

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
Facoltà Di Scienze e Tecnologie  
*Laurea Magistrale in Informatica*



VIDEOGAME DESIGN FOR DIGNITY:  
PROGETTAZIONE E SVILUPPO DI UN VIDEOGIOCO  
BASATO SU EYE-TRACKING

**Relatore:** Prof.ssa Laura Anna RIPAMONTI

**Co-relatore:** Dott.ssa Susanna BRAMBILLA

Autore:  
Edoardo CARRER  
Numero di matricola: 967549

Anno Accademico 2022-2023



# Indice

<b>1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>1</b>
1.1	Informazioni sulla malattia . . . . .	3
1.2	Informazioni sull'utilizzo dello sguardo come metodo di interazione . .	3
1.3	Motivazioni . . . . .	3
1.4	Overview . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Stato dell'arte</b>	<b>5</b>
2.1	Accessibilità . . . . .	5
2.2	Analisi e utilizzo dei parametri fisiologici nei videogame . . . . .	9
<b>3</b>	<b>Metodologia</b>	<b>13</b>
3.1	Device . . . . .	13
3.1.1	Tobii Eye-Tracker 5 . . . . .	13
3.1.2	Empatica Embrace Plus . . . . .	13
3.2	Modello per l'emulazione del mouse tramite eye-tracking . . . . .	15
3.3	Scelte di Game Design e implementative . . . . .	16
3.3.1	Tutorial . . . . .	28
3.3.2	Open-world . . . . .	30
3.3.3	Boss-fight . . . . .	36
3.4	NPC . . . . .	38
3.4.1	Nemici . . . . .	38
3.4.2	Golem . . . . .	39
<b>4</b>	<b>Acquisizione e Analisi dei dati</b>	<b>41</b>
4.1	Procedura dei test . . . . .	41
4.2	Acquisizione Dati . . . . .	42
4.3	Analisi dei Dati . . . . .	42
4.3.1	Test 1: Tutorial . . . . .	48
4.3.2	Test 2: Esplorazione dell'open-world ed enigmi . . . . .	51
4.3.3	Test 3: Boss fight . . . . .	51
4.3.4	Game Experience Questionnaire . . . . .	54
<b>5</b>	<b>Conclusioni e lavori futuri</b>	<b>59</b>
	<b>Bibliography</b>	<b>63</b>



# Capitolo 1

## Introduzione

L'accessibilità è un ambito che comprende ogni aspetto della vita, dall'istruzione all'intrattenimento, ed in un campo in rapida evoluzione come quello dell'industria dei videogiochi, questa tematica sta assumendo sempre più rilevanza. Il videogioco che per decenni è stato considerato dai più un media di secondaria importanza, e sempre relegato al solo intrattenimento, ha sicuramente avuto una rivalutazione soprattutto grazie a prodotti che sono stati in grado di attirare l'attenzione del grande pubblico al pari di un *blockbuster* cinematografico e di dimostrare il loro valore da un punto di vista culturale. Il videogioco diversamente da altri media, come descritto nella maggior parte dei libri di game design, ha alla sua base un concetto tanto semplice quanto fondamentale, ovvero il divertimento è il risultato dell'apprendimento. Partendo da questa considerazione è quindi facile capire anche perché sempre più progetti legati alla riabilitazione o al supporto medico per persone con diversi tipi di problematiche utilizzino questo medium come strumento di base su cui poi fare delle considerazioni.

L'importanza del tema dell'accessibilità nei videogiochi è un dato di fatto dimostrato anche dall'introduzione nel 2020 del premio *Innovation for Accessibility* che ogni anno ai *The Game Awards*<sup>1</sup> premia il gioco che più ha cercato di innovare in questo ambito con impostazioni personalizzate per persone affette da diversi tipi di disabilità, inoltre le grandi aziende che producono hardware nel settore, *Sony* e *Microsoft*, hanno rispettivamente lanciato *Project Leonardo*(Fig. 1)<sup>2</sup> e l'*Xbox adaptive controller*(Fig. 2)<sup>3</sup>, delle periferiche pensate per facilitare l'interazione per chi ha difficoltà nell'utilizzo dei *gamepad* tradizionali.

Questa tesi è incentrata sulla progettazione e lo sviluppo di un videogioco di nome *Etherea*, basato su controlli tramite tracciamento oculare per individui con gravi disabilità fisiche. Successivamente sono stati svolti dei test con Celeste, una bambina di 13 anni che è affetta da atrofia muscolare spinale 1 di tipo B, una patologia che si presenta dopo il periodo neo natale, di norma entro i 2 mesi di vita, raccogliendo dati fisiologici per fare analisi dei dati per poter capire gli effetti che possono avere gli stimoli a cui viene sottoposta durante le prove.

---

<sup>1</sup><https://thegameawards.com/>

<sup>2</sup><https://blog.playstation.com/2023/01/04/introducing-project-leonardo-for-playstation-5-a-highly-customizable-accessibility-controller-kit/>

<sup>3</sup><https://www.xbox.com/it-IT/accessories/controllers/xbox-adaptive-controller>



Figura 1: Project Leonardo prodotto da Sony



Figura 2: Xbox adaptive controller prodotto da Microsoft

## 1.1 Informazioni sulla malattia

I sintomi dell'atrofia muscolare spinale 1 di tipo B comprendono ipotonìa muscolare, areflessia, insufficienza respiratoria che rende necessario una macchina per l'assistenza tosse, e problemi con la deglutizione che richiedono quindi l'utilizzo di un sondino naso-gastrico per nutrirsi. Per quanto riguarda la comunicazione, i bambini affetti da questa patologia sono in grado di produrre alcune parole o sillabe anche se i suoni prodotti sono di difficile comprensione, nel caso specifico è stato ideato il Codice Celeste[1], che tramite una combinazione di suoni e movimenti degli occhi ha permesso alla giovane ragazza di potersi esprimere in modo efficace. Nello stesso studio si fa riferimento a come diversi ricercatori abbiano osservato che il livello di intelligenza e le competenze cognitive si attestino su livelli normali o superiori alla media. Per muoversi Celeste utilizza autonomamente una carrozzina attraverso dei sistemi personalizzati, ed era inoltre già abituata all'utilizzo dell'*eye-tracker* per l'uso del computer.

## 1.2 Informazioni sull'utilizzo dello sguardo come metodo di interazione

Il *Gaze point*, è definito, in un contesto di applicazioni software, come la particolare posizione sul display verso la quale l'utente dirige il proprio sguardo. La dinamica del movimento oculare è caratterizzata prevalentemente da saccadi, movimenti oculari rapidi e discontinui, con una durata approssimativa di 30 millisecondi. Durante una saccade, il punto di osservazione si trasferisce da una posizione specifica all'altra. Le saccadi sono intervallate da periodi di fissazione, durante i quali il punto di osservazione rimane sostanzialmente stabile su un punto del display. Tipicamente, una fase di fissazione ha una durata che varia dai 100 ai 400 millisecondi. Un'altra tipologia di movimenti dello sguardo eseguiti in maniera involontaria sono i *jitter*, micro-movimenti di circa 0.1 gradi di angolo visivo rispetto al punto di fissazione. Inoltre l'occhio tende a seguire dei movimenti fluidi e precisi nel caso dell'osservazione di un oggetto in movimento, questo comportamento è definito *smooth pursuit* ed è considerata una capacità che diminuisce col passare dell'età.

Un altro canale di interazione è l'utilizzo dell'occholino, che permette all'utente un metodo più immediato rispetto alla fissazione, ma che di contro è uno dei movimenti involontari più frequenti, che possono essere quindi letti dal dispositivo come un comando di input.

## 1.3 Motivazioni

Chi scrive ritiene che la ricerca e la progettazione di prodotti accessibili in tutti gli ambiti della vita sia fondamentale per avere una società il più possibile inclusiva ed equa, quindi è da questa esigenza che nasce il seguente studio, insieme alla necessità di dimostrare una fattibilità tecnica soprattutto per quanto riguarda lo specifico tipo

di videogioco sviluppato ad hoc per un insieme di persone che ad oggi non possono usufruire per la quasi totalità dei prodotti di questo medium. Inoltre spinto anche dagli stimoli dei diversi studi, tra cui il sopracitato Codice Celeste, e altri che verranno approfonditi in seguito, l'autosufficienza e l'autodeterminazione di persone affette da patologie gravi passa anche dalla possibilità di accedere ad esperienze che richiedano un'interazione attiva con un mondo virtuale come un videogioco, che più di qualunque altro medium permette di soddisfare desideri come l'escapismo, il desiderio di sfida e di sentirsi in grado di superare delle avversità.

## 1.4 Overview

Il progetto consiste in una fase iniziale di sviluppo del videogioco in *Unity*<sup>4</sup> utilizzato per l'analisi, successivamente è stato fatto un test diviso in tre parti, tutorial, *open-world* e *boss-fight*, in cui sono stati raccolti i dati dell'attività elettrodermica (EDA) oltre alle risposte al questionario sull'esperienza di gioco; l'EDA e la sua componente fasica sono stati poi analizzati per rilevare le risposte della conduttanza cutanea, che è stata inoltre utilizzata come peso per fare grafici radiali con gli elementi del gioco, e infine sono state generate delle *heatmap* per provare ad analizzare i momenti di maggior eccitazione.

*Contributo:* Il seguente studio si propone di:

- dimostrare la fattibilità dello sviluppo di un videogioco 3D con controllo tramite *eye-tracker* con elementi che richiedono reazioni in tempo reale;
- analizzare la variazione dell'EDA e le sue componenti dopo le sessioni di test;
- analizzare eventuali correlazioni tra la variazione dell'EDA e l'uso di determinati componenti del gioco.

Nei prossimi capitoli saranno approfonditi i seguenti argomenti:

- Capitolo 1: è descritto in modo generale il progetto, le motivazioni che hanno portato al suo sviluppo e le informazioni sul tester;
- Capitolo 2: viene presentato un focus sullo stato dell'arte riguardo all'accessibilità in senso generale e specifico per i videogiochi, e all'utilizzo dell'EDA nell'analisi dell'esperienza;
- Capitolo 3: è esposta la metodologia, partendo dai *device* utilizzati fino alle scelte di *game design* e implementative che sono state fatte durante lo sviluppo;
- Capitolo 4: viene descritta l'acquisizione e la successiva analisi dei dati fisiologici;
- Capitolo 5: vengono fatte considerazioni sui risultati ottenuti e esposte riflessioni su eventuali sviluppi futuri in questo campo.

---

<sup>4</sup><https://unity.com/>



# Capitolo 2

## Stato dell'arte

Il seguente capitolo mira a dare una visione più ampia del concetto di accessibilità facendo riferimento ad alcuni studi svolti negli ultimi anni sia per quanto riguarda la definizione delle varie aree dell'accessibilità sia per l'implementazione di alcune soluzioni, oltre ad approfondire studi riguardo l'uso di parametri fisiologici per la valutazione dell'esperienza.

### 2.1 Accessibilità

L'accessibilità è un concetto legato a doppio filo con quello di dignità, in quanto la possibilità di interagire alla pari di altre persone e di poter portare a termine determinate richieste sono alla base della rappresentazione che abbiamo di noi stessi che ha risvolti in ogni ambito della vita. E' stato costruito un modello, da Chocinov et al.[2], in cinque punti per descrivere le aree che impattano la dignità delle persone che sono:

- confini della privacy;
- supporto sociale;
- tenore dell'assistenza;
- onere per gli altri;
- preoccupazioni per le conseguenze.

Questi aspetti contribuiscono alla nostra dignità e alla percezione di come ci relazioniamo con il mondo e gli altri. L'accessibilità, quindi, non riguarda solo l'eliminazione di barriere fisiche, ma anche la creazione di un ambiente in cui tutti possano partecipare autonomamente.

Esistono inoltre dei siti che permettono a queste persone di ottenere informazioni sull'accessibilità sulla maggior parte dei videogiochi, come *CanIPlayThat*<sup>1</sup> e *AbleGamers*<sup>2</sup>, ed è interessante lo studio svolto da Sky LaRell Anderson[3] dove è stato

---

<sup>1</sup><https://caniplaythat.com/>

<sup>2</sup><https://ablegamers.org/>

analizzato il contesto della parola accessibilità all'interno di questi siti per valutarne il significato, che può variare molto in base al contesto, e hanno diviso l'accessibilità in 7 categorie:

- *Accessibilità come esigenza generale*: Questa categoria descrive le istanze che utilizzano la parola accessibilità come una caratteristica relativamente indefinita necessaria nei videogiochi;
- *Mancanze ed errori di accessibilità*: Questa categoria descrive le istanze che utilizzano la parola accessibilità come una serie di problemi e sfide di accessibilità non affrontati;
- *Accessibilità come caratteristiche specifiche*: Questa categoria descrive le istanze che utilizzano la parola accessibilità come descrizione concreta di caratteristiche del gioco che migliorano l'accessibilità;
- *L'accessibilità come processo di sviluppo*: Questa categoria descrive le istanze che utilizzano la parola accessibilità come parte del processo di sviluppo del gioco, attingendo principalmente all'industria del gioco;
- *Accessibilità come difesa, consapevolezza e innovazione*: Questa categoria descrive le istanze che utilizzano la parola "accessibilità" come un obiettivo incentrato sul progresso sociale e che rappresenta i bisogni di un gruppo di persone storicamente escluso;
- *L'accessibilità come beneficio per le persone*: Questa categoria descrive le istanze che utilizzano la parola accessibilità come un modo per migliorare le esperienze reali e vissute delle persone con disabilità;
- *Accessibilità come aggettivo generale*: Questa categoria descrive le istanze che utilizzano la parola accessibilità come aggettivo relativamente indefinito;
- *Accessibilità come hardware*: Questa categoria descrive le istanze che utilizzano la parola accessibilità come hardware o accessori fisici per il gioco;
- *Accessibilità non definita*: Questa categoria descrive le istanze che utilizzano la parola accessibilità come sostantivo quasi del tutto ambiguo.

Questa lista aiuta a comprendere meglio le sfide che questo campo presenta e come un design rivolto all'accessibilità debba prendere in considerazione un numero di variabili molto elevato. Da queste considerazioni lo studio arriva a sei pseudo-definizioni di accessibilità che permettano di identificare più precisamente quelli che sono gli ambiti e le motivazioni di questo campo:

- *l'accessibilità nei videogiochi è una causa che merita di essere sostenuta*;
- *l'accessibilità nei videogiochi è una necessità, non semplicemente un desiderio, per le persone con disabilità*;

- *l'accessibilità è un processo iterativo nello sviluppo dei giochi;*
- *l'accessibilità nei videogiochi è spesso mal implementata;*
- *l'accessibilità è un sistema di caratteristiche specifiche di progettazione dei videogiochi;*
- *l'accessibilità è un hardware che non esclude i videogiocatori disabili.*

In un altro studio sempre di Anderson[4], vengono analizzati 50 giochi tra i più venduti nel 2019 per capire il livello di accessibilità dei prodotti, partendo dalla definizione di 4 tipi di accessibilità:

- *Accessibilità uditiva:* si fa riferimento a tutta quella serie di elementi visivi che accompagnano normalmente segnali audio, dai sottotitoli ai segnali di *gameplay* come punti di interesse segnati da altri giocatori in videogiochi *multiplayer*;
- *Accessibilità visiva:* si fa riferimento alla grandezza e leggibilità del testo e alla personalizzazione di questo, sia nella UI che nei sottotitoli, alla presenza di palette cromatiche differenti o di voci sintetizzate per la lettura automatica dello schermo;
- *Accessibilità motoria:* riguarda la possibilità di rimappare i controlli di gioco o altri elementi come la sensibilità della camera e la regolazione dei punti morti degli analogici oltre a funzionalità che possono facilitare il *gameplay* come la mira assistita;
- *Difficoltà accessibile:* riguarda la possibilità di personalizzare il grado di sfida del videogioco, sia come scelta iniziale della difficoltà, sia la presenza di opzioni che possano facilitare l'esperienza.

