01 (5.06.2023)	Day 02 (6.06.2023)	Day 03 (9.06.2023)	Day 04 (12.06.2023)	Day 05 (13.06.2023)	Day 06 (16.06.2023)	Day 07 (19.06.2023)	
1,1	Rechercher des Assets de personnages correspondant au style	Daniel	1,5	2	0	0	0	0	0	0	
1,2	Télécharger l'asset choisi et le placer dans le jeu	Daniel	1	1,5	0	0	0	0	0	0	
1,3	Résolution de divers bugs	Daniel	1	1	0	0	0	0	0	0	
1,4	Corriger l'animation du joueur lors d'une descente de pente	Daniel	2	2	2	2	0	0	0	0	
2,1	Rechercher des Assets de terrain correspondant au style du jeu	Daniel	1,5	1,5	1,5	0	0	0	0	0	
2,2	Ajouter un terrain	Daniel	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	
2,3	Texturer le terrain	Daniel	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	
2,4	Ajuster les textures du terrain	Daniel	2	2	2	2	0	0	0	0	
3,1	Set up le projet pour des contrôles	Daniel	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0	0	
3,2	Ajouter l'interface de contrôle	Daniel	1	1	1	0	0	0	0	0	
3,2	Lier les contrôles au personnage	Daniel	2	3	3	0	0	0	0	0	
3,3	Gérer l'ergonomie	Daniel	1	0,5	0,5	0	0	0	0	0	
3,4	Nettoyer le code	Daniel	1	1	1	1	1	0	0	0	
4,1	Définir une zone spéciale sur le terrain	Daniel	3	2	2	0	0	0	0	0	
4,2	Différencier la zone du terrain normal	Daniel	1	2	2	2	0	0	0	0	
4,3	Déclencher un message au contact de la zone	Daniel	1	1	1	1	1	0	0	0	
5,1	Pose de l'a flèche directionnelle dans le jeu	Daniel	1	1	1	1	1	0	0	0	
5,2	Logique de pointage de la flèche	Daniel	2	3	3	3	3	1,5	0	0	
6,1	Réorganisation du code	Daniel	1	1	1	1	1	1	0	0	
6,2	Travail administratif	Daniel	1	1	1	1	1	1			
6,3	Recherche et expérimentations pour le prochain sprint	Daniel	8	8	8	8	8	8	8	0	
7,1	Préparer l'interface	Daniel	3	3	3	3	3	1	0	0	
7,2	Préparer L'API à la réception des	Daniel	2	2	2	2	2	1	0	0	
7,3	Envoie des donné depuis le jeu	Daniel	2	3	3	3	3	3	0	0	
7,4	N'autoriser que 1feedback bien-être par jour	Daniel	2	2	2	2	2	2	0	0	
		Total	43								
		Remaining	43	46	41	32	26	19	8	0	
		Therical		42,5	35,4	28,3	21,2	14,2	7,1	0,0	

ANNEXE VI : Sprint Backlog 2

 Haute Ecole Spécialisée de Suisse occidentale Fachhochschule Westschweiz University of Applied Sciences Western Switzerland				Sprint	2							
1	Créer un monde virtuel attrayant		Start date	20.06.2023								
2	Créer l'interface d'exercice		End date (included)	04.07.2023								
3	Gestion du feedback d'exercice		Initial sprint estimation	35								
4	Corriger le feedback initial		Sprint goal	Créer le monde et l'écran d'exercice								
5			Nbre working days	7								
TRAVAIL RESTANT A FAIRE - PAS TRAVAIL DEJA EFFECTUE												
ID US.task	Task Name	Resp.	Initial Estimate		Day 01 (20.06.2023)	Day 02 (23.06.2023)	Day 03 (26.06.2023)	Day 04 (27.06.2023)	Day 05 (30.06.2023)	Day 06 (03.07.2023)	Day 07 (04.06.2023)	
1,1	Modélisation de la géométrie du	Daniel	3		3	0	0	0	0	0	0	
1,2	Correction de l'eau	Daniel	2		3	0	0	0	0	0	0	
1,3	Ajout des arbres et buisson	Daniel	4		3	3	0	0	0	0	0	
1,4	Ajout des fleurs et champignons	Daniel	3		3	3	0	0	0	0	0	
1,5	Ajout des pierres et des autres	Daniel	3		3	2	1	0	0	0	0	
1,6	Placement des murs invisibles	Daniel	2		2	2	2	0	0	0	0	
1,7	Correction des déplacements et collisions du personnage jouable	Daniel	2		3	3	3	0	0	0	0	
1,8	Ajout des ombres	Daniel	2		2	2	2	2	2	0	0	
2	Création de l'interface	Daniel	3		3	3	3	3	0	0	0	
2,1	Modification du modèle de donnée de feedback	Daniel	1		1	1	1	1	0	0	0	
2,2	Création des fonctions API pour les exercices	Daniel	2		2	2	2	2	0	0	0	
2,3	Reçu des données d'exercice dans le	Daniel	2		2	2	2	2	0	0	0	
2,4	Incorporation des données reçues dans l'interface	Daniel	1		1	1	1	1	1	0	0	
2,5	Gestion du chronomètre	Daniel	2		2	2	2	2	2	0	0	
2,6	Incorporation avec un écran	Daniel	2		2	2	2	2	2	0	0	
2,8	Déclenchement et retour de l'exercice	Daniel	2		3	3	3	3	3	0	0	
2,9	Correction de bugs	Daniel	1		1	1	1	1	1	0	0	
3,1	Adaptation de l'écran de feedback	Daniel	2		2	2	2	0	0	0	0	
3,2	Envoi du feedback	Daniel	3		3	3	3	3	3	0	0	
3,3	Corrections du feedback et des questions d'exercice	Daniel	3		3	3	3	3	3	3	0	
4,1	Changements du modèle de donnée	Daniel	1		1	1	1	0	0	0	0	
4,2	Adaptation de l'écran de feedback	Daniel	1		1	1	1	0	0	0	0	
		Daniel										
		Total	47									
		Remaining	47		49	42	36	26	17	3	0	
		Therical			47,0	39,2	31,3	23,5	15,7	7,8	0,0	