Vengono infine fatte delle considerazioni su 10 punti considerati importanti per sviluppare prodotti accessibili:

- i comandi rimappabili dovrebbero consentire ai giocatori di spostare le funzioni di gioco su un *controller* in un punto in cui possono accedervi più facilmente;
- il *button bashing*, ovvero la meccanica dei videogiochi che richiede ai giocatori di premere ripetutamente un pulsante in rapida successione per eseguire azioni di gioco, è un nemico dei giocatori con disabilità motorie;
- i giochi, quando possibile, dovrebbero offrire più modi diversi di controllare il gioco;
- Le modalità daltonismo devono garantire che le informazioni critiche del gioco, come i contorni dei nemici e la rarità del bottino, siano visibili anche a chi ha problemi nella visione dei colori;

- i giochi possono offrire opzioni che aumentano il contrasto tra gli elementi critici per il gioco e gli sfondi;
- i sottotitoli dei videogiochi dovrebbero essere di grandi dimensioni, con un carattere non impegnativo, e dovrebbero mantenersi entro i 40 caratteri per riga, con solo due righe alla volta sullo schermo;
- i giochi dovrebbero offrire la possibilità di modificare il volume delle diverse parti del mix sonoro;
- fornire più forme di informazioni critiche per il gioco è utile per una varietà di giocatori con diverse disabilità. I giochi dovrebbero evitare di esprimere informazioni critiche solo con immagini o solo con suoni;
- il malessere da simulazione può essere proibitivo per un'ampia gamma di giocatori con disabilità, quindi i giochi dovrebbero consentire ai giocatori di scegliere di disattivare effetti di camera come l'*head bob*, lo *screen shake* e il *motion blur*;
- i giochi dovrebbero consentire una varietà di livelli di difficoltà. I livelli di difficoltà più bassi danno ai giocatori più tempo per pianificare la loro azione e offrono più possibilità di commettere errori prima di ottenere un *game over*.

Per quanto riguarda lo stato dell'arte sullo sviluppo di progetti in questo ambito, possiamo dire che non esistono lavori che abbiano sviluppato questo tipo di esperienza 3D specificamente per l'analisi dell'EDA su persone con gravi disabilità fisiche, ma esistono lavori che trattano il concetto di *design for dignity*. Nel caso dell'articolo di Smith et al.[5], oltre ad un sistema di *eye-tracking* ha utilizzato anche l'elettromiografia (EMG), cioè la misurazione dell'attività elettrica dei muscoli, dando inoltre un contributo importante per quanto riguarda la progettazione di interfacce utilizzabili attraverso l'interazione con gli occhi. Questi videogiochi possono aiutare gli utenti a sviluppare una maggiore consapevolezza del loro corpo e, nel caso specifico di questo studio, a migliorare la loro capacità di controllare le sedie a rotelle in maniera autonoma. Lo studio si è focalizzato sulla progettazione di un modello di design basato su due fattori fondamentali: l'autonomia e l'autoefficacia.

È stato dimostrato che in ambienti progettati per incrementare l'autonomia gli utenti sono stimolati maggiormente e dimostrano una maggiore creatività, flessibilità cognitiva e toni emotivi positivi. L'autoefficacia è invece definita come la convinzione dell'individuo nell'essere in grado di svolgere correttamente un compito, e si è dimostrato che la formazione attraverso i giochi è associata a un aumento significativo di essa[6].

Sono invece disponibili degli applicativi che contengono una serie di giochi pensati per l'interazione tramite *eye-tracker*. Uno di questi è il progetto *GazePlay*[7] gratuito e *open-source* che mira a sviluppare e migliorare la comunicazione aumentativa e alternativa per individui con disabilità multiple attraverso l'uso del tracciamento oculare. A tale scopo sono stati progettati dei giochi per permettere, nello specifico ai bambini, di scoprire l'interazione attraverso i loro occhi e le conseguenze delle azioni

innescate dai loro sguardi, basandosi su tre aree di abilità da apprendere: azione-reazione, selezione e memorizzazione. Viene posta l'attenzione su come l'occhio è considerato il modo più naturale e semplice per supportare gli individui con disabilità multiple a interagire con il loro ambiente e come i videogiochi possono essere un buon modo per migliorare requisiti di base come la fissazione e l'inseguimento di elementi con lo sguardo. *GazePlay* permette inoltre alla fine di ogni sessione di visualizzare statistiche di gioco e una *heatmap* dello sguardo per aiutare l'analisi.

## 2.2 Analisi e utilizzo dei parametri fisiologici nei videogame

Nello studio condotto da Kivikangas et al.[8] è stato sviluppato tramite il *Source SDK* di *Valve* uno strumento di analisi dei dati completo che triangoli eventi di gioco, dati di sondaggi correlati agli eventi e dati psicofisiologici durante una sessione di gioco. Nello specifico sono stati analizzati l'EDA, l'elettrocardiogramma (ECG), l'EMG facciale, e elettroencefalogramma (EEG) per verificare se le reazioni emotive a stimoli emotivi congruenti e incongruenti durante lo svolgimento di un particolare momento di gioco, legato all'incontro con un NPC, *non-playable character* ovvero personaggi non giocanti, intrinsecamente motivato siano le stesse del tradizionale paradigma sperimentale della visione di immagini, partendo da 8 requisiti tecnici:

- fornire un ambiente di gioco per la presentazione di stimoli come parte di un'attività ludica intrinsecamente motivata;
- presentare gli stimoli del gioco, in questo caso espressioni facciali e azioni congruenti e incongruenti di personaggi umani;
- fornire un metodo per consentire l'autovalutazione senza interrompere l'attività;
- fornire a chi fa l'analisi dei dati la possibilità di confrontare le misure di autovalutazione con le risposte psicofisiologiche al momento dell'evento;
- fornire marcatori per localizzare temporalmente gli eventi;
- analizzare automaticamente clip video di lunghezza predefinita dall'intera registrazione in base ai marcatori;
- presentare i filmati (con la possibilità di riprodurli) insieme alle indicazioni testuali e mostrare i questionari al giocatore subito dopo il gioco;
- fornire marcatori per i punti temporali delle presentazioni dei videoclip, per un successivo confronto con i dati fisiologici.

Nello studio non sono presentati dei risultati, ma delle considerazioni positive, innanzitutto sulla possibilità di proporre l'autovalutazione immediatamente successiva al test che ha migliorato la qualità dei dati raccolti e reso più semplice l'intero processo, inoltre sono arrivati alla conclusione che l'NPC durante un compito intrinsecamente

motivato è stato visto dai partecipanti in modo simile a come le persone reagiscono normalmente agli esseri umani reali.

Lo studio di Navarro et al.[9] analizza l'EDA dei giocatori in relazione all'esperienza da loro riportata durante l'interazione con giochi di realtà virtuale sul visore *HTC Vive*<sup>3</sup> e il *Leap Motion*<sup>4</sup> per il tracciamento ottico delle mani, ed hanno concluso che non ci sono differenze significative nella componente fasica dei dati EDA in diversi momenti di gioco, nonostante le differenze nell'esperienza dei giocatori. Inoltre, non sono state trovate correlazioni lineari tra i dati EDA e le valutazioni dell'esperienza tramite il *Game Experience Questionnaire*[10], ad eccezione dell'affetto negativo che presenta una correlazione debole ma positiva. In conclusione, secondo questo studio, la componente fasica dell'EDA ha una correlazione limitata con l'esperienza del giocatore e dovrebbe essere ulteriormente esplorata insieme ad altri segnali psicofisiologici.

Invece nello studio di Siqueira et al.[11] viene esposto un processo di classificazione dell'esperienza di gioco basato su dati psicofisiologici acquisiti dall'utente, durante una sessione con un videogioco di corse automobilistiche scelto per tre caratteristiche principali:

- è un'esperienza con molte meccaniche di gioco in cui è possibile sperimentare diverse condizioni emotive;
- è un progetto *open source*, quindi è possibile implementare nuove funzionalità;
- il gioco è semplice, anche per un giocatore con poca conoscenza del genere, quindi l'esperienza di gioco può essere mantenuta il più possibile uniforme tra i partecipanti.

Sono stati utilizzati biosensori e una *webcam* per catturare tre segnali, la risposta galvanica della pelle, altro nome per l'EDA, l'impulso del Volume del Sangue (BVP) e le espressioni facciali. E' stato successivamente utilizzata una rete neurale addestrata con un *dataset* formato da dati psicofisiologici ed espressioni emotive, derivate dalla valutazione e analisi del volto e del comportamento dei giocatori. Per la classificazione sono state considerate quattro classi di emozioni, derivate dagli eventi di gioco più significativi: Rabbia, Calma, Felicità e Tristezza. I risultati sperimentali hanno indicato che questo metodo porta a un buon riconoscimento delle emozioni umane, con un'accuratezza del 64%. La valutazione automatica dell'esperienza del giocatore è stata confrontata con una valutazione tradizionale basata sull'autovalutazione, confermando l'efficacia del metodo.

Lo studio di Nacke et al.[12] invece tratta l'utilizzo dei parametri fisiologici come modalità di interazione all'interno di un FPS 2D, *first-person shooter* ovvero un videogioco soprattutto con visuale in prima persona, utilizzando la respirazione, l'EMG sulla gamba e la temperatura per controllare direttamente alcune specifiche meccaniche di gioco, oltre all'EDA ed l'ECG come controllo indiretto, ed espongono due conclusioni come risultato dei loro test per la progettazione di un gioco con input

---

<sup>3</sup><https://www.vive.com/us/>

<sup>4</sup><https://www.ultraleap.com/leap-motion-controller-overview/>

fisiologici: i sensori fisiologici diretti dovrebbero essere mappati in modo naturale per riflettere un'azione nel mondo virtuale; il controllo fisiologico indiretto è ideale come elemento drammatico nei giochi per influenzare le variabili ambientali.





# Capitolo 3

## Metodologia

In questo capitolo vengono spiegati i dispositivi utilizzati per l'interazione con il gioco e l'acquisizione dei dati, con un focus successivamente sulle scelte di *Game design* prese.

### 3.1 Device

#### 3.1.1 Tobii Eye-Tracker 5

Il *Tobii Eye-Tracker 5* (Fig. 3)<sup>1</sup> è un dispositivo di tracciamento oculare, che può essere montato su qualsiasi schermo o monitor tramite una presa USB, consentendo di catturare dati relativi ai movimenti degli occhi e alla posizione della testa. Le sue caratteristiche tecniche includono un sensore ottico con una frequenza di campionamento di 133 Hz e un ampio campo visivo, fino a 30 pollici. Questo *tracker* fornisce flussi di dati in tempo reale, tra cui il punto di fissazione dello sguardo, la posizione degli occhi, il diametro della pupilla e la presenza dell'utente. È possibile fare la calibrazione direttamente con l'applicazione di supporto di *Tobii*.

#### 3.1.2 Empatica Embrace Plus

L'*Empatica EmbracePlus* (Fig. 4)<sup>2</sup> è un dispositivo indossabile progettato per la raccolta continua di dati fisiologici di alta qualità. Dotato di sensori per l'EDA (attività elettrodermica), temperatura cutanea e accelerometro, *EmbracePlus* offre una soluzione affidabile per monitorare parametri vitali e attività quotidiane, e consente una registrazione non invasiva dei parametri fisiologici. Per l'utilizzo è necessario aver scaricato l'applicazione per telefono *CareLab*, che permette una visione preliminare di alcuni dati in *real-time*, e aver creato un esperimento sul sito di *Empatica Health Monitoring Platform* per poter cominciare l'acquisizione. I dati completi si potranno successivamente scaricare dai server di Empatica in formato *.avro*.

---

<sup>1</sup><https://gaming.tobii.com/product/eye-tracker-5/>

<sup>2</sup><https://www.empatica.com/en-eu/embraceplus/>



Figura 3: Tobii Eye Tracker 5



Figura 4: Empatica Embrace Plus

## 3.2 Modello per l'emulazione del mouse tramite eye-tracking

Per quanto riguarda lo sviluppo della modalità di interazione tramite emulazione del mouse si è utilizzato il modello proposto dalla ricerca di Davanzo N.[13], che ha progettato e sviluppato un sistema per permettere di suonare strumenti musicali digitali a persone affette da gravi disabilità.

Il sistema è sviluppato secondo un approccio di programmazione ad oggetti, ed è costituito da un insieme di moduli e comportamenti, programmati tramite interfacce, che permettono così la personalizzazione dell'interazione. Di seguito vengono descritti i componenti principali utilizzati per questo progetto, i quali fanno parte del *namespace Tobii* che contiene classi per l'utilizzo dei *tracker* prodotti da loro, i quali possono consentire al *device* di rilevare il *Gaze point*, la posizione degli occhi, la chiusura degli occhi e il movimento della testa. Queste classi utilizzano riferimenti alla libreria *Tobii.Interaction*, disponibile come pacchetto *NuGet6*. Il modulo principale si chiama *Tobii module* e permette di ricevere input dall'*eye-tracker*, al suo interno contiene due sotto-moduli:

- *MouseEmulator*: contiene il modulo *MouseEmulatorModule*, che permette di utilizzare i dati grezzi forniti dall'*eye tracker* per controllare il cursore del mouse attraverso il *Gaze point*.
- *TobiiBlinkProcessor*: un sotto-modulo in grado di rilevare la chiusura dell'occhio da parte dell'utente, il riconoscimento avviene considerando il numero di campionamenti entro i quali un occhio non viene rilevato dal sensore. È possibile definire comportamenti per la chiusura di uno o entrambi gli occhi, potendone anche personalizzare le soglie di rilevamento.

In *Tobii module* è presente una lista per i comportamenti che ereditano dalla classe astratta *ATobiiBlinkBehavior*, che permettono di gestire gli eventi associati alla chiusura degli occhi. Per il progetto sono stati implementati due comportamenti:

- *B.BlinkSendMouseClick*: invia un segnale per l'emulazione del tasto sinistro del mouse tramite il modulo *MouseModule* dopo 5 campionamenti in cui rileva un occhio chiuso, mentre per l'emulazione del tasto centrale del mouse (utilizzato per aprire il menu all'interno del videogioco) viene inviato un segnale dopo 20 campionamenti in cui vengono rilevati entrambi gli occhi chiusi.
- *B.BlinkStopGazeTracking*: questo comportamento è necessario per evitare che la posizione del cursore si sposti quando viene effettuato un occholino, ogni qualvolta viene rilevato 1 campionamento in cui almeno un occhio è chiuso viene bloccata l'emulazione dello spostamento del mouse tramite *TobiiModule.MouseEmulator* finché non viene riaperto.

È stato inoltre aggiunto un comportamento anche per il modulo *KeyboardModule*, dove è stata mappata la pressione del tasto L per fermare il *tracking* in caso di problemi durante la prova, e il tasto U per riattivarlo.

Per rendere accettabile la precisione dell'*eye-tracker* tramite l'emulatore è stato usato un filtro a media mobile a decadimento esponenziale con un valore di  $\alpha$  di 0.2, che fa una media della posizione rilevata considerando i campionamenti effettuati dopo un certo lasso di tempo, dando un maggior peso ai punti più recenti, ma evitando che eventuali letture scorrette del *Gaze point* possano disturbare troppo il tracciamento.

### 3.3 Scelte di Game Design e implementative

Il videogioco è un'avventura in 3D a mondo aperto in cui il giocatore ha il compito di risolvere enigmi all'interno di un'area definita e di eliminare i nemici incontrati sporadicamente, questi sono stati utilizzati, insieme alla *boss-fight*, per inserire degli elementi che potessero richiedere una reazione in tempo reale al giocatore. Tutti gli *asset* presenti nel gioco sono stati scaricati dallo *Unity Asset Store*.

Prima della spiegazione dettagliata dei sistemi progettati e implementati, di seguito vengono elencati gli elementi fondanti di un videogioco per come esposti in Game Design Workshop[14] da cui si è partiti per la progettazione, divisi in elementi formali, che costituiscono la struttura vera e propria del gioco, e gli elementi drammatici, che costituiscono il contesto del *gameplay* trasformando un sistema dinamico formale in un'esperienza significativa:

*Elementi formali:*

- *Players*, ovvero descrizione del gioco dal punto di vista del/dei giocatori e dell'interazione tra essi: *Etherea* è un gioco *single-player*;
- *Objectives*, ovvero descrizione degli obiettivi da perseguire all'interno del gioco: in questo progetto è necessario trovare e completare gli enigmi per poter accedere alle arene e battere i boss;
- *Procedures*, descrizione delle azioni che possono essere svolte all'interno del gioco: In *Etherea* è possibile muoversi attraverso la chiusura di un occhio, selezionare un elemento o un nemico spostandoci sopra lo sguardo ed interagire con gli oggetti tramite la fissazione;
- *Rules*, descrizione delle regole, e quindi dei limiti imposti dal mondo di gioco: in questo videogioco per accedere ai boss servono un minimo di gemme raccolte, ogni oggetto è interagibile con un solo elemento, i nemici si sconfiggono colpendoli con l'elemento a cui sono vulnerabili;
- *Resources*, descrizione degli oggetti collezionabili o consumabili all'interno del gioco: in *Etherea* sono le gemme, disponibili dopo la risoluzione degli enigmi ed i libri per spiegazione degli enigmi e della storia;
- *Conflict*, descrizione degli elementi di gioco che creano situazioni di conflitto o di ostacolo all'avanzamento: all'interno di questo mondo di gioco sono i nemici, uno per ogni elemento, il boss e gli enigmi ambientali;

- *Boundaries*, descrizione dei confini in cui valgono le regole del gioco: in questo progetto sono i limiti della mappa costituiti da montagne o alberi;
- *Outcome*, descrizione del risultato ottenuto dal giocatore al raggiungimento degli obiettivi: in questo caso sono le informazioni aggiuntive riguardo la storia.

*Elementi drammatici:*

- *Challenge*, descrizione della sfida che il gioco propone al giocatore: risolvere gli enigmi per recuperare le gemme antiche e ottenere potere per sconfiggere i nemici e riuscire a liberare il pianeta dal male.
- *Play*, descrizione della tipologia di gioco: questo videogioco è pensato per giocatori di tipo *Explorer* secondo la classificazione di Bartle[15], quindi giocatori con la tendenza all'esplorazione per scoprire ogni segreto all'interno del mondo di gioco, data la natura *open-world*, ed è classificabile anche come *Rule-based play* e *Make-Believe play* dalla descrizione di Caillois in *Man, Play and Games*[16], cioè un gioco basato su una storia fantastica circoscritto a delle regole precise di interazione che ne governano il funzionamento.
- *Premise*, descrizione della premessa narrativa: In Etherea un grande male è arrivato su queste terre, e una leggenda racconta di una giovane ragazza i cui poteri potranno riportare la pace.
- *Character*, descrizione del personaggio giocante: In Etherea una giovane ragazza si risveglia in una strana valle con degli incredibili poteri elementali.
- *Story*, breve descrizione della storia: Nel mondo di Etherea una giovane ragazza si sveglia senza ricordarsi nulla, e viene chiamata da delle fate che abitano queste terre per aiutarle a sconfiggere il male che le sta affliggendo, il quale ha portato mostri a girovagare per le loro terre, tramite i suoi poteri, completando delle antiche prove per poter accingere al potere necessario per sconfiggerli.

L'interazione prevede il movimento libero all'interno dell'ambiente e l'uso di poteri elementali per interagire con oggetti o nemici specifici e risolvere gli enigmi. Per quanto riguarda la UI e le modalità di interazione, è stato scelto un metodo che permettesse un rapido adattamento alla situazione, utilizzando un semplice movimento dello sguardo su icone:

- l'icona in basso a sinistra rappresenta la modalità di gioco, e cambia tra movimento (Fig. 5, Fig. 8a) e interazione con l'ambiente tramite gli elementi (Fig. 6, Fig.8b);
- l'icona in basso a destra rappresenta il tipo di camera attiva, tra la visuale dall'alto in terza persona (Fig. 8a, Fig. 8c) e una prospettiva in prima persona (Fig. 7, 8d);



Figura 5: Schermata di movimento in terza persona



Figura 6: Schermata di interazione in terza persona

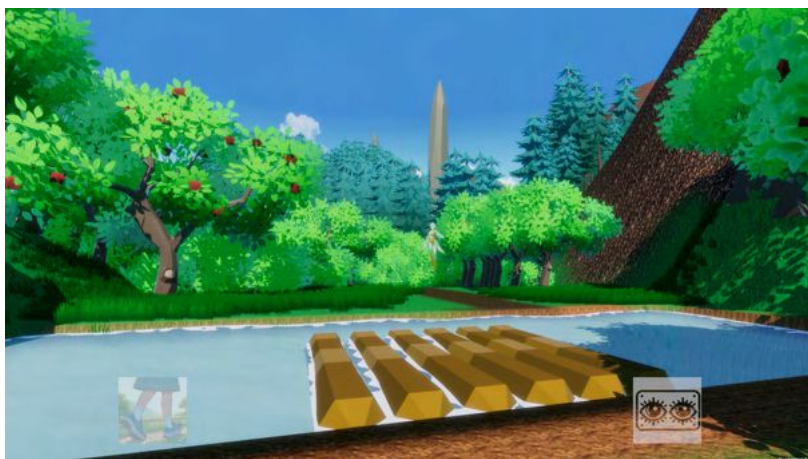


Figura 7: Visuale in prima persona





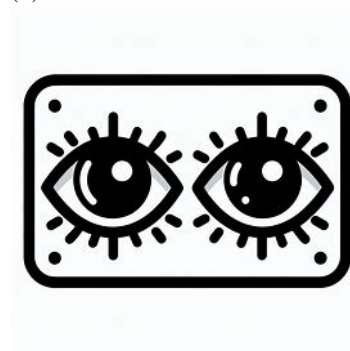
(a) Icona della modalità movimento



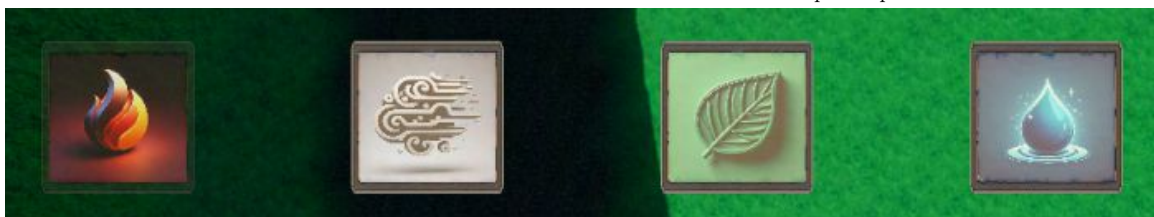
(b) Icona della modalità interazione



(c) Icona della modalità di vista dall'alto



(d) Icona della modalità di vista in prima persona



(e) Icona degli elementi: Fuoco, Aria, Terra, Acqua

Figura 8: Icone



Figura 9: Schermata di informazioni sulla vita e le gemme raccolte

- le icone in basso al centro rappresentano gli elementi (Fig. 8e), che permettono di attivare il potere elementale corrispondente all'icona guardata e sono visibili solo nella modalità di interazione.

Le icone sono tutte posizionate nella parte bassa dello schermo in modo da non essere troppo invasive. Per visualizzare informazioni come le vite rimaste e le gemme raccolte si è deciso di renderle visibili dopo aver spostato lo sguardo sopra il personaggio giocante per qualche secondo, l'icona delle gemme compare in alto a sinistra in grande, le vite sono rappresentate da dei cuori sopra la testa del personaggio (Fig. 9).

Per l'interazione effettiva con un oggetto, è stato scelto un tempo di fissazione, personalizzabile dalle impostazioni, o l'occholino per permettere anche un'interazione più immediata.

Per aiutare il giocatore a capire se l'oggetto è interagibile, si è deciso, sia di rendere visibile attraverso un effetto luminoso il colore dell'elemento da utilizzare con l'oggetto guardato, sia di visualizzare una barra di caricamento (Fig. 10) che indica esplicitamente il tempo di fissazione necessario per attivare l'interazione con l'oggetto nel caso si sia attivato l'elemento corretto.

I menu e la schermata di dialogo (Fig. 11, Fig. 12, Fig. 13, Fig. 14, Fig. 15) sono costituiti da pulsanti particolarmente grandi che permettono una facile interazione del giocatore tramite lo sguardo per consentire l'autonomia dall'accensione del videogioco. Per aprire il menu di gioco durante una partita è stato scelto di utilizzare la chiusura di entrambi gli occhi.

I poteri elementali sono quattro:

- il potere del fuoco permette di incendiare o accendere diversi oggetti;
- il potere dell'acqua permette di alzare o abbassare specchi d'acqua, o attivare dispositivi come fontane;
- il potere dell'aria permette di spostare oggetti;





Figura 10: Barra del tempo di fissazione durante l'interazione con un bottone di dialogo



Figura 11: Menu principale



Figura 12: Menu di gioco



Figura 13: Menu delle impostazioni

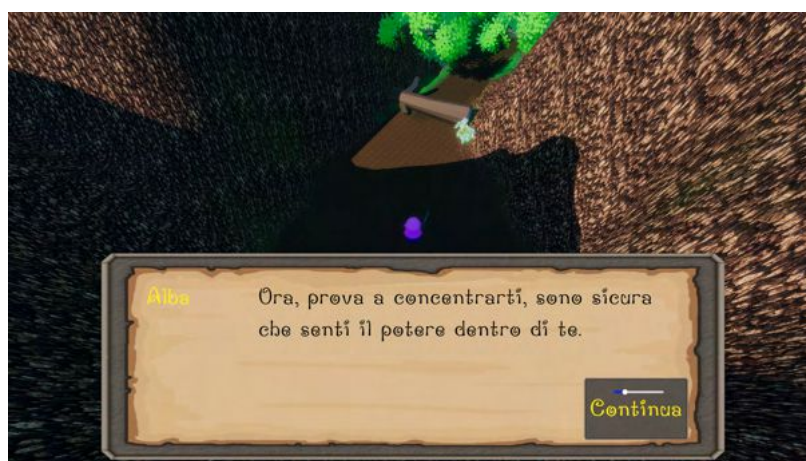


Figura 14: Finestra di dialogo



Figura 15: Menu per la scelta della pianta da generare



Figura 16: Nemici

- il potere della terra permette di creare piante e alberi.

Il potere della terra, in modo differente dagli altri, permette di generare una pianta a scelta ed è stato quindi implementato un menu (Fig. 15) apribile tramite l'interazione con l'icona della terra. Essendo il terreno un *gameobject* molto grande, per interagire con esso, sia per muoversi sia per l'utilizzo del potere della terra, si è potuto utilizzare solo l'occholino, tranne nelle zone degli enigmi di posizionamento delle piante, dove è stato usato un *gameobject* costituito dal solo collider definito *spot* per permettere l'interazione tramite fissazione, se si inserisce una pianta nello *spot* sbagliato, questa sparisce.

Per rendere evidente l'elemento selezionato si è utilizzato un effetto particellare del colore corrispondente attorno al personaggio: rosso per il fuoco, blu per l'acqua, verde per la terra e bianco per l'aria.

Per poter implementare il potere dell'aria, si è deciso che nel momento in cui si interagisce con un oggetto tramite questo elemento, l'effetto particellare attorno al giocatore sparisce, e ne compare uno sopra all'oggetto che si sta muovendo. L'oggetto si muoverà in direzione dello sguardo dell'utente, fino a che: non viene nuovamente osservato per il tempo di fissazione, viene rilevato un occholino oppure viene cambiata la modalità in quella di movimento.

Ogni nemico (Fig. 16) ha un elemento che lo caratterizza, che è possibile dedurre dal suo colore predominante. Nel grafico sottostante (Fig. 17) viene spiegata la relazione di efficacia tra gli elementi, l'elemento da cui parte la freccia è efficace contro quello su cui arriva.

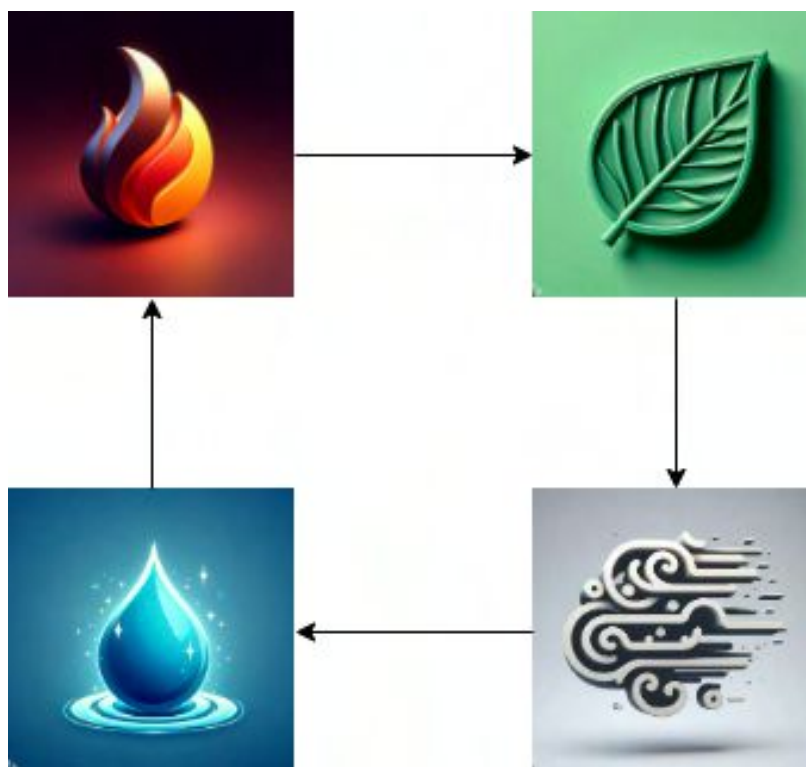


Figura 17: Schema dell'efficacia degli elementi

Il combattimento è stato pensato per aggiungere degli elementi a cui il giocatore deve reagire in breve tempo, ed è quindi possibile attaccare semplicemente guardando l'icona del potere corrispondente e successivamente il nemico, i diversi attacchi funzionano in maniera diversa, come segue:

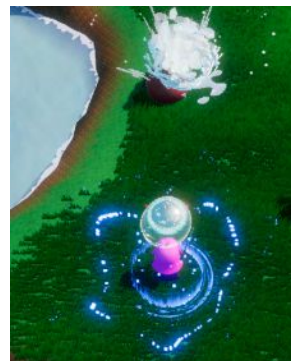
- Fuoco: una fiammata continua a corto raggio parte da davanti al giocatore verso il nemico selezionato, è possibile ridirezionarla guardando un altro nemico (Fig. 18a).
- Acqua: vengono generate sfera d'acqua sopra la testa del giocatore che partono in direzione dello sguardo del giocatore ogni secondo (Fig. 18b).
- Terra: una scia di rocce a lungo raggio si genera dalla terra di fronte al giocatore verso il nemico selezionato (Fig. 18c).
- Aria: un tornado viene generato dalla posizione del giocatore e mosso in direzione del nemico guardato dal giocatore per un massimo di 5 secondi, dopo i quali sparisce e viene generato il successivo attacco, è possibile ridirezionarlo guardando un altro nemico (Fig. 18d).

La mappa (Fig. 19) è stata creata cercando di sfruttare in particolare il sistema di molti giochi *open-world*, per esempio come *Zelda Breath of the wild*<sup>3</sup> (Fig. 20) con

<sup>3</sup><https://zelda.nintendo.com/breath-of-the-wild/>



(a) Attacco di fuoco



(b) Attacco d'acqua



(c) Attacco di terra



(d) Attacco d'aria

Figura 18: Tipologie di attacco





Figura 19: Mappa



Figura 20: Schermata di Zelda BOTW con una delle Torri che permettono al giocatore di orientarsi

i suoi santuari o torri, in cui sono presenti dei punti di riferimento visibili da lontano che offrono al giocatore sempre nuovi obiettivi da raggiungere, evitando un senso di dispersione, in questo caso sono stati utilizzati degli obelischi che segnalano l'area di un enigma specifico. Ogni volta che si entra in una nuova zona viene visualizzato il nome a schermo e compare sulla mappa apribile dal menù, per permettere tramite la fissazione la funzione di viaggio rapido, permettendo di teletrasportarsi in quel punto.

Nel gioco è stato anche implementato un sistema di salvataggio in modo da permettere di interrompere le sessioni senza la perdita di quanto fatto in precedenza, ed inoltre ogni volta che si cambia zona viene attivato l'auto-salvataggio.

La progettazione del videogioco è partita da un assunto fondamentale, l'utente non aveva mai avuto modo di interagire con questo tipo di esperienze, era quindi importante pensare a degli enigmi che potessero essere semplici ma non scontati, sono state quindi scelte delle meccaniche e delle interazioni che si ripetevano ma variando leggermente l'applicazione in modo da rendere tutto il più intuitivo ma sfidante. Quindi l'obiettivo è stato sviluppare, come descritto in *Theory of Fun for Game Design*[17], dei pattern riconoscibili al giocatore, che stanno alla base del processo di apprendimento, in quanto il nostro cervello tende a memorizzare le associazioni

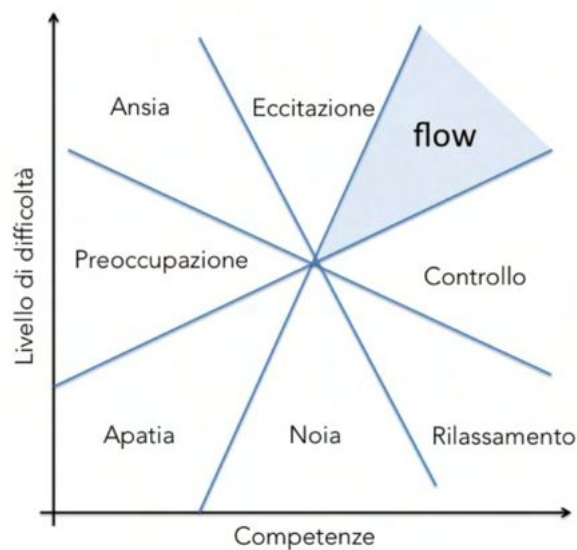


Figura 21: Grafico per la descrizione dello stato di una persona durante un'attività

ricorrenti e questo permette, variando leggermente questi pattern, di creare una senso di sfida per il giocatore. Se i pattern sono introdotti e pensati in maniera corretta, possono portare il giocatore nella condizione detta di *Flow* (Fig. 21), cioè di totale immersione nell'esperienza, nel grafico sottostante è rappresentata come lo stato in cui le competenze e il livello di difficoltà sono bilanciati, ed è descritta in *Flow: Psicologia dell'esperienza ottimale*[18] attraverso 7 punti fondamentali:

- il giocatore deve essere completamente concentrato sul compito da svolgere;
- il giocatore deve sentire una sensazione di estasi;
- il giocatore deve avere chiaro il funzionamento e le regole dell'esperienza;
- il giocatore deve essere convinto di poter riuscire nel completamento del compito.
- il giocatore deve provare un senso di serenità;
- il giocatore deve perdere la cognizione del tempo;
- il giocatore deve sentirsi ricompensato per il completamento stesso del compito.