Sprint

3

TRAVAIL RESTANT A FAIRE - PAS

ANNEXE VII : Sprint Backlog 4

		Sprint	4							
1	Création du site	Start date	14.07.2023							
2	Gestion du login	End date (included)	25.07.2023							
3	Gestion des patients	Initial sprint estimation	28							
4	Gestion des exercices	Sprint goal	Créer la plateforme en ligne de gestion des utilisateurs							
5	Consultation des feedbacks	Nbre working days	6							
6	Correction de l'exercice "debout dans la nuit"									
ID US.task	Task Name	Resp.	Initial Estimate	Day 01 (14.07.2023)	Day 02 (17.07.2023)	Day 03 (18.07.2023)	Day 04 (21.07.2023)	Day 05 (24.07.2023)	Day 06 (25.07.2023)	
1,1	Créer un site simple	Daniel	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
1,2	Intégration entre le site et l'API	Daniel	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
2,1	Créer l'écran de login	Daniel	1	1	1	1	1	1	1	
2,2	Intégrer le login à l'API	Daniel	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
2,3	Créer un système de session	Daniel	2	2	2	2	2	2	2	
3,1	Faire afficher les patients du docteur	Daniel	1	1	1	1	1	1	1	
3,2	Créer l'écran d'ajout de patient	Daniel	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
3,3	Créer l'écran de modification du	Daniel	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
3,4	Créer le bouton de suppression des patients	Daniel	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
3,5	Intégrer la gestion des patients à avec l'API	Daniel	3	3	3	3	3	3	3	
4,1	Afficher les exercices du patient	Daniel	1	1	1	1	1	1	1	
4,2	Afficher les exercices que le patient ne fait pas	Daniel	1	1	1	1	1	1	1	
4,3	Boutons pour ajouter et retirer des exercices	Daniel	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
4,4	Intégration entre le site et l'API	Daniel	2	2	2	2	2	2	2	
5,1	Créer un écran de "détails" pour les patients	Daniel	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
5,2	Inclure une liste des dates pour lesquelles un feedback existe	Daniel	2	2	2	2	2	2	2	
5,3	Créer un écran de "détails" pour les dates, inclure les feedbacks	Daniel	2	2	2	2	2	2	2	
5,4	Travail d'intégration avec l'API	Daniel	2	2	2	2	2	2	2	
6,1	Trouver comment faire fermer les yeux au personnage pendant l'exercice	Daniel	2	2	2	2	2	2	2	
		Total	23							
		Remaining	23	23	23	23	23	23	23	
		Therical		230	184	138	92	46	00	

DÉCLARATION DE L'AUTEUR (TRAVAIL DE BACHELOR)

« Je déclare, par ce document, que j'ai effectué le travail de Bachelor ci-annexé seul, sans autre aide que celles dûment signalées dans les références, et que je n'ai utilisé que les sources expressément mentionnées. Je ne donnerai aucune copie de ce rapport à un tiers sans l'autorisation conjointe du RF et du professeur chargé du suivi du travail de Bachelor, y compris au partenaire de recherche appliquée avec lequel j'ai collaboré, à l'exception des personnes qui m'ont fourni les principales informations nécessaires à la rédaction de ce travail et que je cite ci-après : Simon Martinez Cristina, Roberfroid Nicolas, Mittaz Margaux. ».