La parte del gioco che è stata testata consisteva in un tutorial, una sequenza lineare in cui viene insegnata l'interazione di base con gli oggetti, e infine la risoluzione di un puzzle che unisce le varie meccaniche presentate per procedere. È seguita una sezione *open-world*, in cui il giocatore è stato libero di esplorare la mappa e di risolvere gli enigmi che trovava nel percorso. Infine, è stata svolta una *boss-fight*, che può essere riassunta come la risoluzione temporizzata di enigmi per poter sconfiggere un nemico all'interno di un'area circoscritta.

La logica utilizzata per implementare la classe che gestisce gli enigmi è stata pensata per poterne implementare di tre tipi:

- *gli enigmi di attivazione*: per risolvere questo enigma è necessario attivare tramite i poteri elementali un certo numero di oggetti.
- *gli enigmi d'ordinamento*: per risolvere questo enigma è necessario attivare tramite i poteri elementali degli oggetti in un certo ordine.
- *gli enigmi di posizionamento*: per risolvere questo enigma è necessario posizionare un certo tipo di oggetti nelle posizioni corrette.

Gli enigmi sono composti dai seguenti elementi:

- oggetti che possono essere spostati con l'aria;
- oggetti che possono essere incendiati o accesi col fuoco;
- specchi d'acqua che possono essere spostati verso l'alto o verso il basso;
- oggetti che possono essere attivati tramite l'acqua;
- puzzle da completare con fiori/alberi;
- pedane a pressione.

### 3.3.1 Tutorial

Il gioco inizia con un dialogo, che durante questa fase saranno utilizzati prima delle varie prove per spiegare come approcciarsi al gioco. La prima sezione richiede di utilizzare il potere del fuoco per bruciare l'albero caduto che blocca la strada. Poi un lungo percorso tra gli alberi, necessario anche per testare il funzionamento per i controlli di movimento, prima di raggiungere una seconda zona dove viene richiesto l'utilizzo del potere dell'acqua per alzare il livello del laghetto e dell'aria per direzionare la zattera (Fig. 22). La terza parte spiega come si utilizzino le piante per completare degli enigmi, facendo muovere un enorme masso al seguito del posizionamento della pianta uguale a tutte quelle che compongono il cerchio nello *spot* libero (Fig. 23). Subito dopo viene spiegato l'utilizzo delle pedane a pressione per aprire dei passaggi nel percorso, tramite l'alzamento o l'abbassamento di pareti, muovendo una pietra su di esse (Fig. 24). La parte finale rappresenta un unico ambiente in cui bisogna attivare due pedane a pressione per poter proseguire usando tutte le meccaniche presentate. Per risolverlo è necessario muoversi sulla zattera, prendere la prima roccia presente sulla sponda, accendere i due bracieri posti sopra il muro, posto davanti alla prima pedana, per abbassarlo, sbloccando così l'accesso alla prima pedana e, spostando la roccia sulla pedana si abbassa la prima parete. Per la seconda bisogna risolvere un enigma di posizionamento delle piante che si trova sulla riva opposta secondo lo schema:

A — B — A

B — A — B



A — B — A

Così facendo l'enorme masso lì presente si sposterà rendendo visibile una pozza d'acqua a cui è necessario alzare il livello per prendere il barile e metterlo sulla seconda pedana (Fig. 25).



Figura 22: Seconda sezione della fase di tutorial



Figura 23: Terza sezione della fase di tutorial

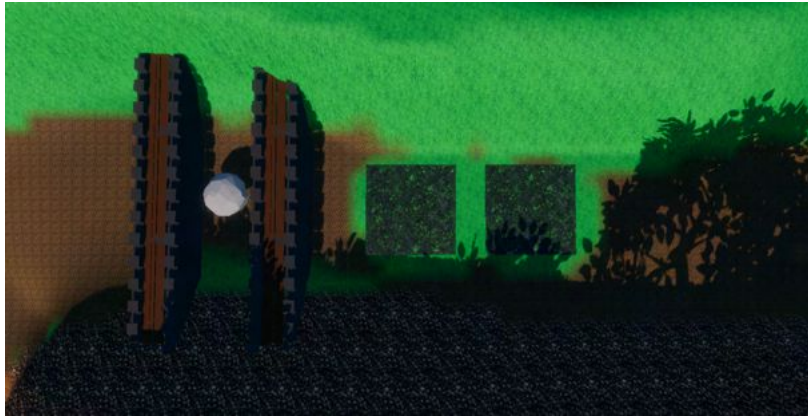


Figura 24: Quarta sezione della fase di tutorial



Figura 25: Enigma finale della fase di tutorial

### 3.3.2 Open-world

La sezione *open-world* inizia con una fase di combattimento in cui si spiega la modalità di interazione con i nemici e la necessità di cercare gli enigmi da risolvere. In questa sezione gli enigmi sono risolvibili in qualunque ordine. Vengono di seguito definiti i livelli sviluppati al momento del test.

- *Enigma Del Gran Lago*: Il primo enigma si trova nella zona limitrofa al primo scontro con i nemici, ed è costituito da un lago, a cui si deve diminuire il livello dell'acqua per scoprire i bracieri al di sotto. I bracieri generano tutti una fiamma di colore diverso, e per risolvere l'enigma è necessario accendere i bracieri nell'ordine mostrato dalle colonne poste dal lato opposto. Ogni qual volta si sbaglia, tutti i bracieri vengono spenti. (Fig. 26)



Figura 26: Enigma del Gran Lago

- *Enigma della Foresta Nera:* Il secondo enigma riguarda la ricerca di tre bracieri all'interno di una foresta, e la loro accensione, questo enigma è stato pensato per utilizzare in maniera attiva il cambio di visuale per la risoluzione. Dopo aver acceso i 3 bracieri, si sposta il masso che nascondeva una pozza d'acqua da abbassare per rendere visibile una pedana a pressione. Su di essa è necessario posizionare uno dei barili posti di fronte, in modo che a sua volta sposti il masso che blocca l'entrata della caverna, in cui è presente la gemma (Fig. 27).
- *Enigma della Collina Ventosa:* Il terzo enigma si trova sopra ad una collina, ed è necessario attivare in contemporanea entrambe le pedane. Per farlo bisogna abbassare il muro di fianco accendendo i tre bracieri presenti: il primo è posizionato di lato alla zona rialzata in modo da rendere esplicito che è necessario esplorare dietro, dove si trova una pedana da muovere in verticale con il potere dell'aria, che permette così di vedere gli ultimi due bracieri. Per muovere la pedana è necessario guardare un punto più alto rispetto alla posizione del giocatore per raggiungere l'altezza relativa al punto osservato. Una volta accesi, la parete sarà scomparsa e diventa quindi possibile muovere la roccia e spostarla su una delle due pedane, posizionando il personaggio giocante sull'altra compariranno due bracieri, accendendoli da questa posizione comparirà la gemma (Fig. 28).
- *Enigma del Pascolo Quieto:* Il quarto enigma si trova in mezzo alla foresta e richiede di posizionare tre pecore, posizionate nelle zone limitrofe, sulle pedane





Figura 27: Enigma della Foresta Nera

di fronte all'obelisco, per farlo bisogna attirarle posizionando le piante del colore uguale alla pecora da muovere in loro vicinanza facendole così camminare fino alle pedane (Fig. 29)

- *Enigma del Prato Fiorito*: Il quinto enigma è un puzzle di posizionamento in cui bisogna capire la pianta da inserire in ogni *spot* per completare la composizione dei fiori (Fig. 30). La posizione delle piante deve essere specchiata e ribaltata tra i due lati seguendo quindi questo esempio:

A B C — F A B  
D A E — E A D  
B A F — C B A

- *Enigma del Percorso di Lava*: Il sesto enigma è costituito da un percorso costeggiato dalla lava, e da pedane a pressione che innescano delle frecce sparate dai lati del percorso sbilanciando il giocatore. Per superare questa sfida è necessario posizionare degli alberi nelle zone di terra ai lati in modo da fermare le frecce per fare in modo di raggiungere la gemma senza essere colpito (Fig. 31).
- *Enigma del Percorso Montano*: Il settimo enigma è situato sopra ad una montagna, e richiede di porre attenzione ai percorsi ai lati dell'obelisco. Su di essi sono presenti due sfere, che possono essere mosse tramite il potere dell'aria solo per farle cadere in discesa, in quanto finiscono dietro ad un alto muro che divide la zona centrale dell'enigma dai due percorsi, quindi non è possibile controllarle direttamente. Nel caso cadessero verrebbero rigenerate nella posizione iniziale. L'obiettivo è riuscire a portare le sfere sulle pedane presenti ad un certo punto



Figura 28: Enigma della Collina Ventosa



Figura 29: Enigma del Pascolo Quieto



Figura 30: Enigma del Prato Fiorito





Figura 31: Enigma del Percorso di Lava

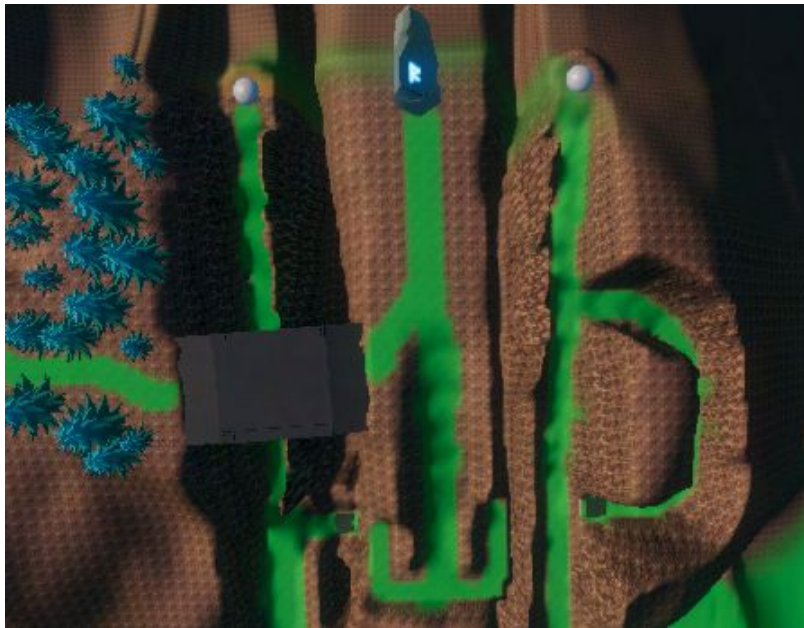


Figura 32: Enigma del Percorso Montano

dei due percorsi, posizionando degli alberi come ostacolo su di essi per fare in modo di bloccare la caduta della palla e farla cadere nella direzione della pedana. Questo è possibile farlo scendendo nella parte inferiore ed usando la visuale in prima persona che permette di visualizzare i due percorsi alternativi. Dopo aver fatto questo, una fontana sarà comparsa davanti all'obelisco, una volta aver interagito con essa tramite il potere dell'acqua, la gemma comparirà (Fig. 32).

- *Prova del Combattimento:* L'ottava prova è costituita da una zona vuota in cui all'ingresso del giocatore cominciano a generarsi 4 nemici alla volta ogni 20 secondi per un totale di 16 nemici. Per completarlo e prendere la gemma è necessario sconfiggerli tutti (Fig. 33).

### 3.3.3 Boss-fight

La *boss-fight* (Fig. 34) è strutturata nel seguente modo:

Nell'arena è presente il golem, il cui funzionamento è spiegato nel grafico sottostante, che alternerà momenti di inseguimento a momenti di recupero ogni 20 secondi, avvisando il giocatore attraverso dei suoni, in modo da dichiarare il cambio di stato anche quando non è visibile a schermo. Al giocatore è richiesto di muovere la sfera presente nella parte posteriore dell'arena, attraverso i due punti di accesso, per colpire il golem ed eliminare lo scudo che lo protegge. Inoltre il golem cambia colore, seguendo un timer di 10 secondi, cambiando quindi il potere elementale attivo, per infliggergli danno sarà quindi necessario scegliere il potere a cui è vulnerabile in quel momento. Una volta che si è fatto passare la sfera per uno dei due punti di accesso e dopo aver colpito il boss, la sfera tornerà nella posizione iniziale, e il percorso completato viene chiuso per forzare l'altra direzione. Per far passare la sfera nei due





Figura 33: Prova del Combattimento

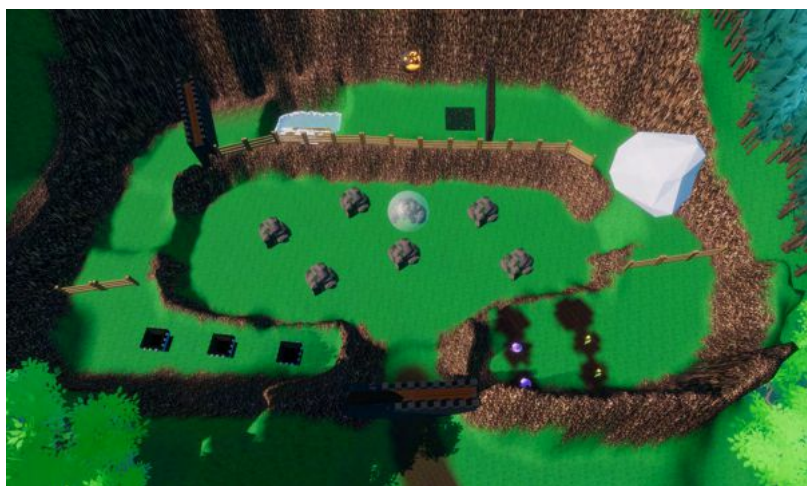


Figura 34: Arena della Boss-fight

percorsi è necessario risolvere dei semplici puzzle per sbloccare il passaggio, nel primo è necessario accendere tutti i bracieri per abbassare il muro che blocca la strada, alzare il livello dell'acqua per permettere poi alla sfera di passare sopra alla zattera e arrivare nell'arena, nel secondo invece bisogna restare con la sfera sopra la pedana a pressione finché il muro non scende completamente, per poi completare il puzzle di posizionamento delle piante che sposterà il masso che bloccava la strada per l'arena. Il boss viene sconfitto dopo che viene colpito due volte dal giocatore.

All'interno dell'arena sono posizionati dei massi, che sono pensati per permettere il movimento del giocatore in alcuni punti in cui il golem non può passare, potendo così guadagnare del tempo.

## 3.4 NPC

All'interno del gioco, oltre al giocatore sono presenti 3 NPC, le fate, non interagibili, utilizzate come espediente narrativo per spiegare le meccaniche di base al giocatore senza spiegazioni esplicite, oltre a nemici base e il boss, che sono invece interagibili, il cui comportamento è illustrato di seguito con i grafici delle macchine a stati finiti (FSM) deterministiche, la descrizione degli stati e delle rispettive variabili utilizzate nelle condizioni di transizione. Entrambe le FSM partono dallo stato *Idle*. Per consentire il movimento degli NPC, sono state utilizzate le *NavMesh*, che rappresentano una rete generata da Unity per approssimare le aree percorribili e gli ostacoli all'interno dell'ambiente di gioco. Inoltre, sono stati aggiunti i componenti *NavMeshAgent* a ciascuna istanza dei nemici, questi permettono di calcolare il percorso ottimale per raggiungere la destinazione prefissata, dopo aver definito le dimensioni dell'agente.

### 3.4.1 Nemici

I nemici di base seguono un comportamento semplice costituito da 4 stati, gli autoanelli sono utilizzati per attivare l'animazione del danno subito.

#### Stati

- *idle*: stato in cui sta fermo o si muove tra posizioni prestabilite.
- *chase*: stato in cui si muove in direzione del giocatore.
- *attack*: stato in cui viene riprodotta l'animazione di attacco verso il giocatore.
- *dead*: stato in cui viene riprodotta l'animazione di morte e reso inattivo il gameobject.

#### Variabili di transizione

- *detection*: assume valore *vero* quando il personaggio giocatore entra all'interno del campo visivo, falso altrimenti.
- *hit*: assume valore *vero* quando viene colpito da un attacco del personaggio giocatore, attiva un'animazione per rendere esplicito l'essere stato colpito.
- *health*: numero di colpi che può subire prima di morire.
- *distance*: distanza dal personaggio giocatore.
- *attack\_dist*: distanza necessaria dal giocatore per poter attaccare.

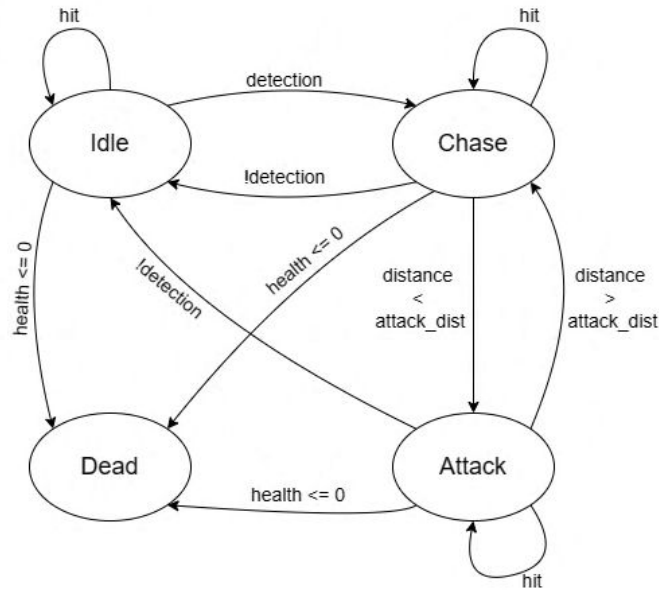


Figura 35: Macchina a stati finiti del comportamento dei nemici

### 3.4.2 Golem

Il golem segue un comportamento a 5 stati, viene cambiato il suo stato da idle a chase, e viceversa ogni 20 secondi in modo che il giocatore sia costretto a pensare bene con cosa interagire, e a reagire in maniera rapida quando riparte l'inseguimento, inoltre il cambio dell'elemento attivato dal golem richiede un ulteriore grado di attenzione per poter interagire.

#### Stati

- *idle*: stato in cui sta fermo.
- *movement*: stato in cui si muove in direzione del giocatore.
- *attack*: stato in cui viene riprodotta l'animazione di attacco verso il giocatore.
- *stunned*: stato in cui viene riprodotta l'animazione dello stordimento, viene disabilitato lo scudo e in cui è possibile essere colpito.
- *dead*: stato in cui viene riprodotta l'animazione di morte e reso inattivo il gameobject.

#### Variabili di transizione

- *active*: il valore di verità viene cambiato ogni 20 secondi da un timer, tranne quando è nello stato *Stunned*, in cui il valore viene cambiato a *vero* solo se viene colpito dal personaggio o passano 10 secondi.

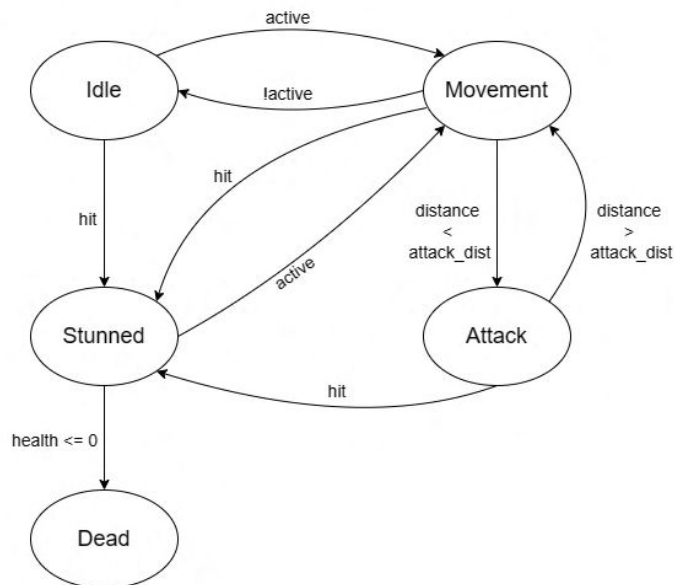


Figura 36: Macchina a stati finiti del comportamento del golem

- *hit*: assume valore *vero* quando viene colpito dalla sfera dell'arena, assume valore *false* se nello stato *Stunned* viene colpito dal personaggio o passano 10 secondi.
- *health*: numero di colpi che può subire prima di morire.
- *distance*: distanza dal personaggio giocante.
- *attack\_dist*: distanza necessaria dal giocatore per poter attaccare.

## Capitolo 4

# Acquisizione e Analisi dei dati

### 4.1 Procedura dei test

Prima di iniziare la sessione di gioco, è stata effettuata una precisa calibrazione dell'eye tracker. Questa procedura richiede una considerazione meticolosa del posizionamento ottimale del giocatore rispetto al dispositivo di tracciamento oculare, per garantire un rilevamento efficiente dei movimenti degli occhi e la capacità di osservare eventuali chiusure degli stessi.

Inizialmente è stato fatto un primo incontro per poter testare la fattibilità di questo tipo di controlli nel contesto del movimento all'interno di un mondo virtuale 3D in cui è emersa l'eccitazione dell'utente che non si aspettava la possibilità di poter interagire con questo tipo di ambienti virtuali, in quanto le uniche esperienze ludiche comprendevano principalmente browser game 2D con interazioni permesse da software terzi quali *The Grid 3*<sup>1</sup>.

Il test è stato poi condotto in due giorni diversi, ma il primo è stato negativo in quanto il giocatore ha riferito di non essere sereno a causa di alcuni problemi di salute avuti di recente. Durante questo test si sono verificate anche grosse difficoltà in generale nell'approccio al gioco, senza riuscire a completare il livello tutorial, e l'analisi dell'EDA ha confermato la mancanza di risposte fisiologiche durante i test, e un improvviso aumento alla fine, quando ha fatto presente di sentirsi particolarmente preoccupata per la sua salute.

Per cui l'analisi principale si è svolta il secondo giorno, il processo di test è stato organizzato nel modo seguente: la sessione iniziale, che comprendeva la fase di tutorial, si è svolta al mattino. Le due sessioni successive, corrispondenti rispettivamente alla fase di esplorazione libera e alla battaglia contro il boss, sono state condotte nel pomeriggio, una di seguito all'altra.

Il sistema di interazione è stato costruito come un'emulazione del mouse attraverso l'*eye-tracker*, non solo per il movimento ma anche per i clic attraverso la chiusura di un occhio, essendo il segnale dell'*eye-tracker* molto soggetto ad errori di precisione è stata usata una media mobile per minimizzare questo problema nel calcolo della posizione del mouse, dando risultati soddisfacenti.

---

<sup>1</sup><https://www.leonardoausili.com/software-di-comunicazione/444-the-grid-3-software-per-la-comunicazione-interpersonale.html>

Per lo sviluppo del videogioco è stato utilizzato *Unity* (versione 2022.3.7f1) e per l'analisi dei dati *Python* (versione 3.11.5) con *Pandas* (versione 2.1.1) per la gestione dei *dataframe*, *NumPy* (versione 1.24.3), *Matplotlib* (versione 3.8.0) per la visualizzazione dei grafici, *OpenCV* (versione 4.8.1) per la lettura dei video e la visualizzazione dei frame, *Scipy* (versione 1.11.3) per il ricampionamento dei dati, e *cvxopt* (versione 1.3.2) per ottenere le componenti dell'EDA spiegate successivamente.

## 4.2 Acquisizione Dati

I dati sono stati raccolti utilizzando *Unity* per i dati di gioco quali oggetto che si sta guardando e potere in utilizzo, e la posizione del mouse, mentre *Embrace Plus* di Empatica è stato impiegato per rilevare l'attività elettrodermica come misura dell'eccitazione. Empatica non consente l'analisi in tempo reale dei dati, infatti è stato necessario terminare l'esperimento e scaricare successivamente i dati in formato *.avro* e infine creare diversi file *.csv* contenenti i dati grezzi, ed infine sono stati accorpati in un unico file.

I dati raccolti dal motore di gioco sono stati ottenuti durante il *Fixed Update*, che avviene ogni 0,02 secondi, con una media di 50 dati al secondo. Per quanto riguarda Empatica, i dati sono stati raccolti circa ogni 0,250 secondi, con una media di 4 dati al secondo. Avendo dovuto utilizzare un'acquisizione separata dei dati, sono stati utilizzati i dati dei *timestamp* di inizio e fine video per poter ricondursi ai valori dell'EDA e dei dati di gioco che si riferissero alle specifiche sessioni di gioco. I dati EDA sono stati raccolti per tutta la durata del coinvolgimento della tester, con il dispositivo indossato circa 15-30 minuti prima dell'inizio della prima calibrazione e 15-30 minuti dopo la conclusione dell'ultima. Statistiche di raccolta dati per Empatica:

	Range	Resolution	Sampling Rate
EDA	0.01 – 100 $\mu$ S	1 digit 55 pS	1 - 4 Hz
Temperature	0 - 50°C	0.01°C	1 - 4 Hz

## 4.3 Analisi dei Dati

Per quanto riguarda l'analisi dell'EDA, dei suoi componenti e del loro utilizzo nella comprensione dei valori fisiologici, è stato seguito l'articolo di Greco, A. et al.[19], dove viene spiegato come l'EDA può essere considerata uno dei canali di osservazione più comuni dell'attività del sistema nervoso simpatico, e si manifesta come un cambiamento nelle proprietà elettriche della pelle, come la conduttanza cutanea(SC); inoltre, la relazione tra l'attività elettrodermica, il Sistema Nervoso Autonomo(ANS) e gli stimoli psicologici, unita alla facilità di misurazione, ha reso l'EDA un segnale fisiologico popolare nella ricerca riguardo le neuroscienze. Viene utilizzata principalmente per la quantificazione dei livelli di eccitazione durante i processi emotivi e cognitivi. Di seguito vengono riportate le informazioni più importanti riguardo al modello descritto nell'articolo sopracitato.

Nello studio viene descritto come il segnale della conduttanza cutanea può essere scomposto in due componenti: tonica e fasica. I fenomeni tonici comportano derive

lente del livello di conduttanza cutanea (SCL) di base e fluttuazioni spontanee della SC, mentre la componente fasica, definita come risposta della conduttanza cutanea (SCR), riflette la risposta a breve termine agli stimoli. Un problema nell'analisi delle SCR è il fenomeno della sovrapposizione, in cui l'intervallo interstimolo (ISI), cioè il tempo che passa tra due stimoli consecutivi, è più breve del tempo di recupero della prima risposta. La sovrapposizione delle SCR è comune nei paradigmi sperimentali, in particolare nelle neuroscienze cognitive, dove i valori comuni di ISI sono inferiori ai 2 secondi, molto più brevi rispetto all'ISI minimo raccomandato per evitare la sovrapposizione, tra i 10 e i 20 secondi. Il problema della sovrapposizione pone un limite alla scomposizione della SC nelle sue componenti.

Dopo la descrizione del segnale viene spiegato specificatamente come questo metodo introduce un nuovo modo per stimare l'attività ANS dall'EDA utilizzando un'ottimizzazione convessa basata sulla statistica bayesiana attraverso una rappresentazione fisiologicamente valida della SC osservata. Il modello rappresenta la SC come somma di tre componenti: una componente tonica lenta, l'output della convoluzione tra una funzione di risposta all'impulso (IRF) e un driver fasico non negativo dell'attività del nervo sudomotore (SMNA) e un termine di rumore additivo. La IRF, relativa alla componente fasica, è modellata come una funzione di risposta a impulso infinito utilizzando un modello a media mobile autoregressiva (ARMA). L'ottimizzazione convessa è un problema di minimizzazione e la conseguenza più importante della convessità è che le condizioni necessarie per l'ottimalità locale sono sufficienti anche per l'ottimalità globale. Vengono in seguito descritte le ipotesi su cui si basa il modello:

- le SCR sono generate da raffiche provenienti dai nervi sudomotori che regolano le ghiandole sudoripare. Questi impulsi consistono in episodi temporalmente discreti e sono innescati da un segnale neurale sparso e non negativo a causa della natura intrinseca dell'attività nervosa;
- la relazione tra il numero di ghiandole sudoripare attivate e l'ampiezza di una scarica è lineare e la risposta in uscita del sistema dipende esclusivamente dal momento in cui viene avviato l'input nervoso. La progressione temporale di una singola SCR indotta da un impulso neurale non è quindi influenzata da quelle precedenti, anche in caso di sovrapposizione di SCR. Queste considerazioni rendono opportuno descrivere il sistema come lineare tempo-invariante;
- il processo di diffusione del sudore presenta una funzione di risposta all'impulso (IRF) specifica del soggetto che rimane relativamente stabile in tutte le SCR dello stesso soggetto;
- questa attività fasica si sovrappone a un'attività tonica a variazione lenta con uno spettro inferiore a 0,05 Hz che può essere adeguatamente rappresentata da campioni prelevati ogni 10 secondi.

Il modello è definito come uno specifico segnale SC lungo  $N$  campioni ( $y$ ) come somma di una componente tonica ( $t$ ) e fasica ( $r$ ), insieme a un termine di rumore

additivo  $y = r + t + \epsilon$ . Il termine di rumore, rappresentato da una sequenza indipendente e identicamente distribuita di variabili casuali gaussiane a media nulla con varianza  $\sigma^2$ , tiene conto degli errori di misurazione e di modellazione. La componente tonica è rappresentata da funzioni B-spline cubiche con nodi ogni 10 secondi, un offset e un termine di tendenza lineare. La componente fasica, come spiegato dalle ipotesi A2 e A3, segue una funzione di risposta all'impulso biesponenziale nota come funzione di Bateman  $h(\tau) = (e^{-\tau/\tau_0} - e^{-\tau/\tau_1})u(\tau)$ , caratterizzata da due costanti di tempo, lenta e veloce ( $\tau_0$  e  $\tau_1$ ). Questa funzione rappresenta l'output di un modello farmacocinetico bicompartimentale che simula la diffusione del sudore attraverso i dotti della ghiandola. Con l'uso di un modello ARMA il modello di osservazione può essere espresso come  $y = Mq + Bl + Cd + \epsilon$  dove  $q$  è una variabile ausiliare tale per cui  $q = A^{-1}p$ . L'obiettivo è identificare l'attività del SMNA ( $p$ ), quindi i valori delle SCR, e la componente tonica ( $t$ ), i valori del SCL, massimi a posteriori (MAP) parametrizzati da  $[q, l, d]$  per il segnale SC misurato ( $y$ ). Assumendo l'indipendenza tra  $q$ ,  $l$  e  $d$  (attività fasica, componente tonica e deriva), e applicando il teorema di Bayes, otteniamo la distribuzione di probabilità a posteriori  $P[q, l, d|y]$ , che rappresenta la verosimiglianza di osservare una specifica serie temporale SC dati i parametri del modello, moltiplicata per le probabilità a priori dei parametri  $P[q]$ ,  $P[l]$ , and  $P[d]$ . L'attività del SMNA viene rappresentata come una distribuzione di Poisson che per ragioni di trattabilità è stata sostituita con una distribuzione esponenziale con media uguale. Questo cambio permette di allentare il vincolo sulla componente fasica, consentendo valori non negativi. Quindi, combinando le informazioni precedenti, viene definito il seguente problema di ottimizzazione:

$$\begin{aligned} &\text{minimizzare } \frac{1}{2}\|Mq + Bl + Cd - y\|_2^2 + \alpha\|Aq\|_1 + \frac{\gamma}{2}\|l\|_2^2 \\ &\text{soggetto al vincolo } Aq \geq 0. \end{aligned}$$

Viene infine descritto come questo problema di ottimizzazione può successivamente essere riformulato nella forma standard della programmazione quadratica, rendendo possibile il calcolo della parte tonica e fasica dell'EDA.

L'analisi delle componenti comporta anche altre difficoltà: a differenza dell'EDA il cui asse  $y$  rappresenta i valori in microSiemens, le sue componenti sono adimensionali dopo la deconvoluzione, e quindi sono sensibili al contesto, questo implica che incontreremmo scale diverse a seconda dell'arco temporale che viene preso in considerazione. Questo ha portato alla decisione di impiegare il metodo appena descritto sull'intero set di dati per renderli comparabili. L'asse  $x$  dei grafici rappresenta il numero di campionamenti. Di seguito alcuni fattori che possono influenzare i valori dell'EDA:

- *Stato emotivo*: Le emozioni intense possono causare un aumento dell'EDA;
- *Stress fisico o mentale*: Le situazioni di stress, sia fisico che mentale, possono portare a un aumento dell'EDA;
- *Temperatura dell'ambiente*: L'EDA può aumentare con l'aumento della temperatura ambientale;



- *Umidità*: L'EDA può essere influenzata dall'umidità dell'ambiente;
- *Stato di salute*: Alcune condizioni mediche o malattie possono influenzare l'EDA;
- *Stimoli esterni*: Stimoli esterni, come un rumore improvviso o un'immagine spaventosa, possono causare un aumento temporaneo dell'EDA;
- *Attività fisica*: L'esercizio fisico può causare un aumento dell'EDA;
- *Uso di sostanze*: L'uso di alcune sostanze, come la caffeina o l'alcol, possono influire sull'EDA.

E' stato deciso di utilizzare dei grafici radiali per rappresentare la frequenza con cui è stato guardato e il valore medio dell'EDA durante la fissazione degli oggetti, mentre le *heatmap* per valutare le zone di maggior interesse dello schermo in situazioni particolarmente intense.

Per quanto riguarda il primo test condotto (Fig. 37), possiamo osservare che il livello dell'EDA non è interessante, con valori inferiori a 0,1 *microSiemens*. In base al feedback e ai risultati del giocatore, si è deciso di condurre un'altra giornata di test per vedere se si sarebbero raccolti dati più significativi. Il test è stato condotto in due sessioni distinte: la prima prevedeva il completamento del tutorial, mentre la seconda permetteva al giocatore di esplorare liberamente il mondo aperto, immediatamente seguito dalla lotta contro il boss. La prima considerazione da fare dopo aver visto il grafico EDA del secondo giorno di test (Fig. 38) è che questo grafico da solo non è molto informativo. Infatti, solo una parte di questi dati corrisponde ai test effettuati. I test condotti sono contrassegnati dalle linee verticali colorate, con la prima che identifica il momento in cui è iniziata la calibrazione e la ricerca della posizione ottimale per il giocatore. Tuttavia, l'aspetto principale da considerare è che i valori massimi raggiunti non corrispondono ai momenti dei test. Ciò è probabilmente dovuto al fatto che l'EDA dipende da molti fattori, elencati precedentemente, tra cui la temperatura corporea, di cui si è registrata un'elevata variazione durante il test, e altri fattori esterni che possono indurre eccitazione, difficili da controllare, soprattutto in individui con determinate patologie che richiedono un monitoraggio costante.

Analizzando i dati dell'EDA raccolti durante i test, si nota che all'inizio della prima fase c'è un momento di crescita, presumibilmente dovuta all'eccitazione di provare il gioco stesso. Nel resto delle sessioni di gioco, si osserva che l'EDA tende a diminuire con il passare del tempo, fattore che potrebbe indicare un rilassamento del giocatore. Questo può avere diverse ragioni, sicuramente l'ambientazione del gioco e la colonna sonora scelta contribuiscono a creare un'atmosfera tranquilla, e i pochi nemici sparsi durante il test evidentemente non ne alterano la percezione. Rimane però la parte dello scontro con il boss, in cui la colonna sonora cambia in una più epica e ritmata, che si pensava potesse impattare maggiormente i livelli di eccitazione, ed invece sembra invece sortire nessun effetto particolare sui dati. Una ragione potrebbe essere la stanchezza accumulata dalla tester durante le prove. Pertanto, per ottenere una visione migliore dei singoli impulsi, si è deciso di scomporre l'EDA nelle sue componenti in

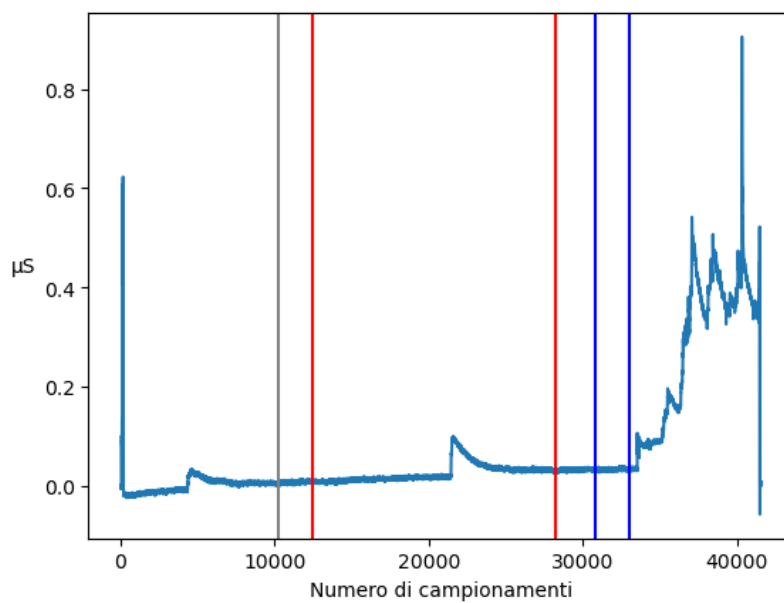


Figura 37: Grafico totale dell'EDA durante il primo giorno di test

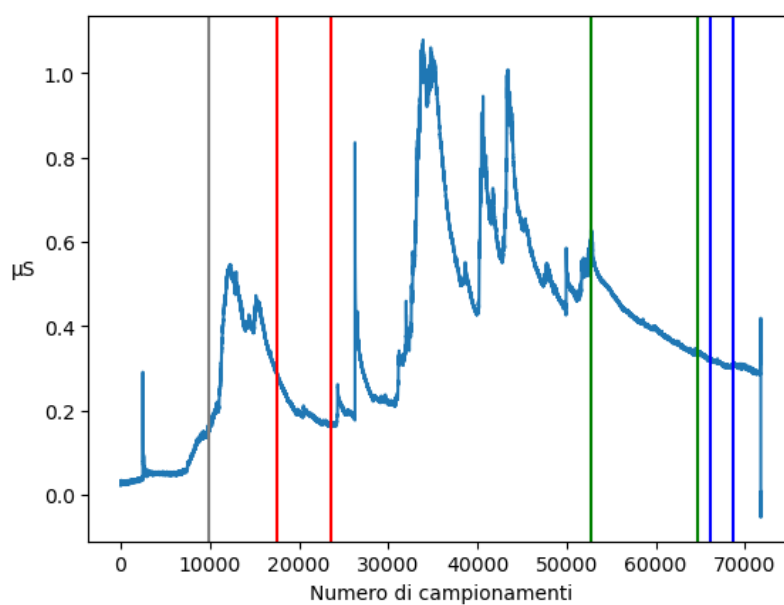


Figura 38: Grafico totale dell'EDA durante il secondo giorno di test

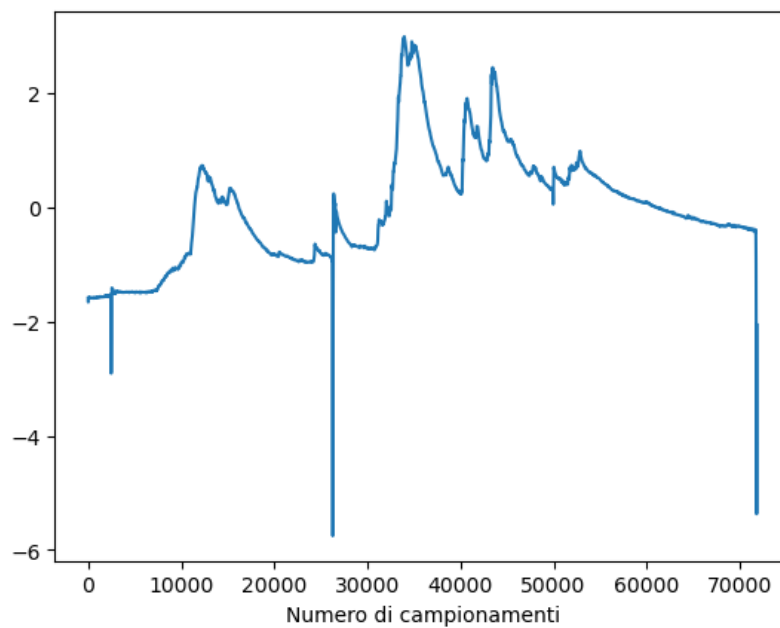


Figura 39: Grafico totale della componente tonica del secondo giorno di test

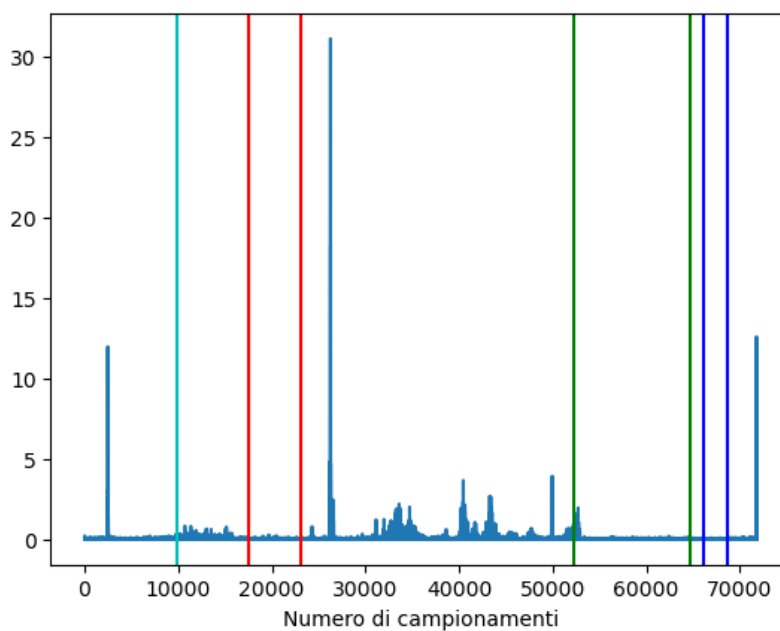


Figura 40: Grafico totale della componente fasica sparsa del secondo giorno di test

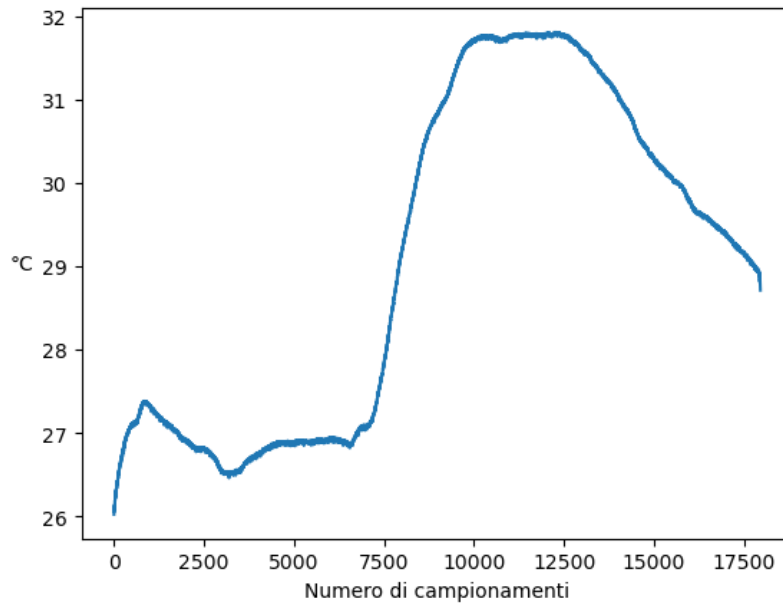


Figura 41: Grafico della temperatura durante il secondo giorno di test

modo da avere una lettura più significativa rispetto al livello di conduttanza cutanea per la componente tonica (Fig. 43), che rappresenta il livello di base in quel momento, e alla risposta della conduttanza cutanea per la componente fasica sparsa (Fig. 44), che rappresenta il valore specifico di un impulso in quel determinato momento.

### 4.3.1 Test 1: Tutorial

Nel test iniziale, il giocatore doveva completare un tutorial in cui venivano spiegate le meccaniche degli elementi, seguito da un'area con enigmi semplici per accedere alla fase open-world. Il test è stato completato interamente in circa 30 minuti. Durante il tutorial, l'EDA scende da un valore di 0,290 a 0,161 in 6036 acquisizioni (Fig. 42), che corrisponde anche ai valori più bassi per quanto riguarda le sessioni di gioco. È incoraggiante che attraverso l'analisi della componente fasica rada (Fig. 44), cercando l'impulso massimo di 0,288 e il *timestamp* corrispondente per il fotogramma del video, si sia potuto verificare che questo corrisponde effettivamente al momento di maggiore intensità (Fig. 46) segnalato dal giocatore. I grafici radiali (Fig. 45) confermano che gli oggetti presenti nella parte che comprende l'impulso maggiore sono quelli con il valore medio dell'EDA più alto, e l'oggetto in generale con l'EDA maggiore risulta essere il libro che sblocca la mappa alla fine della prova (*Book\_Open(1)* nel grafico). L'oggetto più osservato è la zattera (*woodstone* nel grafico) utilizzata per muoversi nell'ultima parte dell'esercitazione, come era prevedibile.

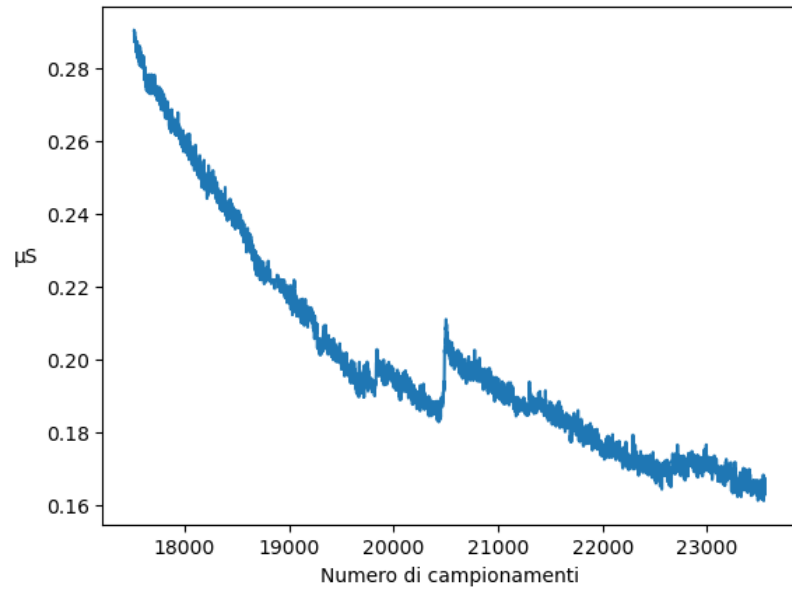


Figura 42: Grafico dell'EDA durante la sessione di tutorial

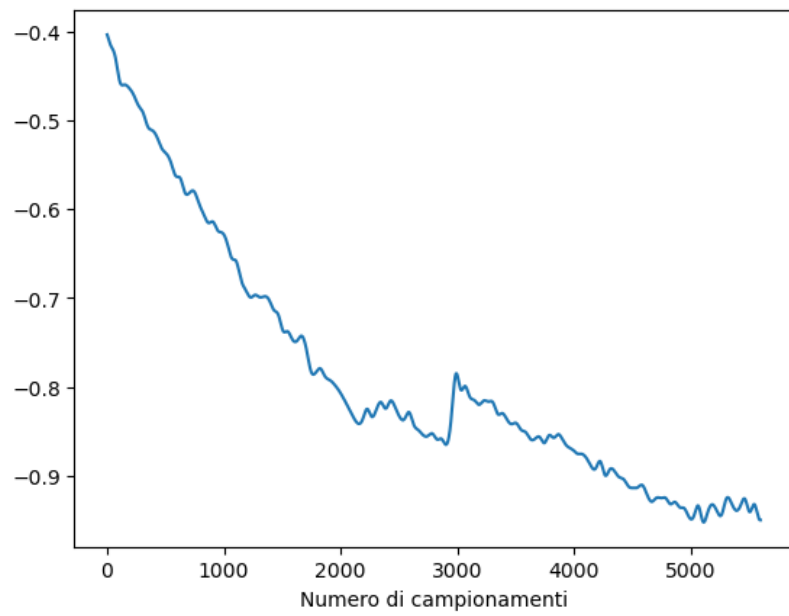


Figura 43: Grafico della componente tonica durante la sessione di tutorial

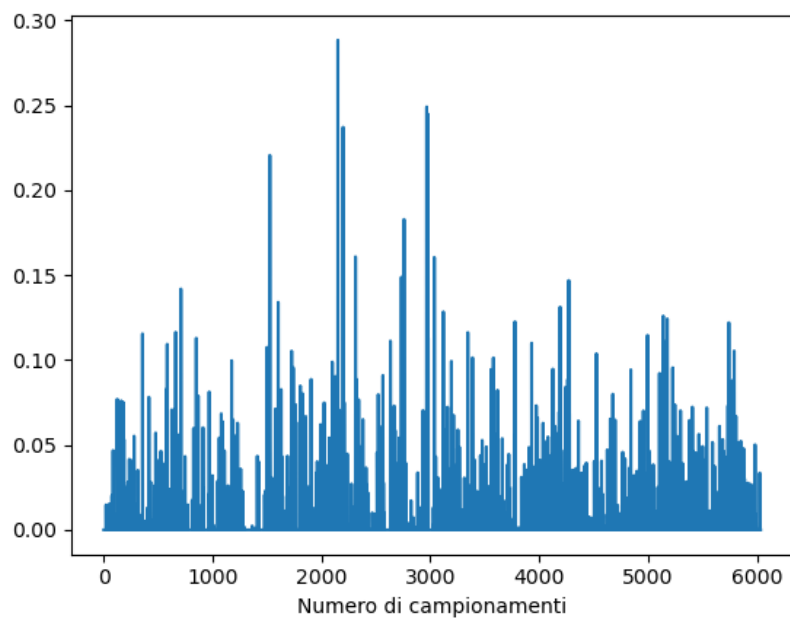


Figura 44: Grafico della componente fasica sparsa durante la sessione di tutorial

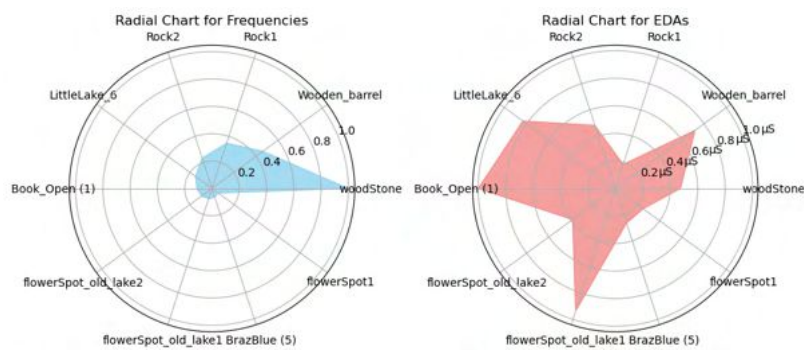


Figura 45: Grafici radiali per la frequenza e l'EDA medio degli oggetti osservati durante la sessione di tutorial

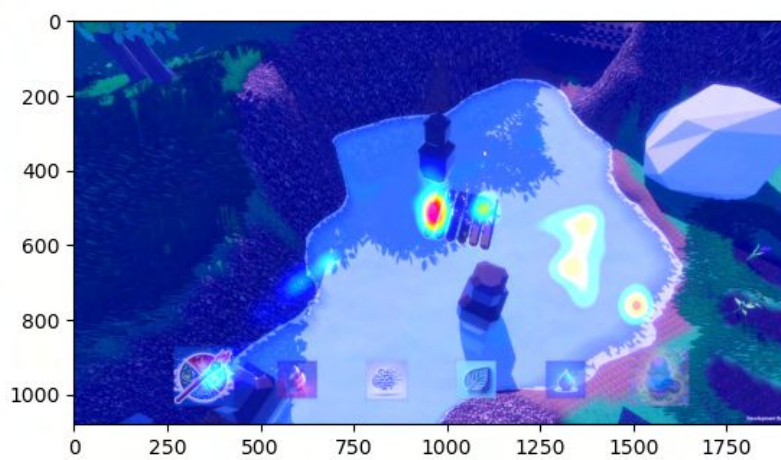


Figura 46: Heatmap del momento di massimo impulso durante il tutorial

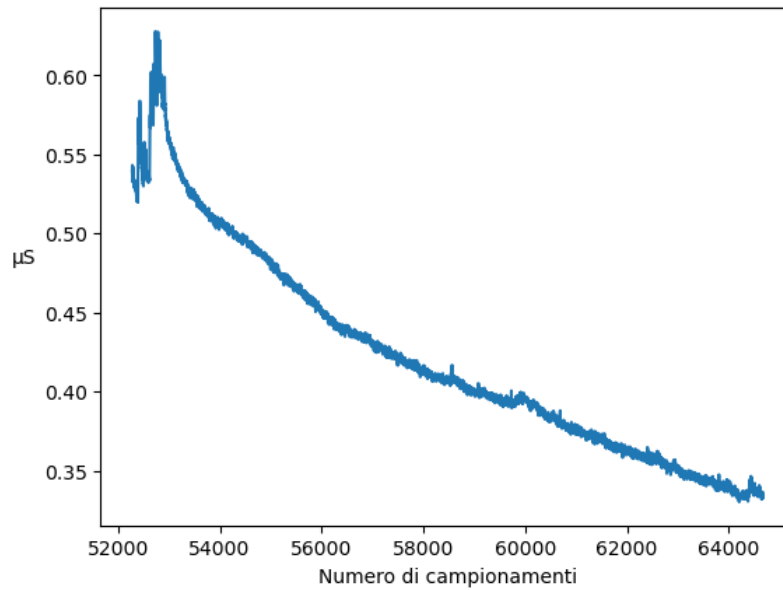


Figura 47: Grafico dell'EDA durante la sessione open-world

### 4.3.2 Test 2: Esplorazione dell'open-world ed enigmi

Il secondo test è durato circa 50 minuti, durante i quali sono stati visti 4 enigmi, di cui 3 sono stati completati con successo. Il secondo test inizia con impulsi particolarmente intensi, presumibilmente dovuti al primo incontro con i nemici. Durante l'esercitazione, l'EDA scende da un valore di 0,628 a 0,330 in 12397 acquisizioni (Fig. 47), con una diminuzione molto rapida poco dopo l'inizio del test, che sembra confermare quanto detto sopra. L'impulso massimo (Fig. 49) si verifica all'inizio del test con un valore di 1,967 subito dopo la sconfitta dei primi nemici, dove compare un dialogo (Fig. 51), ma si può notare che gli impulsi successivi durante l'arco del test superano a malapena lo 0,2, questo potrebbe essere dato dal fatto che il primo combattimento è stato molto più intenso dell'esplorazione che è percepita come rilassante, oppure da fattori esterni precedenti all'inizio del test. Dai grafici radiali sugli oggetti (Fig. 50) possiamo giungere alla conclusione che l'ultimo puzzle risolto, che chiedeva di completare una sequenza di fiori, è stato uno dei più interessanti per il giocatore, insieme alla seconda prova che consisteva nello spostare una piattaforma in verticale per accendere dei bracieri. Dal grafico delle frequenze si nota che il primo puzzle, in cui è presente un lago, è quello in cui il giocatore è rimasto più a lungo.

### 4.3.3 Test 3: Boss fight

Il terzo test è stato condotto poco dopo il secondo e prevedeva il tentativo di completare la boss fight. Il giocatore non è riuscito a completarla, ma ha fornito un feedback positivo, non trovandola frustrante ed esprimendo la necessità di ulteriore allenamento. La sessione è durata 10 minuti, poiché la tester ha chiesto di interromperla a causa della stanchezza. Come si può osservare, l'EDA diminuisce a un ritmo molto più lento, da 0,324 a 0,299 in 2451 acquisizioni (Fig. 52), il che, se confrontato con le

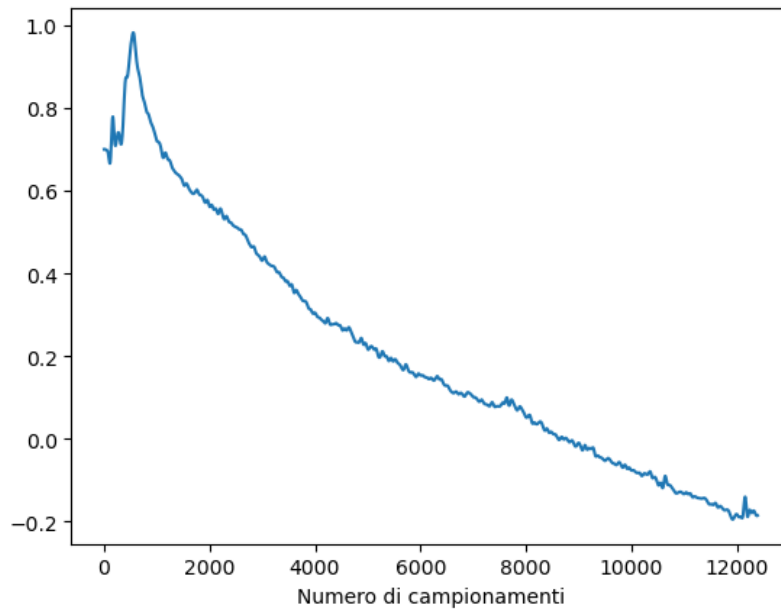


Figura 48: Grafico della componente tonica durante la sessione open-world

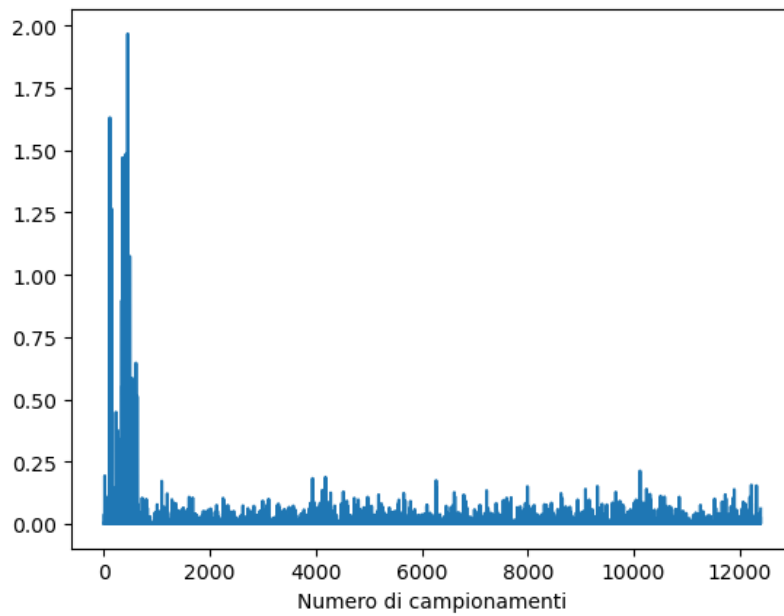


Figura 49: Grafico della componente fasica sparsa durante la sessione open-world



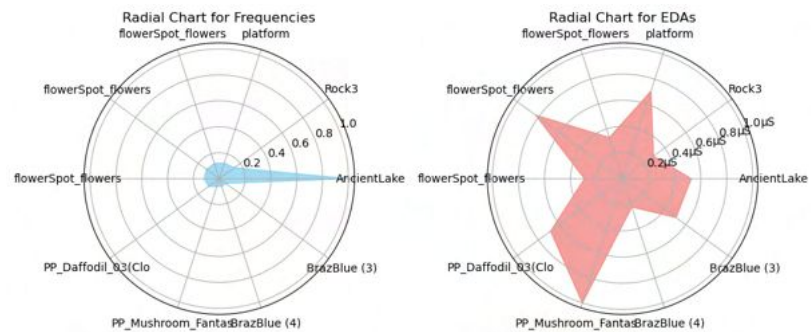


Figura 50: Grafici radiali per la frequenza e l'EDA medio degli oggetti osservati durante la sessione open-world

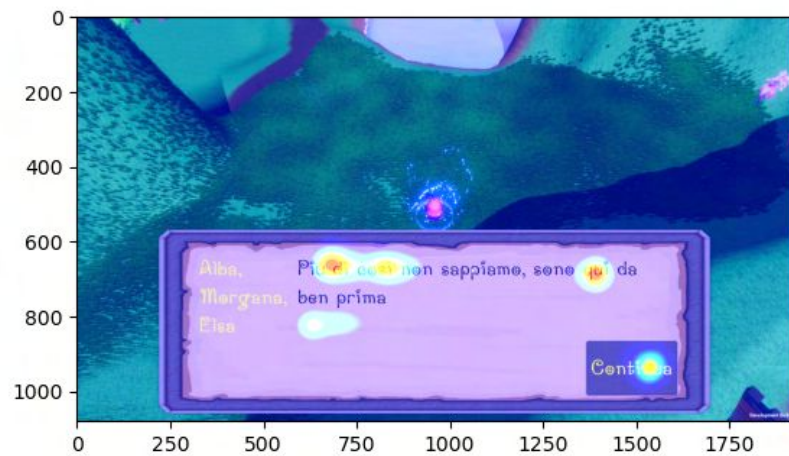


Figura 51: Heatmap del momento di massimo impulso durante la sessione open-world

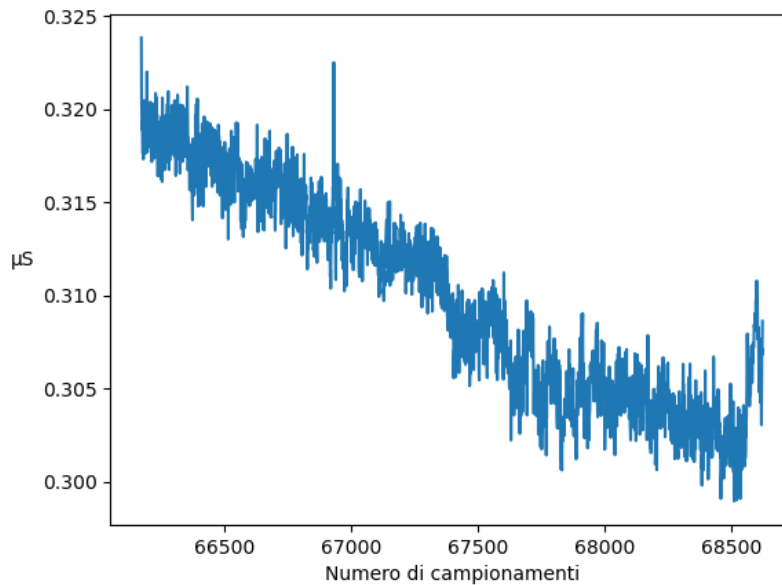


Figura 52: Grafico dell'EDA durante la sessione di boss-fight

altre sessioni, potrebbe indicare un livello di concentrazione più elevato. Per quanto riguarda gli impulsi, essi appaiono di intensità inferiore, con un massimo di 0,122 dopo una sconfitta (Fig. 54), molto inferiore rispetto alle altre prove; la causa più plausibile sembrerebbe essere la fatica accumulata. I grafici radiali (Fig. 56) in questa prova sono difficili da interpretare, data la situazione di continua attenzione verso al boss, possiamo però valutare l'oggetto dei puzzle che è stato scelto per affrontare la prova più spesso, che può essere utile per fare delle considerazioni, in questo caso lo specchio d'acqua (LittleLake\_2 nel grafico) è stato l'oggetto più guardato, questo ci mostra come nei pochi tentativi fatti sia stato l'elemento che più ha attirato l'attenzione per iniziare questa prova.

#### 4.3.4 Game Experience Questionnaire

Per quanto riguarda il feedback del giocatore sul videogioco, il test è stato decisamente positivo. La tester è stato piacevolmente sorpreso di avere l'opportunità di provare un videogioco di questo tipo e sembra aver apprezzato il mondo di gioco e le meccaniche offerte. Di seguito vengono presentati i risultati del *Game Experience Questionnaire* (GEQ), che indaga le esperienze dei giocatori attraverso sette dimensioni, denominate *componenti*, utilizzando una scala *Likert* con cinque opzioni di risposta (valori da 0 a 4). Ogni componente è valutata da uno specifico sottoinsieme estratto da 33 domande, e il punteggio medio derivato da queste domande rappresenta il punteggio complessivo per la componente. Le componenti esaminate dal GEQ comprendono:

- *Sensory and imaginative immersion*: Riflette la ricchezza dell'esperienza di gioco da un punto di vista estetico, narrativo, sensoriale e immaginativo.

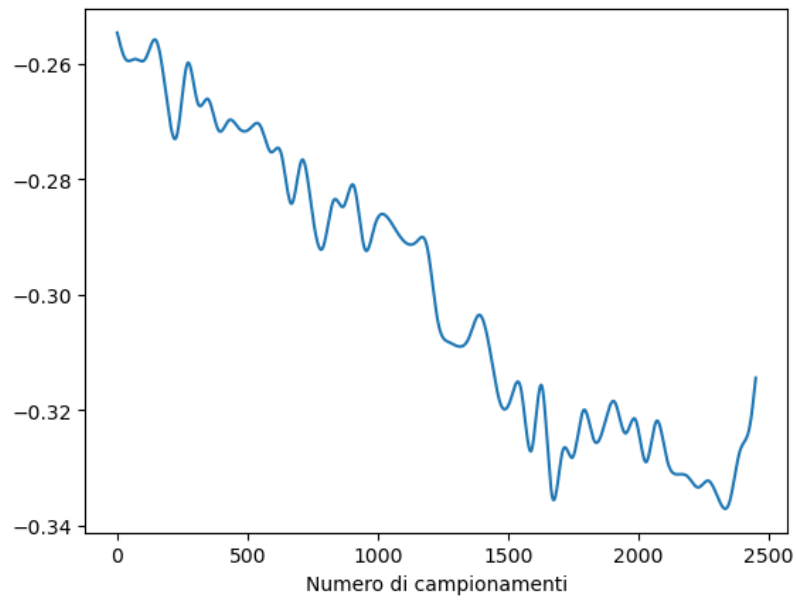


Figura 53: Grafico della componente tonica durante la sessione di boss-fight

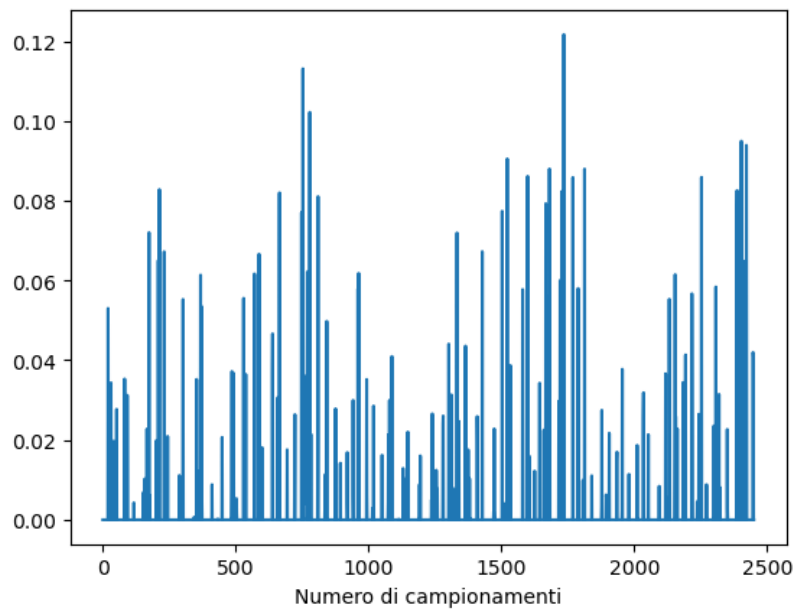


Figura 54: Grafico della componente fasica sparsa durante la sessione di boss-fight

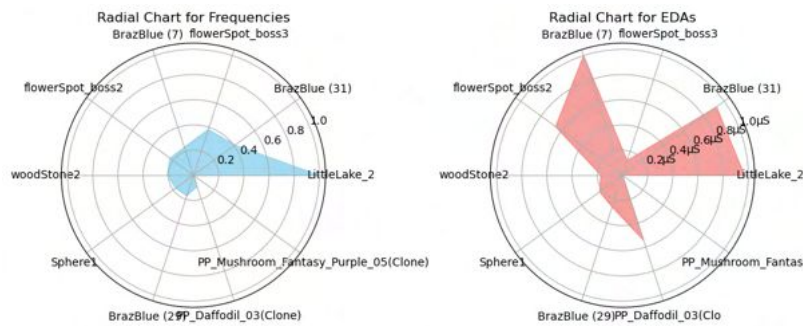


Figura 55: Grafici radiali per la frequenza e l'EDA medio degli oggetti osservati durante la sessione di boss-fight

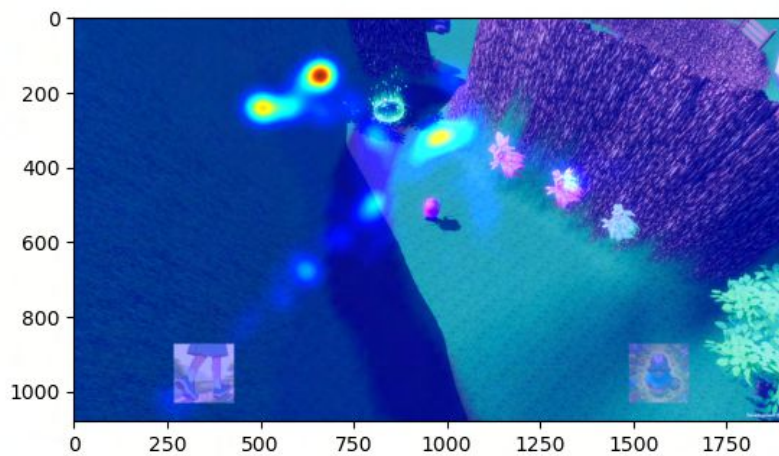


Figura 56: Heatmap del momento di massimo impulso durante la sessione open-world

- *Flow*: Misura il livello di concentrazione e assorbimento dei giocatori durante il gioco.
- *Competence*: Valuta la percezione che i giocatori hanno delle proprie competenze e capacità.
- *Positive affect*: Misura il gradimento dei giocatori e il livello di divertimento derivato dal gioco.
- *Negative affect*: Valuta i casi di esperienze negative incontrate dai giocatori.
- *Tension/annoyance*: Misura il grado di pressione e frustrazione provato dai giocatori.
- *Challenge*: Valuta il livello di difficoltà percepito dal gioco.

I punteggi attribuiti a ciascun componente dal sondaggio sono i seguenti:

- *Sensory and Imaginative Immersion*: 2.83
- *Flow*: 2
- *Competence*: 2.2
- *Negative affect*: 0.5
- *Positive affect*: 2.6
- *Tension/Annoyance*: 0
- *Challenge*: 1.2

I risultati del questionario sull'esperienza di gioco mostrano come il giocatore abbia apprezzato l'esperienza nel suo complesso, si sia divertito e si sia sentito soddisfatto rispetto alle proprie competenze, ma non abbia trovato il gioco stesso particolarmente difficile o impegnativo.



## Capitolo 5

### Conclusioni e lavori futuri

Come mostrano le analisi sui dati raccolti, sono stati ottenuti risultati che si discostano significativamente dai valori attesi in termini di analisi, dove i picchi più alti dell'EDA e degli impulsi si verificano in momenti in cui la tester non stava giocando. Come detto precedentemente molti fattori potrebbero aver influenzato i valori dell'EDA, tra cui la temperatura corporea e la stanchezza i più plausibili, rendendo i risultati diversi da quelli attesi. Nonostante questo trovo comunque interessante il risultato ottenuto, proprio nei termini in cui si riscontrano valori opposti a quelli che ci si aspettava per la maggior parte del tempo durante le sessioni, ed in relazione ai risultati positivi generali del GEQ possiamo supporre che il gioco sia stato percepito come piuttosto rilassante nella maggior parte dei momenti, e considerando il fatto che il grado di sfida sia stato considerato basso abbiamo un motivo che potrebbe spiegare la mancanza di impulsi particolarmente significativi. Un'eccezione analizzando i dati potrebbe essere rappresentata dal primo incontro con i nemici all'inizio della seconda prova, che ha richiesto maggiore concentrazione e probabilmente ha generato maggior stupore, che potrebbe essere dovuto alla visione dei particellari utilizzati per gli attacchi, all'interno di una situazione fino a quel momento tranquilla. Come si può notare nei momenti immediatamente successivi all'inizio delle prove di calibrazione, è stato ottenuto un aumento dell'EDA, così come per la seconda parte della giornata, che potrebbe appunto confermare quanto detto poco sopra.

Le analisi non possono chiaramente portare a delle conclusioni specifiche essendo stato svolto il test su un singolo individuo, ma la seguente tesi è stata svolta principalmente per dimostrare la fattibilità di un certo tipo di esperienze, cercando di dimostrare che partendo da concetti di design specifici per un certo tipo di disabilità è possibile realizzare dei prodotti che in maniera diversa cercano di veicolare lo stesso tipo di emozioni, indipendentemente dal tipo di interazione. Infatti, considerando che i componenti *Sensory and imaginative immersion*, *Flow*, *Competence* e *Positive affect* sono tutti uguali o superiori ad un valore di 2 per quanto riguarda il GEQ, si può arrivare alla conclusione che il progetto per quanto limitato abbia dato dei risultati molto incoraggianti in termini di feedback, dato che si tratta di un'esperienza sviluppata completamente da una persona, dimostrando enormi margini di miglioramento in caso di progetti sviluppati da studi di sviluppo che già operano nel settore.

I principali problemi riscontrati durante il test sono stati la difficoltà nel posizionare il *tracker* e l'altissima variazione di temperatura dovuta anche al cambio di stanza tra la prima e la seconda prova. In generale, come già citato nel *paper* di Navarro[9], l'EDA sembra avere una correlazione limitata con l'esperienza di gioco, ed in generale sarebbe ideale l'utilizzo di diversi strumenti e misurazioni per riuscire ad avere una comprensione migliore dell'esperienza, che però è uno scenario difficilmente realizzabile quando si lavora con persone gravemente disabili ed è necessario l'utilizzo di sistemi particolarmente invasivi. E' importante confermare come l'utilizzo di sistemi di questo tipo per l'analisi del *gameplay* attraverso i dati fisiologici possano essere estremamente utili soprattutto nell'ambito dei *playtest* per gli studi di sviluppo, dato che permettono di avere delle informazioni molto rapide su i momenti di maggior eccitazione della sessione o sulle aree in cui si è stati maggior tempo, rendendo potenzialmente più veloce tutto il processo.

Aver riscontrato dei problemi nell'utilizzo dell'occholino per il movimento, e invece un feedback ottimo per quanto riguarda l'utilizzo della fissazione come metodo di interazione, rende molto interessante pensare a videogiochi che possano essere sviluppati utilizzando questo metodo per ogni interazione, per esempio in giochi con movimenti su una griglia, come ad esempio *For The King* di IronOak Games, oppure avventure grafiche 2D come *Monkey Island* di Ron Gilbert potrebbero funzionare molto bene con il tracciamento oculare.

In generale la tipologia di videogioco scelta si è rivelata particolarmente ostica e quello delle avventure a mondo aperto 3D non è forse il genere che si sposa meglio con l'interazione tramite *eye-tracker*, ma il feedback ricevuto da Celeste ha confermato come momenti di gioco che dall'esterno potevano sembrare frustranti per chi osservava, in realtà consistevano in una sfida da voler superare per chi non ha mai potuto interagire con questo tipo di esperienza, e per cui era solo necessario più tempo per provare.

Per quanto riguarda gli sviluppi futuri, sicuramente ci sono molti elementi di game design che non sono potuti essere approfonditi e svolti in maniera completa come la narrazione, la presenza di collezionabili per approfondire la storia e aumentare l'immersione, la presenza di oggetti che possano cambiare il *gameplay* in certe situazioni per aumentarne la diversità, come la possibilità di raccogliere una protezione piuttosto che un cambio nelle meccaniche di combattimento temporaneamente, o la personalizzazione del personaggio giocatore, che sicuramente aumenterebbe il livello di escapismo dell'esperienza e che potrebbe essere un punto di forte autodeterminazione per persone affette da gravi disabilità. Sicuramente l'aggiunta di queste *feature* per confezionare un prodotto completo è tra le priorità.

Lo sviluppo di questo progetto è partito anche con la consapevolezza che l'interazione oculare può essere la base su cui andare a costruire giochi che permettano dei controlli scalabili, in modo che siano accessibili al maggior numero possibile di persone. Etheria è completamente giocabile solo con mouse per esempio, e potrebbero essere facilmente aggiunti metodi di interazione ibridi alternativi, per esempio tramite il mouse per muoversi e la voce per l'attivazione dei poteri per persone che sono in grado di utilizzare il mouse in maniera limitata, o utilizzare il tracciamento della



rotazione della testa presente in molti *eye-tracker* di ultima generazione per gestire la rotazione della camera di gioco al posto dello sguardo.

Come conclusione finale, chi scrive spera che possano essere fatte sempre più ricerche nell'ambito dell'accessibilità e che sempre più studi di sviluppo vogliano investire sulla progettazione fin dalle fasi iniziali di metodi interattivi che permettano a sempre più persone di godere di questi nuovi prodotti digitali, che stanno segnando l'era in cui stiamo vivendo.



# Bibliografia

- [1] Arianna Natural. Comunicare è vivere: il caso di una bambina con sma i di tipo b. 2018.
- [2] Harvey Max Chochinov, Thomas Hack, Susan McClement, Linda Kristjanson, and Mike Harlos. Dignity in the terminally ill: a developing empirical model. *Social science & medicine*, 54(3):433–443, 2002.
- [3] Sky LaRell Anderson. Video game accessibility defined through advocacy: How the websites [ablegamers.org](http://ablegamers.org) and [caniplaythat.com](http://caniplaythat.com) use the word accessibility. *Games and Culture*, page 15554120231170156, 2023.
- [4] Mark Brown and Sky LaRell Anderson. Designing for disability: Evaluating the state of accessibility design in video games. *Games and Culture*, 16(6):702–718, 2021.
- [5] Peter Smith, Matt Dombrowski, Shea McLinden, Calvin MacDonald, Devon Lynn, John Sparkman, Dominique Courbin, and Albert Manero. Advancing dignity for adaptive wheelchair users via a hybrid eye tracking and electromyography training game. In *2022 Symposium on Eye Tracking Research and Applications*, pages 1–7, 2022.
- [6] Chun-Ming Hung, Iwen Huang, and Gwo-Jen Hwang. Effects of digital game-based learning on students’ self-efficacy, motivation, anxiety, and achievements in learning mathematics. *Journal of Computers in Education*, 1:151–166, 2014.
- [7] Didier Schwab, Amela Fejza, Loïc Vial, and Yann Robert. The gazeplay project: Open and free eye-trackers games and a community for people with multiple disabilities. In *Computers Helping People with Special Needs: 16th International Conference, ICCHP 2018, Linz, Austria, July 11-13, 2018, Proceedings, Part I 16*, pages 254–261. Springer, 2018.
- [8] J Matias Kivikangas, Lennart Nacke, and Niklas Ravaja. Developing a triangulation system for digital game events, observational video, and psychophysiological data to study emotional responses to a virtual character. *Entertainment Computing*, 2(1):11–16, 2011.
- [9] Diego Navarro, Valeria Garro, and Veronica Sundstedt. Electrodermal activity evaluation of player experience in virtual reality games: A phasic component analysis. In *VISIGRAPP (2: HUCAPP)*, pages 108–116, 2022.

- [10] Wijnand A IJsselsteijn, Yvonne AW De Kort, and Karolien Poels. The game experience questionnaire. 2013.
- [11] Elton Sarmanho Siqueira, Marcos Cordeiro Fleury, Marcus Vinicius Lamar, Anders Drachen, Carla Denise Castanho, and Ricardo Pezzuol Jacobi. An automated approach to estimate player experience in game events from psychophysiological data. *Multimedia Tools and Applications*, 82(13):19189–19220, 2023.
- [12] Lennart Erik Nacke, Michael Kalyn, Calvin Lough, and Regan Lee Mandryk. Biofeedback game design: using direct and indirect physiological control to enhance game interaction. In *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems*, pages 103–112, 2011.
- [13] Nicola Davanzo et al. Accessible digital musical instruments for quadriplegic musicians. 2022.
- [14] Tracy Fullerton. *Game Design Workshop: A playcentric approach to creating innovative games*. CRC Press, 2019.
- [15] Richard Bartle. Hearts, clubs, diamonds, spades: Players who suit muds. *Journal of MUD research*, 1(1):19, 1996.
- [16] Roger Caillois. *Man, play, and games*. University of Illinois press, 2001.
- [17] Raph Koster. *A theory of fun for game design*. O’Reilly, 2014.
- [18] Mihály Csíkszentmihályi. *Flow: psicologia dell’esperienza ottimale*. ROI Edizioni, 2022.
- [19] Alberto Greco, Gaetano Valenza, Antonio Lanata, Enzo Pasquale Scilingo, and Luca Citi. cvxeda: A convex optimization approach to electrodermal activity processing. *IEEE transactions on biomedical engineering*, 63(4):797–804, 2015.